

TH-KB6

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

Diplôme d'Agronomie Approfondie

Sciences du Sol et du Bioclimat

Option : SCIENCE DU SOL ET AMENAGEMENT INRA
STATION DE SCIENCE DU SOL

22 DEC. 1997

Domaine Saint Paul - Site Agroparc
84914 AVIGNON CEDEX 9

ETUDE DES SOLS DU DOMAINE DU MERLE

METHODES ET PREMIERS RESULTATS

par

Patrick ANDRIEUX

Mémoire d'Ingénieur présenté en Juin 81 devant
le Jury d'examen de 3ème Année :

E. SERVAT

J. MOINEREAU

M. MANIERE

A V A N T - P R O P O S

Je tiens à remercier ici toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce mémoire, notamment :

- Monsieur le Professeur SERVAT, Directeur du laboratoire de Science du Sol de l'ENSAM, qui a bien voulu m'accueillir au DAA-DEA.
- Monsieur MOINEREAU, Maître de Conférence à l'ENSAM qui m'a conseillé et suivi tout au long de mon travail.
- Monsieur CARAUX, Assistant à la Chaire de Mathématique et de Statistique de l'ENSAM, qui m'a aidé pour les interprétations statistiques.
- Monsieur GUENNELON, Maître de Recherches au laboratoire de Science du Sol INRA de Montfavet-Avignon, pour les mesures sur banc gammamétrique.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à tout le personnel du laboratoire de Science du Sol qui a participé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

S O M M A I R E

AVANT - PROPOS

INTRODUCTION

Première partie : LE DOMAINE DU MERLE ET SON ENVIRONNEMENT

1. LE MILIEU NATUREL : LA CRAU

1.1 *Situation géographique*

1.2 *Climatologie*

1.2.1. Pluviométrie

1.2.2. Températures

1.2.3. Vents

1.2.4. Insolation

1.2.5. Evaporation

1.3 *La Géologie*

1.3.1. Les grand ensembles géologiques

1.3.2. Etapes de la formation de la Crau

1.4 *Hydrogéologie*

1.5 *Les sols*

1.5.1. Les sols non calcaires

1.5.2. Les sols calcaires

1.5.3. Les sols hydromorphes

1.6 *Quelques aspects économiques et sociaux*

2. LE DOMAINE DU MERLE.

2.1 *Présentation*

2.2 *Aspects fonciers*

2.3 *Le problème de l'eau*

Deuxième partie : MATERIEL ET METHODES POUR L'EVALUATION DES SOLS

1. METHODES ET MATERIEL DE TERRAIN

1.1 *Méthodes classiques*

1.2 Prospection électrique

1.2.1. Principe physique

1.2.2. Comportement du courant dans le sol

1.2.3. Appareillage

1.3 Mesures de densité

2. METHODES ET MATERIEL DE LABORATOIRE

2.1 Analyses des sols

2.2 Travail du sol

2.2.1. Blocométrie

2.2.2. Tablette graphique "APPLE II"

2.3 Réserves en eau

2.3.1. Les éléments grossiers : Mesures de porosité et de rétention hydrique.

2.3.2. La terre fine : - capacité de rétention
- point de flétrissement

Troisième partie : COMPORTEMENT DES SOLS - CONSEQUENCES POUR L'ORIENTATION GENERALE DE LA MISE EN VALEUR.

1. LE SOL ET SES CONTRAINTES PHYSIQUES.

1.1 Description du profil pédologique

1.2 Le problème des cailloux

1.2.1. Résultats

1.2.2. Epierrage

1.3 La profondeur de sol utile

2. LE RESERVOIR SOL.

2.1 Le comportement de la terre fine

2.2 Intervention des éléments grossiers dans la réserve hydrique

2.2.1. Banc gammamétrique

2.2.2. Rétention hydrique

2.2.3. Conclusions

2.3 La perméabilité du taparas

2.4 Estimation de la réserve hydrique - Irrigation.

3. FERTILITE GENERALE DES SOLS

3.1 Les sols de prairie

3.2 Les sols de coussou

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

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

Effectuée au laboratoire de Science du Sol de l'ENSAM dans le cadre d'un DAA-DEA, cette étude s'insère au sein d'un contrat C.E.E. : "l'élevage ovin sur parcours méditerranéen", placée sous l'autorité scientifique de Monsieur DAUZIER (Directeur de la Station de Recherche de Physiologie Animale). Ce travail réunit plusieurs laboratoires de l'ENSA et de l'INRA, notamment les laboratoires de Génie Rural et Machinisme Agricole (MM. MANIERE et LUC) et de Phytotechnie (M. GRIGNAC), avec lesquels nous avons plus particulièrement collaboré.

La finalité de l'étude consistait à réaliser un inventaire des propriétés des sols du domaine du MERLE (près de SALON-de-PROVENCE - fig.1), afin de pouvoir valoriser les surfaces encore incultes et d'améliorer la gestion des prairies irriguées, dans l'optique générale d'une intensification de la production fourragère.

Compte-tenu de l'étendue du domaine et des particularités des sols de Crau, une mise au point sur les différentes méthodes d'appréciation des sols s'est avérée nécessaire dans un premier temps.

Nous avons donc volontairement focalisé les travaux sur les parcelles situées au Sud de la RN 113 : parcelles de Texel (fig.5) où ont été mis en place, dès cette année et dans le cadre du contrat, divers essais d'amélioration de la production fourragère.

Ce périmètre est parfaitement représentatif des sols du domaine pour deux raisons essentielles :

- il comprend des prairies irriguées (les plus vieilles datant d'une quarantaine d'années) ainsi qu'une superficie importante de Crau vierge pâturée et complantée d'amandiers. Cette partie couvre une superficie d'environ 66 ha sur un total de 450 ha.
- les sondages effectués sur de nombreuses parcelles nous ont révélé que les sols étaient, dans les grandes lignes, très homogènes. Cette opinion a été confirmée par la lecture de l'étude pédologique de la Crau réalisée

par la S.C.P. (Société du Canal de Provence) et la D.D.A. des Bouches-du-Rhône. (Etude au 1/100.000ème - Août 1968).

- Dès lors que la zone d'étude était choisie, il est apparu que trois problèmes étaient déterminants pour la mise en valeur des sols du domaine :

1. *Présence d'une masse importante de cailloux.*

La charge caillouteuse étant considérable et la composition pétrographique bien particulière, il nous a fallu envisager des techniques d'épierrage spécifiques (travaux du laboratoire de Génie Rural et de Machinisme Agricole).

2. *Présence d'un encroûtement calcaire induré en profondeur.*

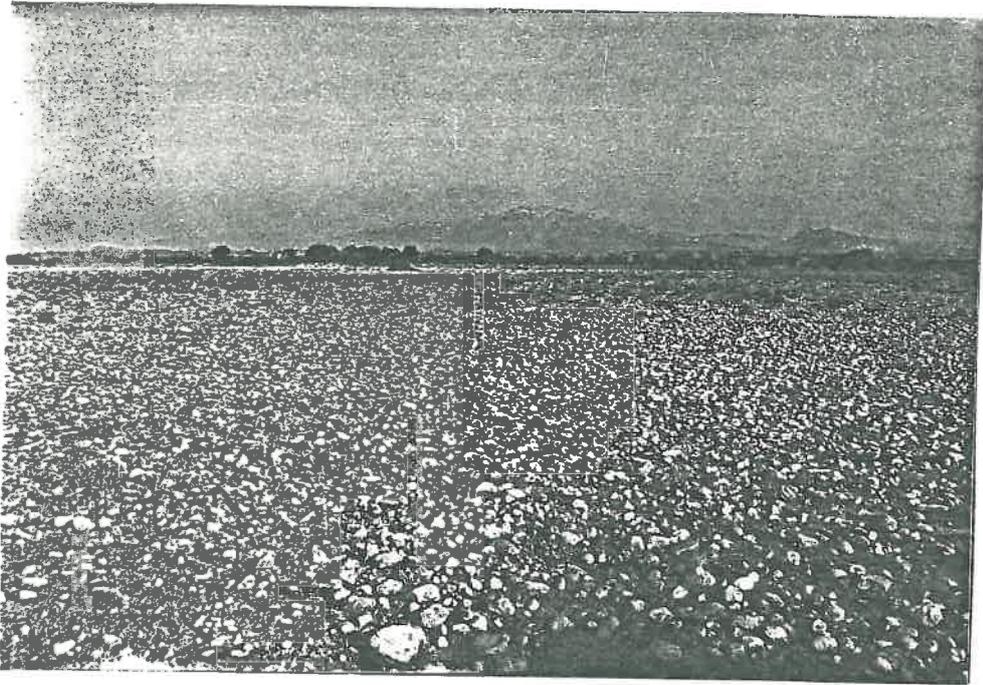
Le sol proprement dit est limité en profondeur par un encroûtement calcaire très induré : "taparas" ou poudingue, situé à des profondeurs très variables et indéterminées, et qu'on ne peut déceler qu'en creusant des trous à la pelle mécanique. Il a donc semblé être utile de mettre au point une technique de localisation du taparas souple et légère, pouvant être généralisée facilement à l'ensemble des sols du MERLE, sans multiplier les sondages.

3. *Le problème des réserves hydriques.*

Avant d'envisager toute mise en valeur de sols en zone méditerranéenne, il est indispensable d'étudier leur comportement hydrique, à ^{l'origine} dans des sols très caillouteux dont on connaît mal le comportement vis à vis de l'eau. Un premier travail d'approche a été réalisé au cours de cette étude, en attendant la mise en place d'un réseau de mesure in situ.



- PAYSAGES CRAVEN -



Première partie

LE DOMAINE DU MERLE ET SON ENVIRONNEMENT

1. LE MILIEU NATUREL : La CRAU.

1.1. Situation géographique.

Située dans le département des Bouches du Rhône (13), la Crau, du Celte kroà = lieu uni-pierreux, est une vaste plaine caillouteuse de 600 km² environ. Elle est limitée au Nord par la chaîne des Alpilles, à l'Est par le Rhône et à l'Ouest par une ligne FOS-SUR-MER - SALON DE PROVENCE - LAMANON (fig.1).

Cette surface de forme triangulaire dont le sommet est représenté par le seuil de LAMANON (alt.105 m) et la base ARLES et FOS (resp.3 et 5 m d'altitude), a une inclinaison (plan d'inclinaison NE-SW) de 7 ‰ entre LAMANON et Le MERLE et de 3 ‰ à l'aval (PICARD - 1901).

1.2. Climatologie. (ROBERT - DEA 1975, GARNIER 1967)

La Crau présente tous les caractères du climat méditerranéen : précipitations rares mais abondantes; températures douces en hiver, chaudes en été; vents violents; évaporations très fortes.

1.2.1. Pluviométrie.

Stations	MOYENNES MENSUELLES en mm/mois (1952-1961)												Année
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
St-MARTIN de CRAU	36	31	32	38	35	41	12	38	53	76	79	64	535
MAS THIBERT	40	28	38	45	36	32	15	33	58	76	77	62	540
SALON de PROVENCE	33	38	40	52	37	46	20	39	83	77	61	66	592
Moyenne	36	32	37	45	36	40	16	37	65	76	72	64	556

La moyenne pluviométrique annuelle en Crau peut donc être estimée à 550 mm; mais ce chiffre varie entre 500 et 600 mm selon les stations.

D'après le tableau des moyennes mensuelles pour la période 1952-1961, on s'aperçoit que le régime annuel des pluies se caractérise par quatre périodes :

- une saison pluvieuse de septembre à décembre,
- une saison relativement sèche en février,

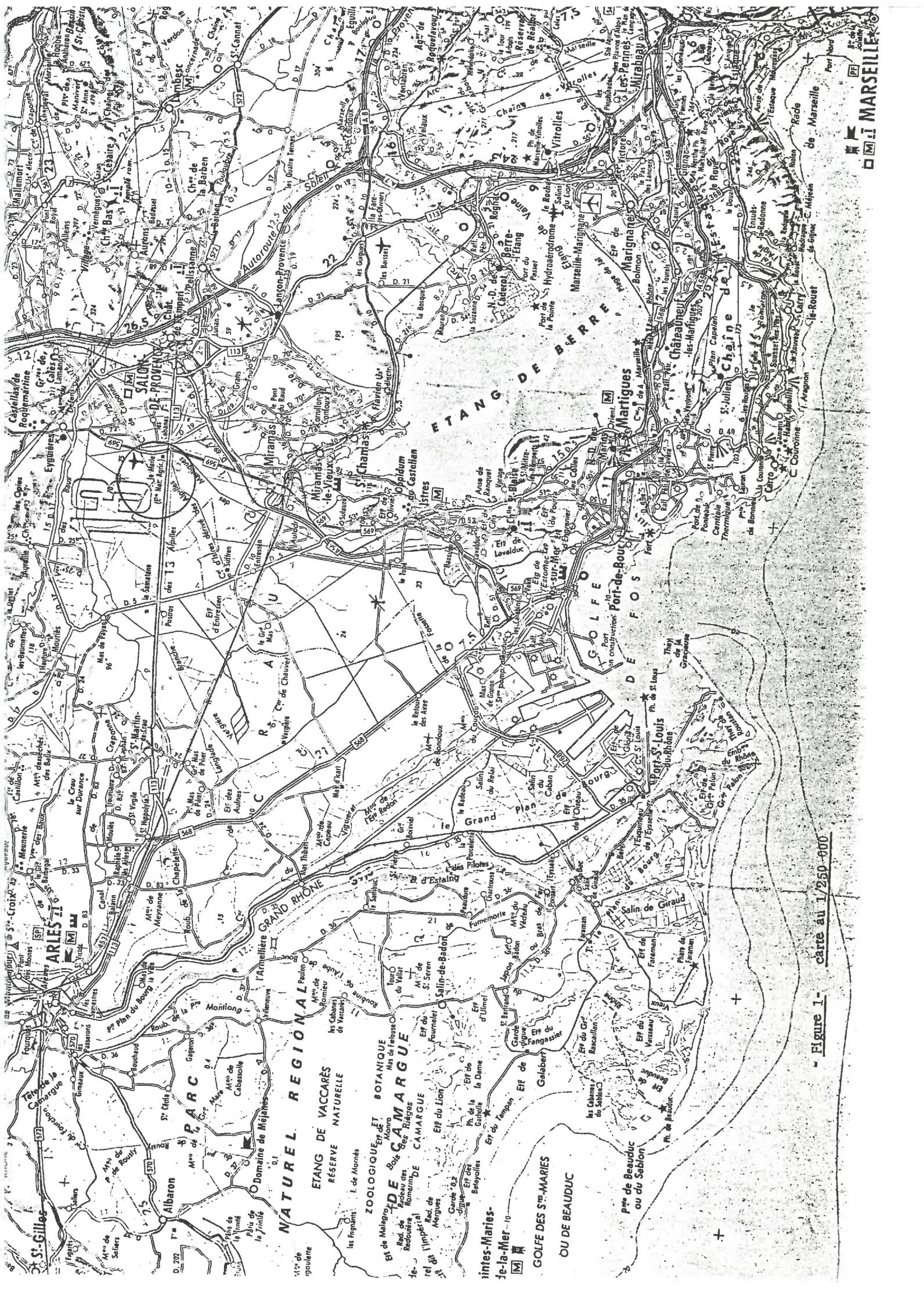


Figure 1 - carte au 1/250 000

- une saison relativement pluvieuse de mars à mai,
- la saison sèche estivale, à maximum en juillet.

Quasiment la moitié de la pluviométrie annuelle tombe de septembre à décembre, ce qui est bien tout à fait caractéristique du climat méditerranéen.

Toutefois, une irrégularité interannuelle vient s'ajouter à cette irrégularité annuelle : ainsi par exemple à ISTRES, les années 1948-1950-1952 et 1958 ont vu des précipitations annuelles de l'ordre de 350 mm. En 1957 on a enregistré moins de 300 mm. Par contre, les années 1972-1973 avec des chutes d'eau voisines de 900 mm peuvent être considérées comme pluvieuses. Un maximum exceptionnel a été atteint en juin 1973 : 285 mm! Des averses d'une rare intensité sont ainsi observables en Crau. On a relevé au MERLE : 110 mm en 3 heures le 7 août 1964 et 210 mm en 2 heures le 7 septembre 1965.

1.2.2. Températures.

Les relevés varient selon les stations météorologiques.

MOYENNES MENSUELLES (1964-1973) en degrés

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moyenne décennale
SALON de PROVENCE (Le MERLE)	5,4	6,9	8,8	12,1	16,2	19,7	22,3	21,6	18,3	14,6	9,4	5,7	13,4

Si l'on considère l'année 1973 pour les trois stations différentes :

TEMPERATURES MOYENNES en degrés :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moyenne annuelle
SALON de PROVENCE (Le MERLE)	4,7	5,2	7,7	10,2	16,7	20,6	22,7	23,1	19,3	12,7	9,4	5,7	13,2
MAS THIBERT	6,3	6,8	8,8	11,4	17,5	21,7	23,5	24,5	20,8	14,5	11,2	6,5	14,5
FOS S/MER	8,5	6,1	8,5	11,0	16,6	20,3	22,9	23,4	19,7	13,8	10,5	6,7	14,0

Si les températures maximales sont sensiblement identiques dans les différentes stations, les températures minimales sont par contre toujours plus basses à SALON qu'à FOS. L'amplitude diurne est donc également plus grande à SALON qu'à FOS, plus proche des masses d'eau du golfe de FOS et de l'étang de BERRE (rôle de volant thermique). Il est ainsi possible de localiser les zones gélives, qui se situent, pour les gels blancs, dans les parties basses du Nord de la Crau. Ces gelées nocturnes sont causées par les baisses de température, jusqu'à -5° et -6° , qui suivent fréquemment la chute du Mistral.

En été, on observe dans les zones caillouteuses, une température plus élevée. Il convient à ce propos, de souligner le rôle d'accumulateur thermique que jouent les cailloux lors du refroidissement nocturne, en particulier dans la Grande Crau.

1.2.3. Vents.

La rose des vents établie pour ISTRES (1952-1964) montre la dominance du Mistral. L'influence des vents sur le pays et sur la vie locale est déterminante : constructions basses; arbres et haies inclinés vers le Sud-Est; orientation et disposition des haies...

Le Mistral, à sa sortie du couloir rhodanien, vu la faible altitude du massif des Alpilles et la rareté des haies, peut atteindre assez fréquemment des vitesses supérieures à 100 km/heure. Il est en général très sec, brûlant la végétation sur son passage. En hiver, il abaisse considérablement la température. Son action se fait sentir en moyenne 105 jours par an.

Contrairement au Mistral, les vents du Sud-Est et de l'Est ont une action favorable sur les cultures car ils amènent le plus souvent des pluies en automne et au printemps.

- On citera aussi :
- la "Tramontane" (Nord) qui apporte en général le mauvais temps, surtout en hiver. Mais sa durée est brève;
 - la "Lagarde" (Ouest) qui amène la pluie sous forme d'averses, mais elle ne dure pas.

L'importance des vents en Crau nécessite donc l'implantation de haies. Au MERLE comme aux alentours des cyprès, peupliers ou cannes de Provence ont été plantés pour protéger les cultures et les sols.

1.2.4. Insolation.

La moyenne journalière d'insolation est de 7,8 heures au cours de la dernière décennie, le maximum se situant en juillet (12 h/jour) et le minimum en décembre (4,8 h/jour).

Au cours de ces dix dernières années, la durée moyenne annuelle a été de 2850 heures. Ce chiffre n'est dépassé que dans la région toulonnaise : 3017 heures (Paris, 1780 heures).

1.2.5. Evaporation.

Les vents violents et la forte insolation sont à l'origine d'une très forte évaporation.

EVAPORATION PICHE en mm (corrigée)

Station de	Années	Av.	M	J	J	A	S	O	moyenne mensuelle
SALON	1972	101	115	100	166	131	87	75	111
	1973	137	130	148	179	143	144	88	139

Bien que le bilan hydrique établi sur l'année soit positif, on est obligé d'envisager pendant la période sèche, une irrigation des cultures (juillet, août), car malgré le masque de galets (dans la Grande Crau) qui joue le rôle d'un "mulch" et les brise-vents, les ETP pondérées par les besoins réels des cultures sont de l'ordre de 6 à 8 mm en juillet et en août (d'après la S.C.P.).

1.3. La géologie.

1.3.1. Les grands ensembles géologiques.

La Crau, connue des géographes de l'Antiquité sous le nom de "Campus lapideus", correspond à d'anciens cônes de déjection plus ou moins superposés ou emboîtés, mis en place par la Durance au cours du Pleistocène (quaternaire).

L. COLLOT, en 1904, à partir de critères simples, avait distingué deux grands ensembles :

- . La "vieille Crau" ("Crau d'EYGUIERES ou d'ARLES") au Nord-Ouest d'âge Villafanchien. Les cailloutis présentent un faciès qui rappelle celui des "poudingues de Valensole".
- . La "jeune Crau" ("Crau de MIRAMAS") au Sud-Est d'âge Rissien ou Würmien.

Depuis, à partir de critères minéralogiques, pétrographiques et géomorphologiques, E. COLOMB et R.M. ROUX (1978) ont subdivisé ces deux ensembles en 4 unités (fig.2).

- . La "vieille Crau" { "Crau d'ARLES ou d'EYGUIERES" s.s
 { "Crau de St-PIERRE-de-VEUCE"
- . La "jeune Crau" { "Crau de MIRAMAS" s.s (Würm)
 { "Crau du LUQUIER" (Riss)

1.3.2. Etapes de la formation de la Crau.

La Crau repose sur un socle Crétacé inférieur et son évolution débute avec la formation du golfe durancien, résultat de la transgression Miocène. Au cours de celle-ci la mer a recouvert progressivement la Crau et la Chaîne des Alpilles, pour gagner la dépression durancienne. Après avoir déposé des faciès classiques (marnes bleues et calcaires molassiques), la mer

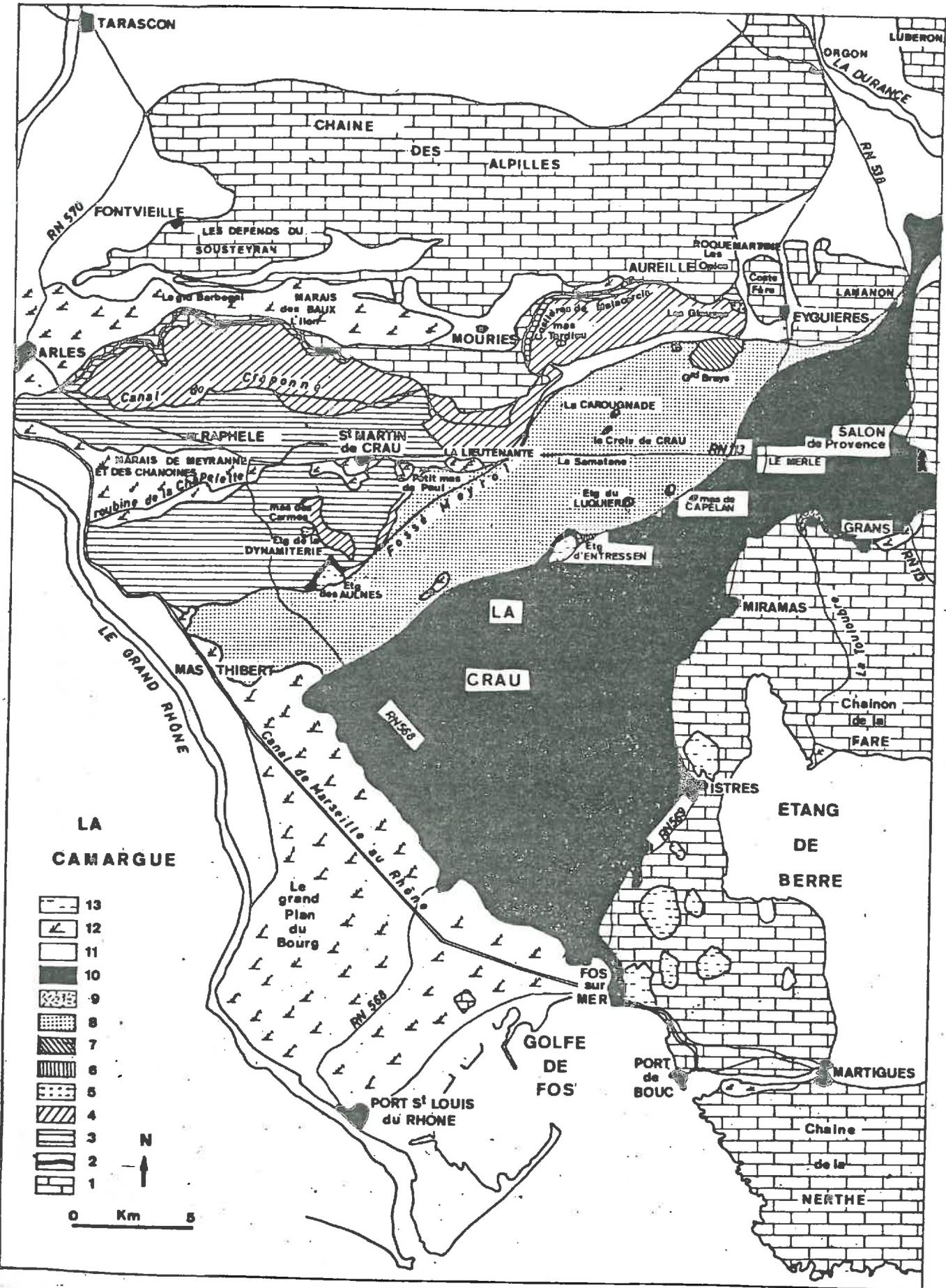


Figure 2 - Les formations pléistocènes de la crau. (d'après COLOMB E. et ROUX R.M. 1978.)

- | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1: terrains anté-pléistocènes- | 8 : "crau du Luquier" . | 11 : Holocène non différencié. |
| 3 : " crau d'Arles ou d'Eyguières " . | 9 : "crau de Grans". | 12 : marais, |
| 4 : " crau de St Pierre de Vence " . | 10 : "crau de Miramas". | 13 : plan d'eau, |
| 7 : " Terrasse de Brays " . | | |

se retire très rapidement à la fin du Miocène moyen (Tortonien).

L'ingression Pliocène (Plaisancien) ennoie la basse vallée rhodanienne et pénètre en Durance par le défilé de St-PIERRE-de-VENCE.

Au début du Villafranchien, la Durance s'encaisse dans ce défilé : alluvionnement torrentiel qui recouvre de gros galets la bordure du chaînon des Alpilles (Crau de St-PIERRE-de-VENCE, Crau d'ARLES ou d'EYGUIERES). Ce passage sera utilisé par la Durance jusqu'à la fin du Villafranchien.

..... "Puis une dérive progressive des través duranciens va s'amorcer vers le Sud-Est. Cette migration pourrait être liée à des phénomènes tectoniques locaux (rajeunissement des Alpilles et du Lubéron...) ainsi qu'au basculement général de la Basse-Provence vers le Sud-Est"... (d'après E. COLOMB et R.M. ROUX, 1978).

On peut ensuite supposer que la Durance a emprunté un seuil intermédiaire entre celui de St-PIERRE-de-VENCE et LAMANON (cf schéma 3). Ce seuil est visible au Nord même d'EYGUIERES. Au Riss, la dérive va s'accroître vers le Sud-Est, la Durance franchissant le seuil de LAMANON.

A l'épandage de cailloutis rissiens (direction Est-Nord-Est - Ouest-Sud-Ouest) "Crau du LUQUIER", fait suite un épandage Würmien (Nord-Est - Sud-Ouest) qui ravine le précédent épandage : c'est la "Crau de MIRAMAS". A la fin du Pleistocène, par suite d'un abaissement du seuil d'ORGON entre les Alpilles et le Lubéron, la Durance est capturée par le Rhône.

Les cailloutis et les conglomérats que l'on peut observer actuellement en grande Crau sont donc récents (riss-würm). Ils sont composés de : quartzites du Trias alpin, granites du Pelvoux, variolites et calcaires secondaires.

Les galets sont souvent cimentés à des profondeurs variables, mais surtout en surface où les eaux de circulation amènent le bicarbonate de calcium qui joue le rôle de ciment. Le résultat en est le "poudingue", encroûtement calcaire typique de cette zone. L'épaisseur du Quaternaire est de l'ordre de la quinzaine de mètres mais il peut atteindre 40 m.

1.4. Hydrogéologie (d'après livret-guide carte hydrogéologique BRGM-1970)

Le réservoir dans lequel circule la nappe est constitué par des cailloutis grossiers plus ou moins argileux du Quaternaire et du Villafranchien. Il semble présenter une épaisseur importante selon deux chenaux latéraux séparés au milieu de la plaine par une zone de hauts fonds jalonnée d'étangs et

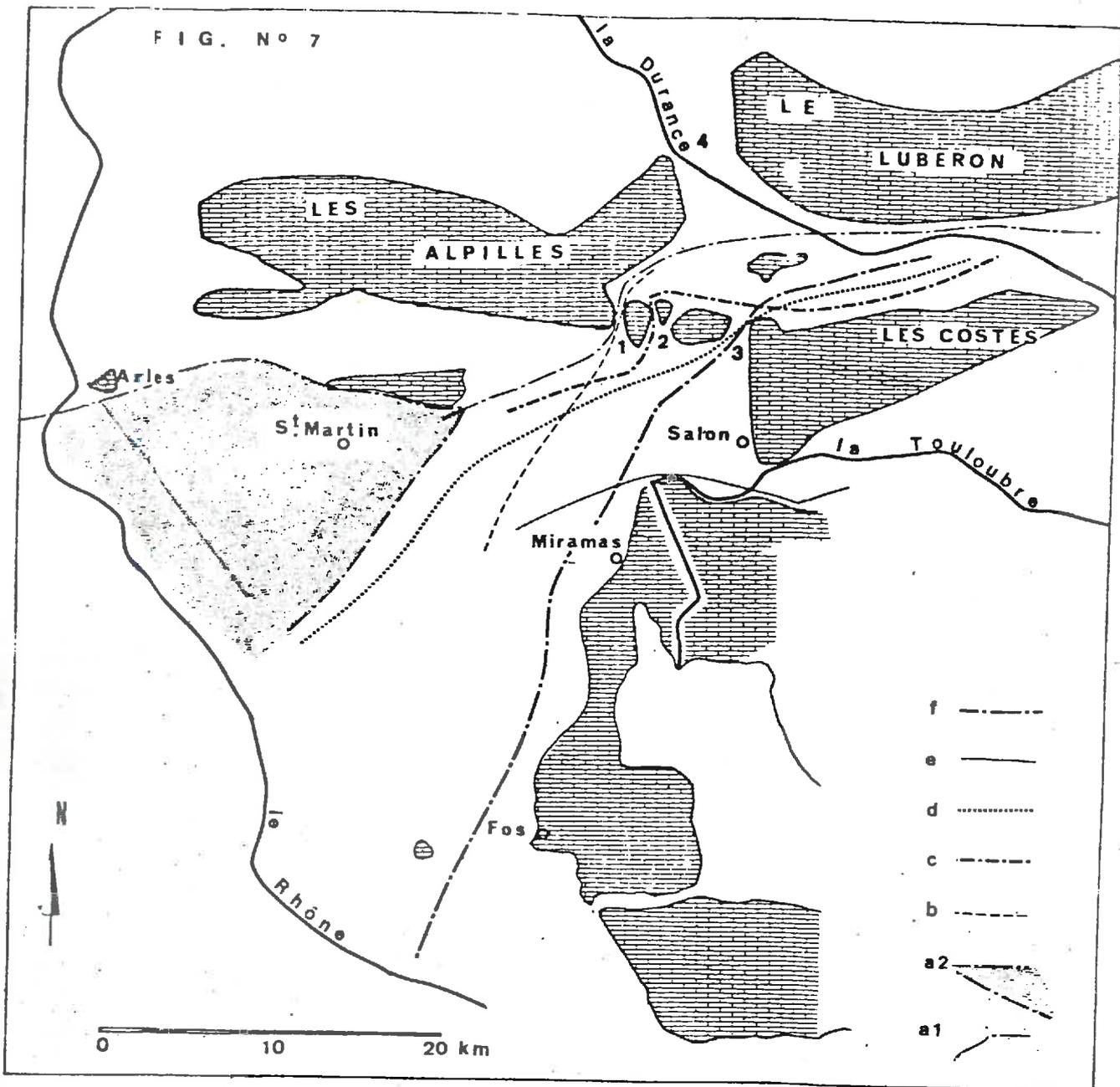


Figure 3 - Reconstitution hypothétique des différents cours de la Basse-Durance pléistocène.
(d'après COLOMB E. et ROUX R. M. 1978.)

a1 : au Villafranchien inférieur.
 a2 : paléodelta du Villafranchien inférieur.
 b : au Glnz .
 c : au Mindel.
 d : au Riss.
 e : cours rissien de la Touloubre.
 f : au Wtrrm.

1 : seuil de St Pierre de Vence.
 2 : seuil d'Eyguières.
 3 : seuil de Lamanon.
 4 : seuil d'Orgon.

Les figures de bordure représentent les chaînons du couloir durancien.

et d'affleurements du substratum.

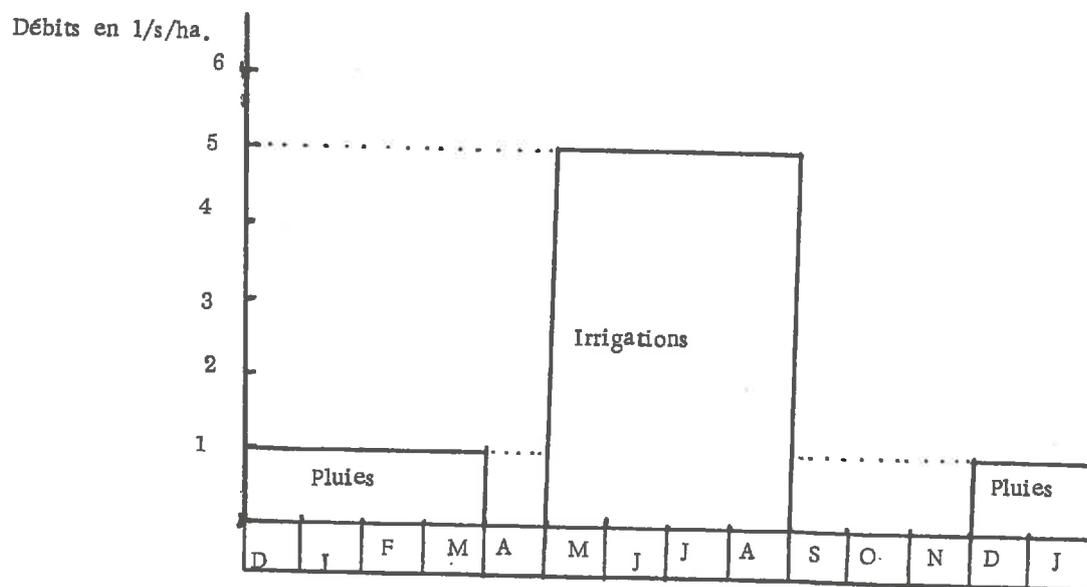
Dans le cailloutis, la nappe s'écoule du Nord-Est (seuil de LAMANON) vers le Sud-Sud-Ouest avec une pente comparable à celle de la surface du sol. Les conditions amont d'alimentation sont déterminées essentiellement par les infiltrations d'origine pluviale et celles qui résultent des pertes des canaux et des irrigations.

En ce qui concerne l'étang d'ENTRESSEN, la nappe ne participe pas à son alimentation, car il se situe sur ce qui doit correspondre à la génératrice médiane de l'ancien cône de déjection, représentée par des marnes sableuses de l'Astien-Plaisancien et par de la molasse Tortonienne.

La nappe entretient en fait une série de sources sur la bordure Sud-Est et d'émergences appelées "laurons" au sein des marais. En aval de cette zone d'émergence (limite aval de l'écoulement libre) la nappe continue à circuler en direction de la mer avec laquelle elle se trouve vraisemblablement en communication en un point quelconque. Elle est également alimentée dans sa partie Nord-Est par quelques circulations en provenance du massif calcaire au Sud-Est de LAMANON (Défens d'Alleins).

La transmissivité des cailloutis est généralement bonne, mais il existe entre SALON et FOS des chenaux où elle est exceptionnelle. Ces nappes sont aussi alimentées par les eaux d'infiltration de surface.

En fonction des variations piézométriques observées, le schéma ci-dessous rend compte des apports d'eau par la surface, dûs aux irrigations massives par submersion pratiquées dans les prairies de Crau.



- Figure 4- INFILTRATIONS HYDRIQUES DANS LES SOLS DE CRAU.

(d'après livret guide - carte hydrogéologique - B.R.G.M. 1970)

1.5. Les sols (d'après étude S.C.P.)

On trouve en Crau trois types essentiels de sols (fig.5) :

- des sols non calcaires
- des sols calcaires
- des sols hydromorphes

1.5.1. Les sols non calcaires.

A. Sols superficiels, caillouteux.

Ils occupent la grande majorité de la superficie de la Crau quaternaire (Riss ou Würm). Ce sont des sols fersiallitiques calciques avec encroûtement calcaire très induré.

* Sols sous végétation naturelle ("Coussou").

On y rencontre la végétation typique de la Crau très rare et dispersée.

Profil moyen.

- . 0-10 cm : Masque de galets arrondis occupant environ 70 % de la surface.
- . 10-40 à 60 cm : Horizon brun à brun-rouge; texture limono-sableuse; non calcaire; caillouteux; macrostructure massive et microstructure particulaire à grumelleuse; compact et légèrement poreux à poreux; racines et radicelles nombreuses.
- . entre 40 et 60 cm : "Poudingue" ou "taparas". Horizon caillouteux à ciment calcaire très induré. Ce taparas repose sur un horizon correspondant au cailloutis libre à emballage sableux ou sablo-argileux.

On a en général rubéfaction dans l'horizon B argilo-ferrique au-dessus du taparas Cca (cf. Sols du MERLE).

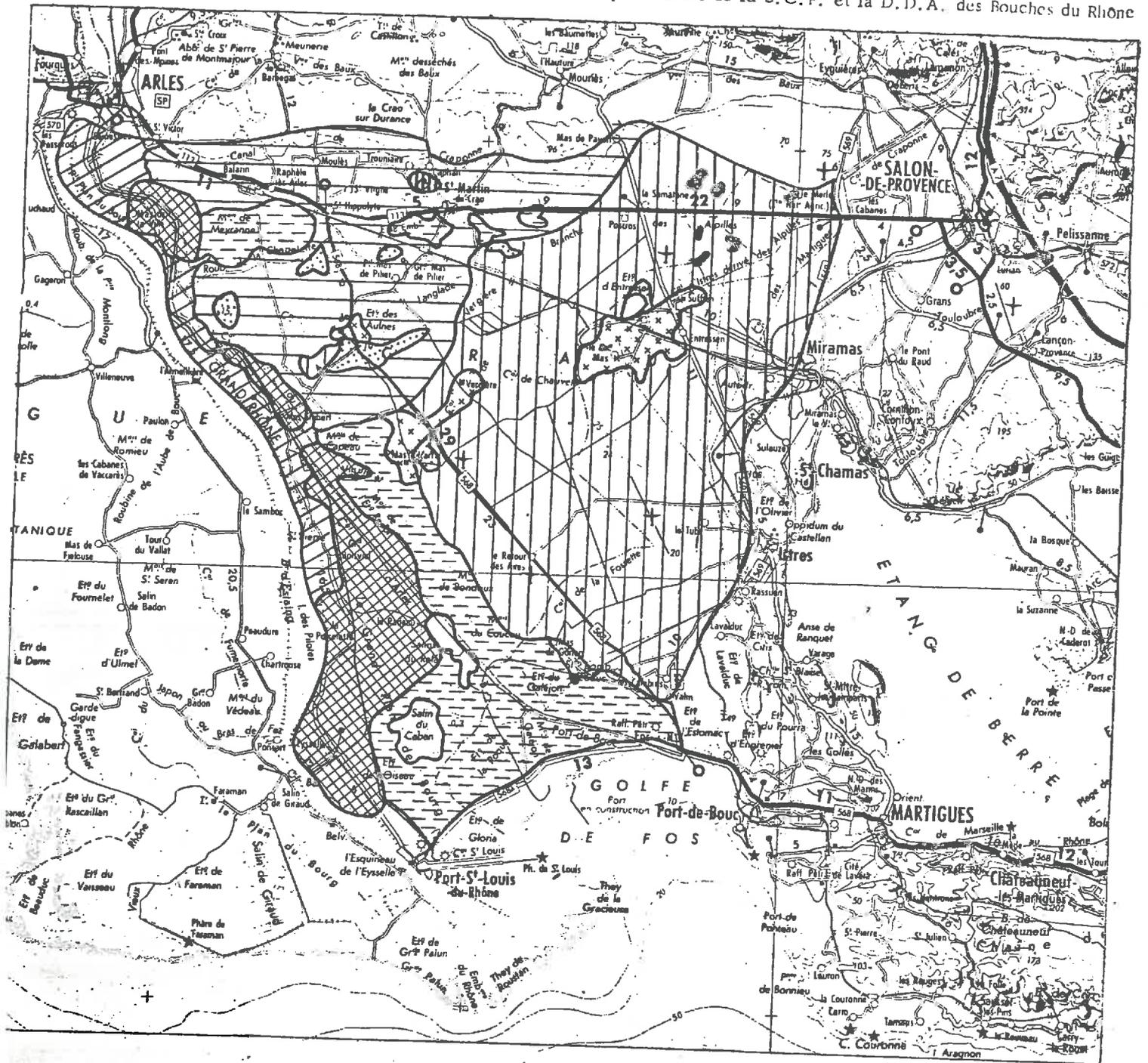
La profondeur du taparas varie entre 30 et 80 cm. Le sol proprement dit, 0 à 40 cm d'épaisseur, contient en poids 40 % de pierres, soit 60 % de terre fine parfaitement structurée et très favorable aux racines, soit en volume 80 % de terre fine et 20 % de cailloux. Pour l'horizon B, on a en volume 70 % de pierres et 30 % de terre fine. La présence des cailloux favorise une certaine précocité (réchauffement du sol) et l'état physique des sols est excellent.

* Sols sous culture.

Le limonage des sols dû à l'irrigation entraîne une modification du profil :

Carte des sols de la Crau

d'après l'Etude de la S. C. P. et la D. D. A. des Bouches du Rhône



SOLS NON CALCAIRES

-  Très superficiels, caillouteux
-  Superficiels, caillouteux
-  Moyennement profonds, peu caillouteux

SOLS CALCAIRES

-  Bruns, caillouteux
-  Bruns, non caillouteux
-  Alluviaux du Rhône, non hydromorphes
-  Alluviaux du Rhône, hydromorphes

SOLS HYDROMORPHES

-  A gley
-  Marécageux

- Figure 5 -

- sous céréale : la structure grumeleuse s'affirme; la porosité augmente.
- sous prairie jeune : on distingue deux horizons. Un premier, limoneux (20 à 30 cm d'épaisseur) brun-gris à microstructure grumeleuse et un second horizon identique au profil type.
- sous prairie âgée : le profil se dégrade parfois avec apparition de pseudogleys et augmentation de la compacité. Cette dégradation étant due certainement aux apports massifs d'eau.
- sous vergers : on a un profil très voisin du profil type (légère coloration brun-gris des dix premiers centimètres).

B. Sols moyennement profonds, peu caillouteux.

On les rencontre dans la Crau villafranchienne, qui est entièrement en culture. Seul le faible pourcentage de cailloux les différencie des précédents puisque jusqu'à 60 cm de profondeur on a en volume 85 % de terre fine et en poids 30 % de cailloux.

Du fait de la mise en culture, le masque de galets en surface est inexistant. La profondeur moyenne du taparas est de 60-70 cm.

1.5.2. Les sols calcaires.

En surface, ils sont nettement moins importants. On distingue :

- des sols bruns calcaires sur affleurement du Tortonien, au Nord-Est sur de très faibles surfaces.

Profil moyen.

- . 0-20 cm : Horizon brun-jaune; texture limono-sableuse; macrostructure massive; microstructure grumeleuse à tendance particulaire; légèrement compact et poreux; nombreux cailloux; racines et radicules abondantes.
- . 20-70 cm : Horizon profond, brun, texture identique; macrostructure massive; microstructure polyédrique; très caillouteux ; radicules peu nombreuses.
- . à 70 cm : encroûtement calcaire.

Ce type de sol présente de bonnes caractéristiques physiques.

- sols gris calcaires issus des alluvions rhodaniennes.

Ils se rencontrent à l'Ouest en bordure du Rhône. On y pratique deux types de cultures : - le riz
- l'arboriculture et la vigne.

Profil moyen.

- . 0-20 cm : Horizon de couleur grise; texture limoneuse; macrostructure submotteuse et microstructure grumelleuse; poreux; racines nombreuses.
- . 20-70 cm : Horizon gris-jaune; compact; texture limoneuse; microstructure à tendance polyédrique; légèrement poreux; racines et racelles abondantes.
- . 70-120cm : Horizon à tendance plus légère; microstructure à tendance particulaire.

Ce sont des sols très battants (limons : 70 à 85 %).

Pour les sols de rizières : le profil moyen est intermédiaire entre le précédent et celui des marécages.

- . 0-20 Horizon identique au précédent
- . 20-40 Horizon très compact, typique des rizières
- . 40-120 Horizon gris-jaunâtre à taches rouille (pseudogleys), souple et poreux.

1.5.3. Les sols hydromorphes.

Quelques dépressions dans la Crau ont donné naissance à des sols hydromorphes (... au Sud de l'étang d'Entressen notamment...).

Profil moyen.

- . 0-60 cm : Horizon gris-noir; texture limono-argilo-sableuse; macrostructure massive; microstructure grumelleuse; souple et poreux; présence de quelques cailloux roulés; racines et racelles nombreuses.
- . 60-100cm : Horizon le plus souvent sous l'eau; gris clair et jaunâtre; compact; non poreux; assez caillouteux.

Il est essentiel d'assainir ces sols pour les mettre en culture.

Remarque : Entre la Crau s.s et les alluvions de bordure du Rhône, il existe une bande de marais présentant un sol noir avec des teneurs en calcaire total supérieures à 50 % et en calcaire actif supérieures à 20 % .

1.6. *Quelques aspects économiques et sociaux.*

La Crau a de tout temps suscité la curiosité des hommes. Ce qui frappait jadis le voyageur en Crau, c'était avant tout son aspect : une immense mer de cailloux, tachetée çà et là, par des îlots de végétation. Seuls quelques cyprès courbés par le vent rompaient la monotonie de cette étendue

où, se confondant avec elle, des troupeaux de moutons paissaient une herbe rare dénommée "COUSSOU". Depuis, la Crau a bien évolué. Actuellement elle comprend deux zones homogènes et bien représentées :

- la Crau cultivée qui, grâce aux irrigations, s'est étendue aux dépens des coussous,
- la Crau sèche semi-désertique ou coussous (par extension du terme désignant la propriété d'herbage louée au propriétaire de troupeaux de moutons).

La construction du canal de Craponne au XVIème siècle a donné le départ de l'irrigation en Crau. L'idée de Mr. CRAPONNE fut de faire passer une partie de la Durance par son ancien cours en lui faisant franchir les Alpilles au seuil de LAMANON.

Au cours des deux dernières décennies, on a pu assister à l'extension des zones cultivées, par suite de la venue d'agriculteurs rapatriés d'Algérie, et de l'acquisition de nouvelles terres par les propriétaires de la région de CAVAILLON, gênés dans leur culture du melon par le développement de maladies virales.

- La Crau sèche couvre un peu plus de la moitié de la superficie totale soit 300 km² environ. Elle est localisée essentiellement dans le triangle EYGUIERES-MIRAMAS-FOS-St-MARTIN DE CRAU (Fig.1).
- La Crau cultivée (environ 300 km²), présente en fait au niveau agronomique deux visages bien distincts :

- . *La Crau d'ARLES* : (ARLES - St-MARTIN DE CRAU - MOURIES) zone très vaste où l'eau abonde grâce à la présence de nombreux canaux (CRAPONNE...) véhiculant un limon très fertile.

On y rencontre des vergers, des cultures maraîchères et surtout des cultures fourragères. Le foin de Crau, qui est de qualité excellente, bénéficie d'une appellation contrôlée (rendement annuel de l'ordre de 8 t/ha en 4 ou 5 coupes).

- . *La grande CRAU* : zone où l'élevage ovin persiste encore, mais du fait de l'évolution des techniques d'épierrage, On assiste à une intensification de la mise en culture. Elle consiste essentiellement à irriguer abondamment les parcelles (il faut une dizaine d'années d'irrigation pour pouvoir installer une prairie).

La culture du melon prend actuellement une grande extension, surtout dans la région de St-MARTIN de CRAU : "Capitale du melon de Crau" où sa culture "tournante" nécessite de nombreux hectares.

Il est malgré tout désolant de constater que cette zone (la grande Crau), qui possède de nombreux atouts : climat, facilités pour l'irrigation, sols de bonne qualité, très bien structurés et peu perturbés pour beaucoup, proximité de la cité phocéenne pour la commercialisation des produits agricoles... se fasse avant tout remarquer par la lenteur de sa mise en valeur.

2. LE DOMAINE DU MERLE.

2.1. Présentation (Monographie - Domaine du MERLE, 1967).

Il est situé dans la grande Crau à égale distance (7 km) des agglomérations de SALON-de-PROVENCE et de MIRAMAS.

Deux grands axes routiers traversent le domaine sur une grande distance : RN 113 et RN 569 (fig.6). Quelques avantages en résultent, mais aussi une gêne considérable pour l'exploitation du domaine : déplacement des troupeaux, du personnel, transport des récoltes...

Propriété appartenant naguère à la famille ABRAM, le Domaine du MERLE a été légué puis pris en charge par l'ENAM (Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier) dès le début de 1937.

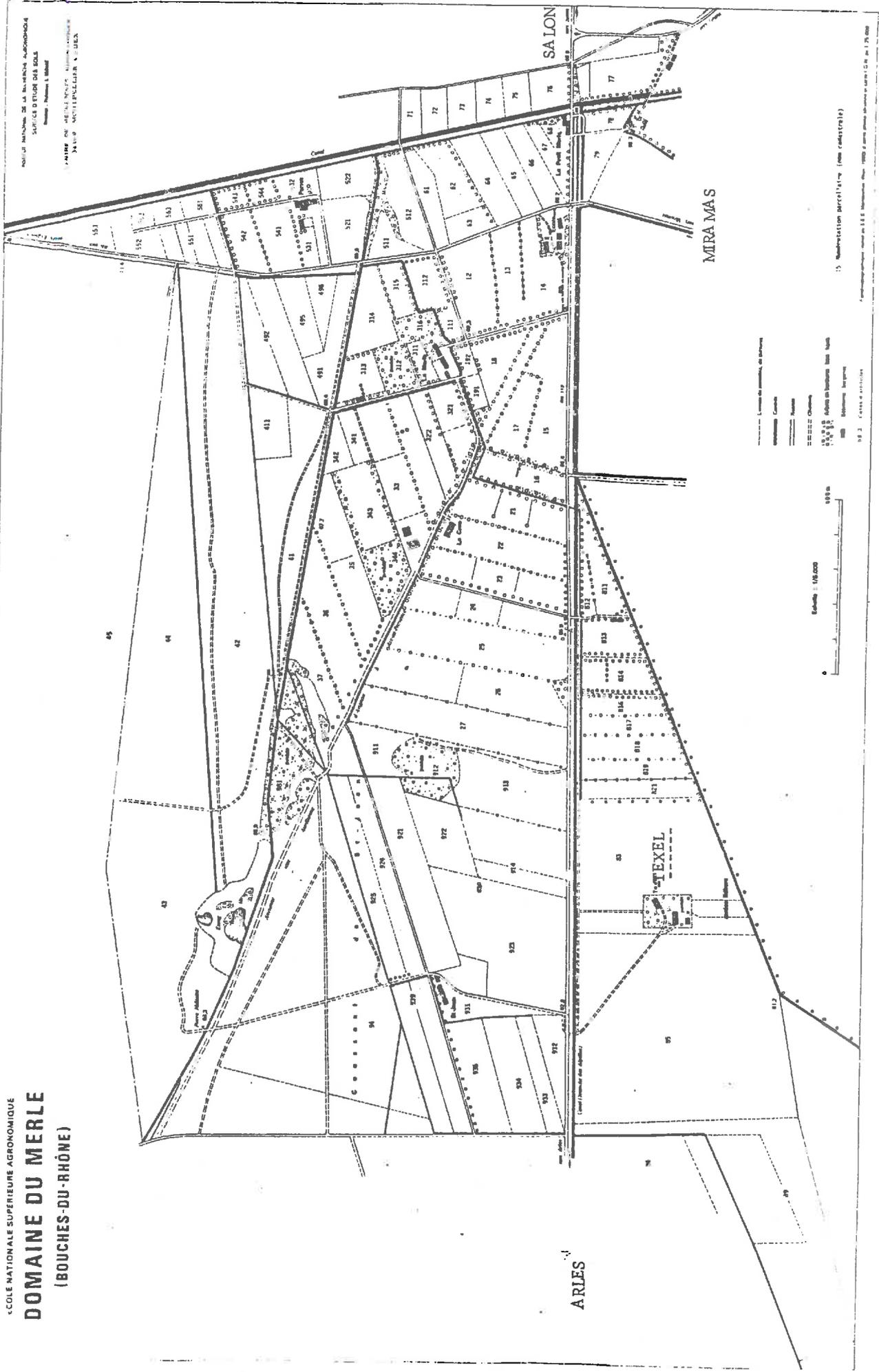
Par décret du 16 octobre 1942 portant acceptation du legs, le Conseil d'Administration de l'ENSAM était autorisé à accepter le domaine. La seconde guerre mondiale retardait jusqu'au 6 août 1948 la mise au point définitive de la situation juridique de la Fondation Félix ABRAM.

Le domaine, sous l'impulsion de Mr DENOY, directeur depuis 1939, est resté bien intégré et assez représentatif de l'élevage craven (de la Crau). C'est donc fort logiquement que ce domaine a servi pour tester "grandeur nature" certaines techniques qui depuis lors sont utilisées par de nombreux éleveurs de la Crau (lutte des agnelles à 1 an, emploi de béliers vasectomisés...). Mais depuis une dizaine d'années, l'expérimentation était pratiquement stoppée et il était possible d'assimiler ce domaine à une exploitation normale s'il n'y avait pas eu l'existence :

- . du Centre de Formation Professionnelle Pour Adultes (CFPPA) installé sur le domaine et qui forme chaque année une vingtaine de stagiaires au dur métier de berger. Cette main d'oeuvre gratuite est très précieuse lors des agnelages et de la lutte de printemps,
- . d'un troupeau de 400 béliers, bien supérieur aux besoins normaux d'un élevage (il faut en moyenne un bélier pour 50 brebis). Troupeau de

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE
DOMAINE DU MERLE
 (BOUCHES-DU-RHÔNE)

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRICOLE
 SERVICE D'ÉTUDES DES SOLS
 Directeur : M. J. MATHIEU
 Chef de Service : M. J. MATHIEU
 Rédacteur : M. J. MATHIEU



- Figure 6 - Le Domaine du MERLE.

2100 brebis, 400 béliers et 650 jeunes reproducteurs.

- . des reliques d'expérimentation : lutte contrôlée au printemps, pesage régulier du troupeau...

qui perturbent la conduite normale du domaine.

2.2. Aspects fonciers.

Le MERLE couvre une superficie de 450 ha que l'on peut subdiviser en :

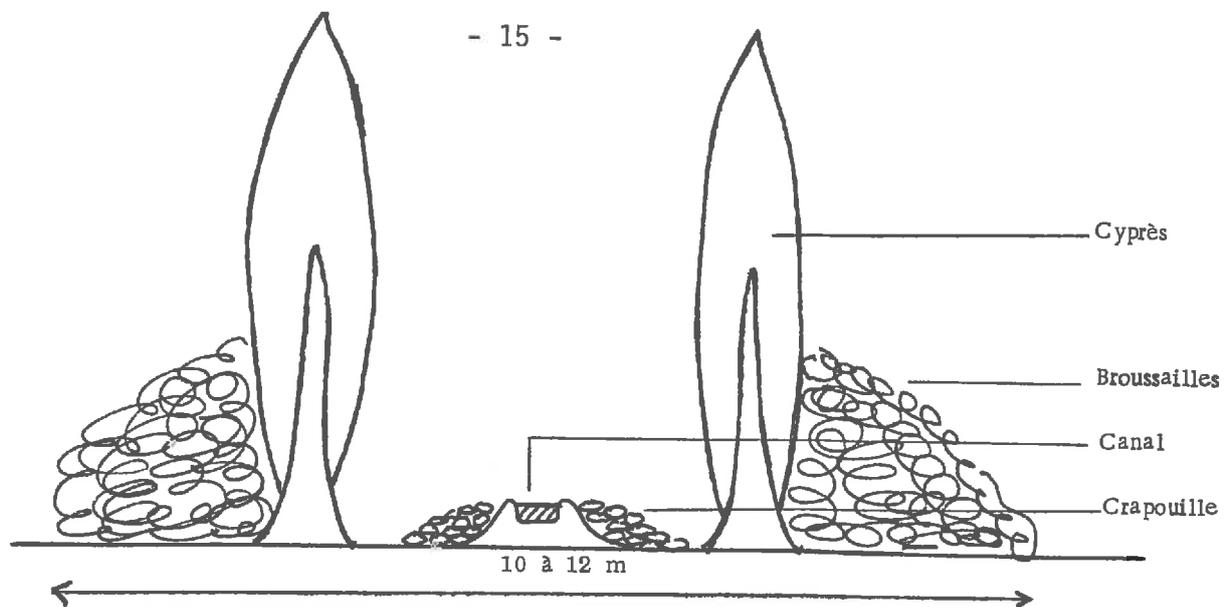
- . 170 ha de prairies irriguées : production de foin de Crau et pâturage.
- . 30 ha de terres labourables et irriguées : pâturages qui ne peuvent être fauchés car non totalement épierrés.
- . 250 ha de coussou : parcours pour les troupeaux.

Il convient ici de remarquer qu'en fait sur ces 450 ha, une grande partie de la surface est inutilisable : 10 à 14 % (haies, chemins, bois, bâtiments...).

Comment est constituée une haie en Crau ?

Pour répondre à cette question, il est nécessaire de s'intéresser à la chronologie de la mise en valeur de la Crau (MARY J.P. - DAA - ENSAM - 1980). Il y a d'abord eu le creusement des canaux d'irrigation et la plantation de brise-vents (cyprès surtout) sur les bords des canaux. Le rôle du brise-vents est d'éviter que le Mistral ne décape le limon déposé par les eaux d'irrigation. Ensuite seulement s'est effectué l'épierrage des parcelles, les cailloux ayant été déposés au bord du canal.

Cet ensemble : canal, brise-vent et tas de cailloux ou "cra-pouille" qui entoure les parcelles, représente des superficies considérables (44 ha, soit environ 10 % de la superficie totale pour les haies, broussailles et bois) au MERLE, où il est vrai que ces haies sont doublées de broussailles très envahissantes, qu'il serait utile de supprimer.



- Figure 7 - Schéma d'une haie craven.

Actuellement 1/3 des parcelles sont orientées selon un axe Nord-Sud. Or, comme il a été montré précédemment (cf 1.2.3.) le mistral souffle surtout suivant une direction Nord-Est - Sud-Ouest, ce qui peut occasionner une gêne lors de la récolte du foin en été : les andains sont déplacés par le vent avant qu'ils aient pu être pressés. Il serait par conséquent souhaitable de tenir compte de ce fait et de prévoir une orientation correcte (Est-Nord-Est - Ouest-Sud-Ouest), lors de l'établissement de futures parcelles dans la Crau actuellement encore vierge.

2.3 Le problème de l'eau.

Au niveau de la Crau, plusieurs syndicats indépendants distribuent l'eau. Ces eaux sont apportées par des canaux principaux jusqu'au domaine, où un réseau particulier les distribue sur l'exploitation. Ce réseau est composé de 30 km de canaux.

L'irrigation se fait par submersion. C'est un système qui, a priori, semble bien adapté à la région car il permet d'irriguer avec des eaux limoneuses. Ceci étant toutefois de moins en moins vrai depuis la construction du barrage de SERRE-PONÇON sur la Haute-Durance (1959). En effet depuis cette date, le limonage n'est plus que de 3 à 4 mm/ha/an, alors qu'il était de 8 à 10 mm/ha/an avant 1959.

Actuellement 220 ha environ sont irrigués et la quantité d'eau achetée est de l'ordre de 281^l/s soit 1,27 l/s ha. En ce qui concerne la nappe phréatique sur l'ensemble du domaine, elle se situe à une cote comprise entre 57 et 63 m (données BRGM, octobre 1967). Elle est donc entre 5 et 10 m en-dessous du niveau du sol.

Pour ce qui concerne TEXEL, un forage effectué en mai 1981 a permis de trouver la nappe à une altitude de 60 m, soit donc à 3-4 m en-dessous de la surface, le débit étant de 10 m³ h⁻¹.

Deuxième partie

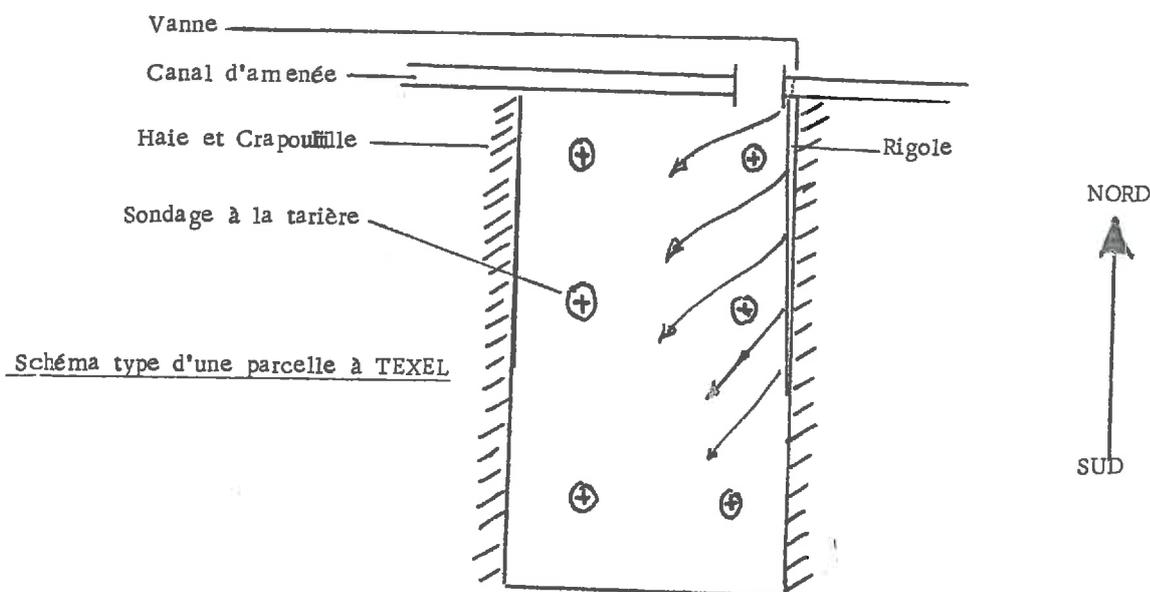
MATERIEL ET METHODES POUR L'EVALUATION DES SOLS

Compte tenu de la structure du périmètre, deux types de méthodes d'appréciation des sols ont été employés.

1. METHODES ET MATERIELS DE TERRAIN.

1.1. Méthodes classiques.

Pour apprécier l'épaisseur et la répartition des limons en prairie irriguée, des sondages à la tarière ont été effectués. Les parcelles sont toutes construites suivant le même modèle :



- Figure 8 -

Afin de pouvoir comparer l'épaisseur du limonage entre les différentes parcelles, la localisation des sondages a été identique pour chacune des parcelles, soit en moyenne 9 sondages pour chacune d'elles.

Pour les sols sous coussou, étant donnée la charge caillouteuse, il était hors de question de travailler à la tarière, l'emploi d'une pelle mécanique s'est par conséquent avéré indispensable.

Les sols de prairie diffèrent des sols de Crau vierge, par la présence d'un horizon de surface limoneux. En profondeur, on retrouve le

profil caractéristique des sols de Crau non calcaires (cf 1ère partie 1.5.1.). Quelques profils pédologiques ont été creusés dans les prairies (16 ha), mais l'essentiel a été effectué en Crau vierge (50 ha) (fig.9). Il s'agissait d'apprécier :

- . la texture du sol,
- . la charge caillouteuse
- . la profondeur utile du sol. Celui-ci étant limité par la présence de l'encroûtement calcaire très induré.

1.2. Prospection électrique.

Nous avons recherché l'emploi de techniques qui perturberaient au minimum le sol et sa structure; de plus, 18 profils creusés sur 16 ha de coussou, nous ont permis de conclure à une grande homogénéité des sols. C'est pourquoi l'utilisation des méthodes de prospection électrique (Résistivimétrie) nous a paru intéressante pour déterminer la continuité et la localisation du taparas. Après un calage, réalisé sur les 16 ha parfaitement connus, ce procédé a été étendu sur une superficie de 34 ha. Par mesure de précaution, quatre nouveaux profils ont été creusés sur cette zone.

La méthode a également été testée sur les prairies (fig.9).

Parmi les nombreuses méthodes mises au point pour la prospection géophysique (étude de la structure du sous-sol par la mesure à distance des propriétés de la matière), les méthodes électriques s.s (WENNER et SCHLUMBERGER) permettent de déterminer par sondage, une succession d'horizons de résistivité différente, s'ils se distinguent nettement les uns des autres par la texture, la teneur en eau ou la structure. La profondeur du sol est ainsi connue. Ces méthodes permettraient aussi de détecter les limites entre des unités de sol, mais ceci n'est pas recherché ici.

1.2.1. Principe physique (GAUSSEN 1977, HESSE 1978).

La théorie montre que quatre électrodes placées de manière quelconque à la surface d'un sol homogène, permettent de mesurer sa résistivité. Celle-ci s'exprime par la formule :

$$\rho = 2 \pi \frac{\Delta V}{I} \frac{1}{\frac{1}{MA} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{NA} + \frac{1}{NB}}$$

où I est l'intensité passant entre les électrodes A et B
 ΔV la différence de potentiel entre M et N

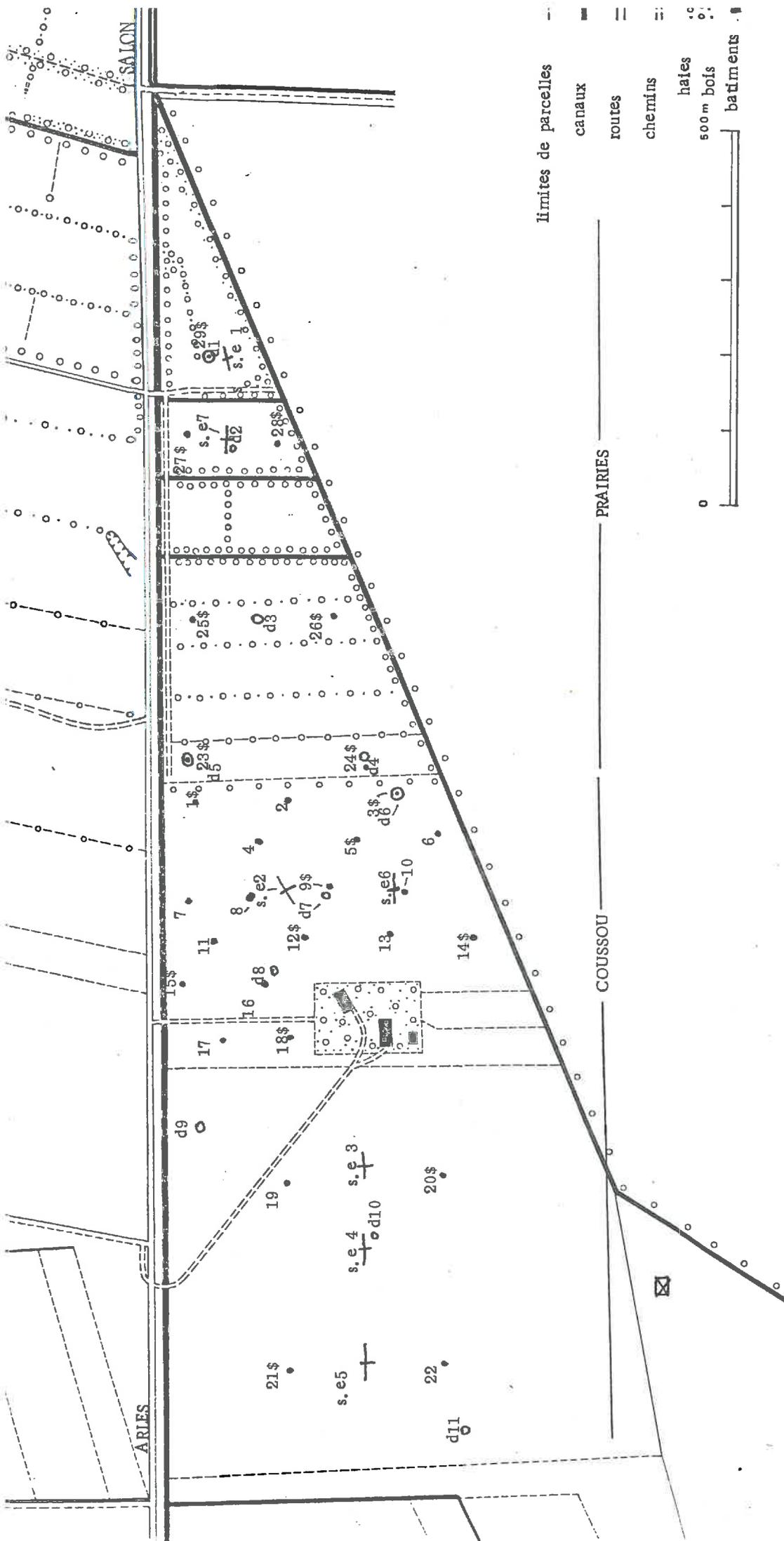


Figure 9 - ZONE D' ETUDE - TEXEL - Localisation des sondages.

- D) : profil creusé à la pelle mécanique .
- 1\$: analyses d'échantillons.
- d9 : mesures de densité.
- + s.e. 7 : sondages électriques.
- ⊠ : coupe géologique.

Cette formule n'est valable que pour des électrodes ponctuelles vis à vis de leurs distances mutuelles.

Remarque : Dans la réalité, le terrain n'est pas homogène et l'on mesure donc la résistivité apparente : ρ_a .

Pour des raisons pratiques, on utilise le plus souvent des électrodes en ligne.

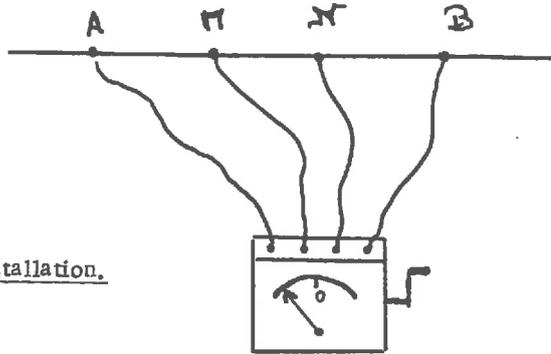


Figure 10 -
Schéma de l'installation.

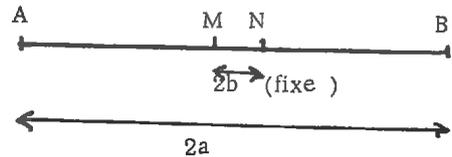
Il existe plusieurs dispositifs dont les deux plus usuels sont :

• dispositif de SCHLUMBERGER

MN est très petit devant AB

De cette manière, la zone étudiée est relativement homogène, mais la

d.d.p entre M et N est faible ce qui nécessite l'emploi d'un appareillage sensible et un générateur puissant. On a :



$$a = \frac{AB}{2} \text{ et } \rho_a = \pi \frac{\Delta V}{I} \frac{a^2 - b^2}{2b}$$

• dispositif de WENNER

$$AM = MN = NB = a \quad \text{avec } a = \frac{AB}{3}$$

$$\text{d'où : } \rho_a = 2\pi a \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

L'avantage de ce dispositif est que la sensibilité est indépendante de la longueur de la ligne d'envoi et de ce fait le matériel est plus simple et plus léger que pour le dispositif précédent.

Soulignons une fois encore, que pour chacun de ces systèmes, la résistivité mesurée est une résistivité apparente. Si le sous-sol était homogène, isotrope et de résistivité ρ , nous trouverions $\rho_a = \rho$ et, de

plus, la valeur trouvée serait indépendante de la longueur r et de la disposition φ du dispositif. Ceci n'est évidemment jamais réalisé dans la nature et la résistivité dépend à la fois de r et de φ . A ces deux paramètres correspondent les deux principales méthodes :

- le sondage électrique $\rho_a = f(r)$

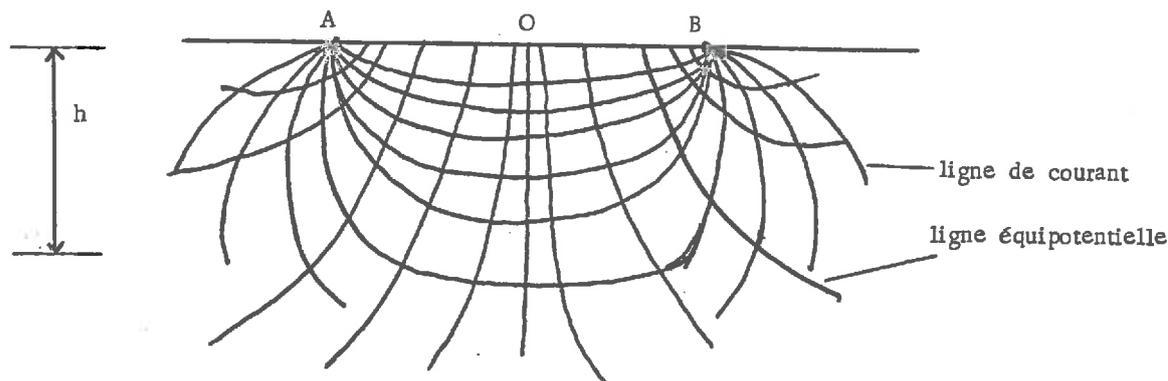
La méthode consiste à mesurer la résistivité de terrains d'épaisseur de plus en plus grande à l'aplomb du point O, milieu de AB, en augmentant progressivement les dimensions du dispositif.

- le trainé de résistivité $\rho_a = f(\varphi)$

Au lieu de s'intéresser à la variation verticale de la résistivité apparente à l'aplomb d'un point précis, le trainé de résistivité consiste à étudier ses variations latérales.

1.2.2. Comportement du courant dans le sol.

Dans un sol homogène, le courant, issu des électrodes A et B se distribue en lignes de courant telles qu'on peut définir en chaque point une densité de courant plus ou moins grande. Cette densité est naturellement plus forte au voisinage de la surface qui correspond au chemin le plus court que peut prendre le courant électrique.



- Figure 11 - Distribution du courant dans le sol.

Selon Conrad SCHLUMBERGER, la plus grande partie du courant passe entre la surface et une profondeur inférieure à $h = \frac{AB}{4}$

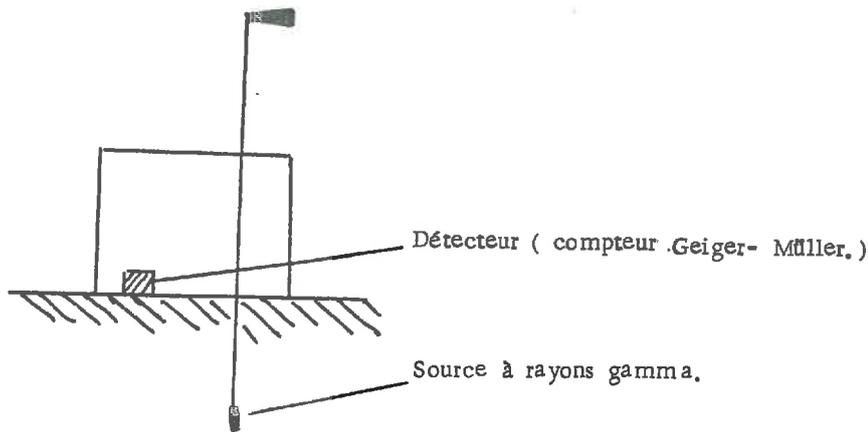
1.2.3. Appareillage.

Dans le dispositif de mesure utilisé, le courant est alternatif avec une fréquence assez basse (110 Hz). On évite ainsi pour les profon-

deurs considérées qui sont au maximum de quelques mètres, un "effet de peau" appréciable (réduction de la pénétration du courant avec la fréquence). D'autre part avec ce type d'appareil, il y a suppression de l'effet de polarisation des électrodes et la "mesure de zéro" est très simple avec lecture directe de $\frac{\Delta V}{I}$.

1.3. Mesures de densité.

Des mesures de densité du sol à la sonde gammamétrique, pour évaluer la porosité de la terre fine, nous ont permis d'estimer les réserves en eau volumique. Un appareil de surface a été utilisé (sonde "TROXLER"). La mesure de la densité s'effectue par absorption du rayonnement direct (dénombrement des photons émis par la source qui ont traversé le matériau sans subir d'interaction).



- Figure 12- Sonde gammamétrique.

Problèmes de manipulation

Mis à part la lourdeur du protocole à observer (10 mn de chauffe, comptages standards, contrôle du calculateur...), nous avons rencontré deux problèmes essentiels liés à la structure du terrain. La présence de cailloux et de blocs nous a empêché en effet d'assurer un contact parfait entre l'appareil et le sol. La présence de lames d'air sous les compteurs est la cause d'erreur la plus importante : 1 mm d'air apporte une erreur de l'ordre de 1 à 4 %. Une cavité de 1 cm de profondeur juste sous le détecteur, augmente le taux de comptage de 8 à 25 % et, sous la source de 2 à 8 %.

De plus, toujours du fait de la présence de nombreux cailloux dans le sol, l'enfoncement de la source gamma n'est jamais réellement satisfaisant : obliquité de la tige et par conséquent mauvais contact du détecteur avec le sol (lames d'air).

2. METHODES ET MATERIEL DE LABORATOIRE.

2.1. Analyses des sols.

Des échantillons de sol ont été prélevés de façon systématique dans les limons et les coussous afin d'être analysés (laboratoire d'ARRAS), le but ultime étant d'estimer le niveau actuel de fertilité des sols du MERLE.

2.2. Travail du sol.

La réalisation d'un travail du sol efficace et peu coûteux sur les sols de Crau vierges, passe avant tout par la résolution des problèmes dûs à l'importance de la charge caillouteuse.

Il est évident qu'aucune opération culturale n'est envisageable sans un épierrage préalable aussi minime soit-il.

Pour définir les conditions d'épierrage, le premier travail consiste à estimer la masse et le volume de ces cailloux. Deux méthodes ont été employées :

2.2.1. Blocométrie.

La Blocométrie a consisté à déterminer la granulométrie (pourcentages massiques) dans la charge grossière.

Après avoir prélevé 45 à 50 kg de sol (cailloux inclus) sur chacun des onze profils choisis dans le coussou, à raison d'un échantillon par horizon (soit 22 prélèvements au total), les échantillons ont été tamisés et classés suivant leur dimension. 7 classes ont été distinguées :

- . classe 0 : diamètre (\emptyset) < 2 mm = terre fine
- . classe 1 : 2 mm $< \emptyset < 5$ mm
- . classe 2 : 5 mm $< \emptyset < 2$ cm
- . classe 3 : 2 cm $< \emptyset < 5$ cm
- . classe 4 : 5 cm $< \emptyset < 10$ cm
- . classe 5 : 10 cm $< \emptyset < 20$ cm
- . classe 6 : $\emptyset > 20$ cm

On ne distingue que quatre types de roches sur l'ensemble du domaine (cf 1ère partie 1.3) : quartzites, grès (fins et arkoses), granites, roches vertes essentiellement variolites.

Ceci nous a conduit à distinguer pour chaque classe (excepté pour les classes 0, 1 et 2 du fait des faibles dimensions) quatre nouvelles catégories. On obtient alors pour chaque horizon, un classement de ce type.

Classe	%massique	nature pétrographique (% massiques)				
		quartzites	grès	granites	variolites	
0	46,8					
1	3,1					
2	6,2					
3	16,5	44	68,9	25,7	5,4	0
4	7,1		79,3	20,7	0	0
5	20,3		100	0	0	0
6	0		0	0	0	0
	100		85	13	2	0 % total

- Lecture du tableau:

- . 44% d'éléments grossiers de $\phi > 2\text{cm}$.
- . 46,8% de terre fine (classe 0)
- . 100% de quartzites dans la classe 5
- . 85% de quartzites au total dans tout l'horizon.

- Tableau 1 - Blocométrie du profil 12 - horizon A -

Cette étude pratique a été complétée par une étude statistique portant sur l'ensemble des 22 tableaux. Le but recherché était de vérifier si l'ensemble des sols pouvait être considéré comme des sols homogènes. Autrement dit : la distance (statistique) intra-horizon est-elle inférieure ou supérieure à la distance inter-horizon. Ce problème a consisté par la suite à rechercher le plan qui permettrait de représenter au mieux ces distances (cf 3ème partie, 1.2.1.).

Je tiens à ce propos à remercier tout particulièrement Monsieur CARAUX (Chaire de Mathématique et de Statistique de l'ENSAM) qui a réalisé cette étude statistique.

2.2.2. Tablette graphique "APPLE II".

La deuxième méthode a consisté à évaluer les pourcentages volumiques d'après photo-interprétation à l'aide de la tablette graphique d'un microordinateur "APPLE II". Nous avons travaillé sur un agrandissement photographique couleur de 23 x 30 cm. Un stylet relié à la tablette graphique permet par simple pression, en suivant le contour des cailloux et blocs de connaître leur surface. Un rapide calcul de la surface totale de l'horizon permet par la suite de calculer les pourcentages volumi-

ques des différents éléments grossiers. Il est nécessaire pour cela d'étendre cette mesure de surface à une mesure de volume en supposant que l'on a une répartition identique de la charge caillouteuse sur toutes les faces d'un même cube de sol.

2.3 Réserves en eau.

Second facteur déterminant dans les sols de Coussou, l'eau intervient à deux niveaux :

- au niveau de la terre fine essentiellement,
- mais également au niveau des cailloux.

2.3.1. Les éléments grossiers: Mesures de porosité et de rétention.

En effet, comme GRAS et MONNIER (INRA - Versailles) l'ont montré, les éléments grossiers interviennent de façon significative dans l'alimentation hydrique des végétaux. Ils ont de plus vérifié, à l'aide d'appareils à membrane, que l'eau retenue par les cailloux ($\phi > 2$ mm) pouvait humecter le sol à leur voisinage.

La comparaison des ordres de grandeur des diamètres maxima des poils absorbants (quelques dizaines de μ) et des diamètres maxima des pores retenant l'eau (quelques μ), montre que les poils absorbants des racines ne peuvent pas pénétrer à l'intérieur des fragments de roches.

Ainsi la cession d'eau des cailloux au végétal pourrait se faire de deux façons. L'eau serait absorbée directement par les poils absorbants appliqués à l'entrée des pores des cailloux (l'adhérence des radicelles à certains cailloux tendrait à confirmer cette hypothèse), cependant la terre fine pourrait également jouer le rôle d'intermédiaire; les poils absorbants extrairaient alors de la terre l'eau qui lui a été cédée par les cailloux.

Toutefois, il convient de noter que l'humidité des cailloux après ressuyage est fortement influencée par la terre d'enrobage : des éléments grossiers placés dans du sable ne perdent pratiquement pas d'eau. Dès qu'une certaine quantité d'éléments fins est présente, les cailloux cèdent de l'eau à la terre (effet succion). Les différences de comportements observées selon la texture des terres d'enrobage peuvent s'interpréter par l'existence de contacts plus ou moins intimes entre le sol et l'élément grossier.

GRAS et MONNIER constatent finalement que les éléments grossiers peuvent céder des quantités notables d'eau à la terre lorsque son humidité passe de la capacité de rétention au point de flétrissement.

Pour des sols sablo-caillouteux de la vallée du Rhône (GRAS-MONNIER, 1963), exploités sur 50 cm par les racines et suivant leur teneur en cailloux, on obtient les résultats suivants :

Cailloux (% de la terre totale)	Densité apparente		Capacité de réserve (mm)			Capacité de réserve due aux cailloux en % du total.
	terre fine	cailloux	due à la terre fine	due aux cailloux	totale	
23	1,28	0,40	64	16	80	20
43	1,00	0,74	50	29	79	36
75	0,40	0,54	20	21	41	51

- Tableau 2 - (d'après GRAS et MONNIER 1963).

S'il est donc vraisemblable d'admettre que la présence des cailloux agit en économisant l'eau (effet de couverture), en favorisant l'infiltration et en diminuant le ruissellement, il faut également faire intervenir l'action de certains cailloux dans la constitution des réserves en eau du sol pendant les pluies (ou irrigations).

Cette contribution dépend en premier lieu de la nature pétrographique des cailloux (cf 3ème partie 1.2.1.), mais aussi de la texture de la terre fine qui règle le degré d'utilisation par la plante de l'eau ainsi emmagasinée.

Dans l'étude du MERLE, le mode opératoire a été le suivant :

- . saturation pendant 48 h sous vide et de façon progressive (pour que l'eau envahisse bien tous les pores), des échantillons de roches.
- . pesée (P_1)
- . passage à l'étuve (105°C)
- . pesée (P_2)

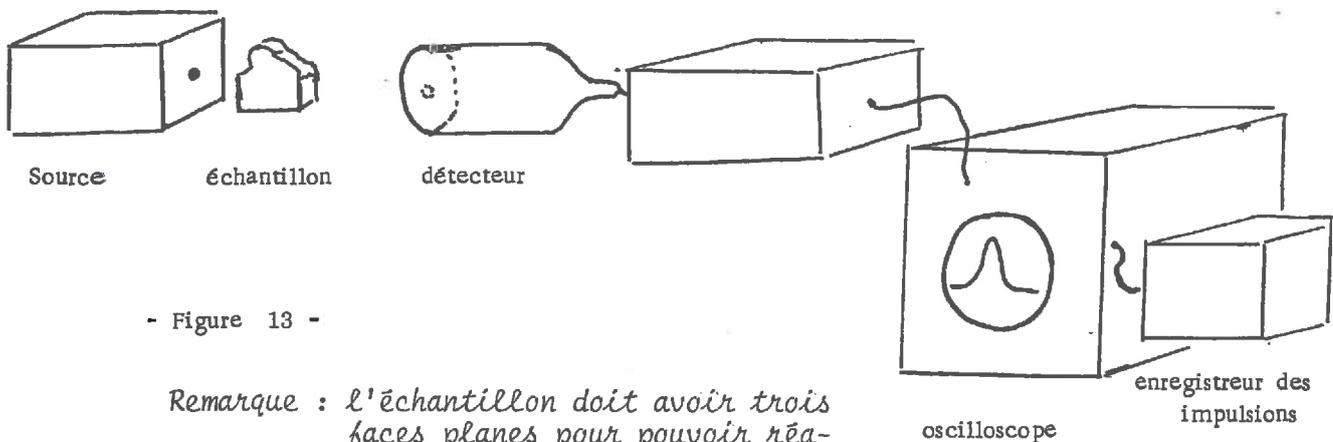
Puis enfin calcul de la quantité d'eau absorbée $\left(\frac{P_1 - P_2}{P_2} \cdot 100 \right)$
soit la rétention d'eau mesurée.

Pour évaluer la densité, donc la porosité des éléments grossiers, une technique faisant intervenir un rayonnement radioactif a été utilisée : le banc gammamétrique. Les mesures ont été effectuées à la station INRA-Science du Sol de MONTFAVET (AVIGNON). J'adresse à cette occasion mes plus vifs remerciements à Monsieur GUENNELON qui m'a permis de réaliser ces mesures.

* Principe :

Un détecteur (scintillateur) de rayons gamma transmet à un oscilloscope les impulsions reçues ayant été émises par une source de césium (30 mCi). En plaçant un échantillon de roche entre la source et le détecteur, il est possible de connaître la densité de cet échantillon. A chaque niveau d'énergie i correspond un nombre n_i d'impulsions.

Schéma d'appareillage :



- Figure 13 -

Remarque : l'échantillon doit avoir trois faces planes pour pouvoir réaliser une mesure correcte.

* Mesures :

1°) Mesure du "zéro" référence (No)

Aucun échantillon n'est placé sur le trajet des rayons .

2°) Etalonnage de l'appareil avec des échantillons de densité connue.

Pour effectuer cet étalonnage, des cubes étalons ont été utilisés. Ces cubes ont été taillés (trois faces planes) dans des échantillons non altérés prélevés sur le domaine du MERLE (quartzite, grès arkose, granite, variolite). Leur densité a été mesurée au pycnomètre à eau. Ils ont été au préalable vernis afin d'empêcher la pénétration de l'eau. Cet étalonnage permet de calculer le coefficient d'absorption μ .

On a alors : $\rho = -\text{Log} \frac{N}{N_0} \frac{1}{l \cdot \mu}$

avec : ρ = masse volumique de l'échantillon ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

N = nombre total d'impulsions reçues pour un échantillon et pour différentes énergies i

$$(N = \sum_i n_i)$$

N_0 = nombre total d'impulsions reçues pour le zéro référence

μ ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) = coefficient d'absorption

l (cm) = épaisseur de l'échantillon traversée par les rayons X.

On peut alors calculer la porosité de l'échantillon (polycopie ENSAM - CHAMAYOU).

$$P \text{ théorique} = \frac{D_r - D_a}{D_r} \cdot 100 \quad \begin{array}{l} D_r = \text{densité réelle} \\ D_a = \text{densité apparente} \end{array}$$

Cette porosité théorique pourra être par la suite comparée avec la rétention calculée.

2.3.2. La terre fine.

Pour ce qui est de la terre fine, il était intéressant de connaître le comportement de quelques échantillons vis à vis de l'eau et de la pression de succion. Pour cela l'utilisation d'un appareil à plaque poreuse, a permis d'établir des courbes de succion-teneur en eau :

$$\psi = f(\theta).$$

On notera que ce type de courbe dépend de la structure du sol et surtout de sa texture. (HILLEL 1974)

En soumettant ces échantillons de sol à différentes pressions de succion, il était par conséquent facile de déterminer :

(1) LA CAPACITE DE RETENTION.

Définie par VEIHMEYER et HENDRICKON (1931) comme étant l'humidité obtenue quand, après drainage de l'eau gravitaire, l'écoulement de l'eau devient très lent. Le choix du P_F ($P_F = \log(\psi)$ et ψ en cm d'eau) dépend de la texture (BONFILS, 1967).

PF	Pression (millibars)	A %	(A + Lf) %	Texture
2,0	100	A < 50	A + Lf < 50	Sol très sableux, non humifère.
2,3	200	A ≤ 50	50 < A + Lf ≤ 150	Sol très sableux.
2,5	320	50 < A ≤ 150	150 < A + Lf ≤ 300	Sol sablo-argileux, sablo-limoneux.
2,7	500	150 < A ≤ 400	300 < A + Lf ≤ 650	Sol à texture équilibrée.
3	1000	A > 400	A + Lf > 650	Sol argileux, argilo-limoneux.

- Tableau 3 -

(2) POINT DE FLÉTRISSEMENT.

RICHARDS et WEAVER (1943) ont montré que pour la majorité des sols, le point de flétrissement permanent ("... limite inférieure de l'humidité du sol à partir de laquelle les plantes se flétrissaient de façon permanente"... BRIGGS et SHANTZ 1912) correspondait à une pression capillaire de 15 bar soit à un $P_F = 4,2$.

(3) RESERVE UTILE.

L'eau utilisable par les plantes est celle retenue dans le sol à des succions comprises entre la capacité de rétention et le point de flétrissement permanent. Connaissant la densité apparente et la profondeur du sol (z), la RU s'exprime :

$$RU (m^3/ha) = (H_R - H_F) \cdot da \cdot z \cdot 10^4$$

H_R = Humidité à la capacité de rétention

H_F = Humidité au point de flétrissement

On définit en fait à partir de la RU, la RFU comme étant la quantité d'eau que la plante peut réellement absorber, qui est de l'eau de rétention à diffusion suffisamment rapide pour répondre à la demande de la plante. (Ralentissement de l'absorption de l'eau près du $P_F 4,2$ dû à une évaporation marquée au niveau des feuilles).

On a $RFU = \alpha \cdot RU$, α étant un coefficient à détermination empirique, qui est fonction de l'évaporation, de l'enracinement et de la structure du sol.

Remarque : On ne peut pas considérer la RFU comme une caractéristique d'un sol, les variations liées à la texture étant généralement plus faibles que celles qui sont liées au climat et à l'enracinement (MANICHON - SEBILLOTE - DURR - Octobre 1979).

Troisième partie

COMPORTEMENT DES SOLS - CONSEQUENCES POUR L'ORIENTATION GENERALE DE LA MISE EN VALEUR.

1. LE SOL ET SES CONTRAINTES PHYSIQUES.

1.1. Description du profil pédologique.

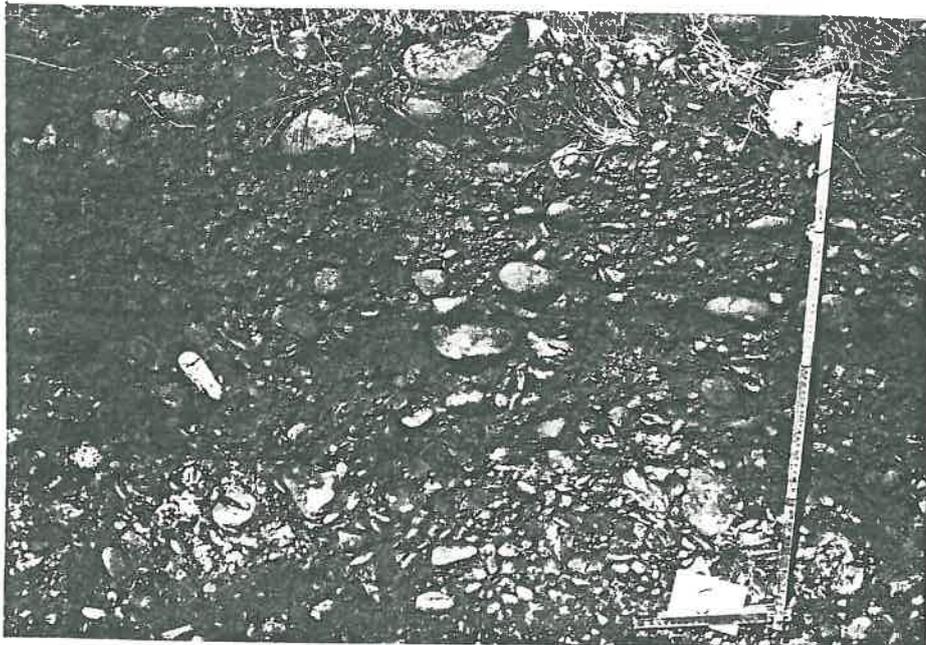
Vingt-deux profils ont été creusés à la pelle mécanique dans les sols de coussou et six dans les sols de prairie (fig.9). En ce qui concerne le coussou, le profil médian est constitué de deux horizons reposant sur un encroûtement calcaire très induré : "taparas" (photos et A₁).

- . 0-20-30 cm : Horizon A non calcaire à 40 % (en poids) de cailloux et donc 60 % de terre fine (en poids ou en volume puisque la densité apparente de la terre fine est de 1 - cf plus loin -). La texture est sablo-argilo-limoneuse, le pH neutre. Le sol est très bien structuré et très fortement colonisé par les racines.
- . 30 à 55 cm : Horizon B non calcaire à 60 % de cailloux (en poids) et 40 % de terre fine. La texture est sablo-argilo-limoneuse, le pH neutre et la coloration plus rouge (rubéfaction). Le sol est également très bien structuré et parfaitement exploité par le système racinaire.
- . 55 à 60 cm : Horizon Cca à ciment calcaire, d'épaisseur variable. Il est en général altéré sur les dix premiers centimètres, ce qui permet aux racines de venir y puiser un peu d'eau. Le poudingue est poreux et perméable : vitesse d'infiltration mesurée, de l'ordre de 30 à 40 mm/heure (cf 2-3 - troisième partie).
- . l'horizon Cca repose sur un horizon C constitué de galets inclus dans une matrice sableuse.
- . la roche-mère est constituée par une molasse composée de grès grossier et coquiller contenant des poches marneuses jaunes.

Il s'agit donc d'un sol fersialitique avec encroûtement calcaire très induré (taparas). Les sols de prairie sont caractérisés par un profil identique surmonté par un horizon de surface limoneux. Ce sont des sols alluviaux calcaires sur sol fersialitique calcique.

Globalement les sols de coussou ont une profondeur utile suffisante pour la production fourragère et maraîchère et, du fait de la qualité de leur structure, ils sont favorables à un développement optimal des systèmes racinaires.

- Horizon de surface des prairies-
couche de limons .



0 cm

Horizon A

30 cm

Horizon B

55 à 60 cm

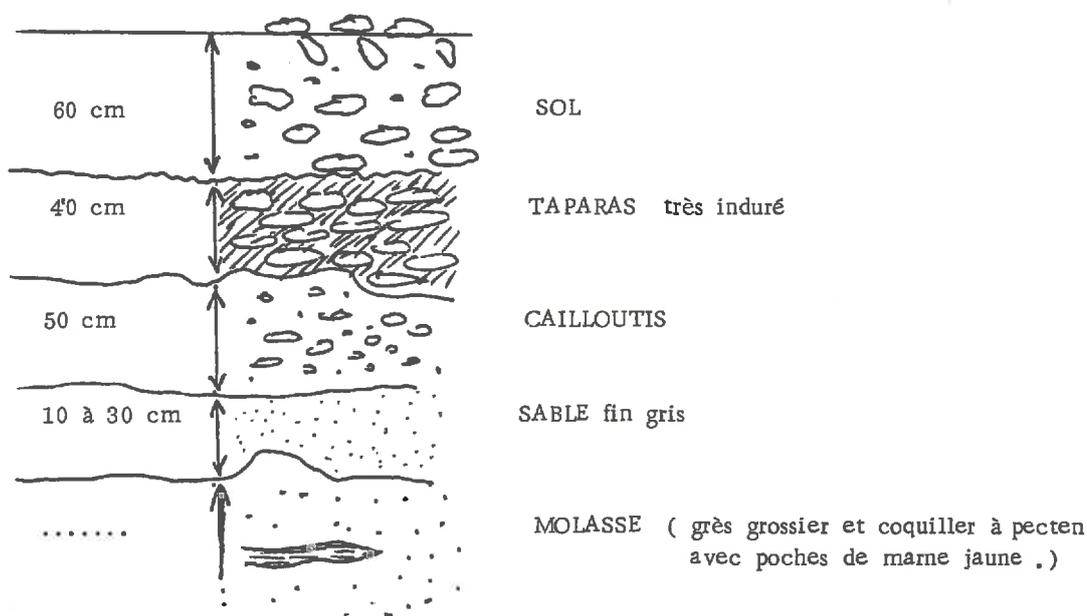
Tapras altéré

70 cm

Tapras très induré

- Profil type de sol de COUSSOU -

- Figure 14 -
Coupe géologique,
observée au sud de
TEXEL
(cf. Fig . 9)



1.2 Le problème des cailloux.

Néanmoins, la contrainte majeure se situe au niveau du travail du sol, du fait de la charge caillouteuse grossière ($\emptyset > 10$ cm). En effet, on distingue :

- . en surface une couverture continue de cailloux et de blocs roulés,
- . dans les premiers centimètres du sol, des blocs enchassés généralement en position verticale, qui peuvent être accrochés par les outils culturels.

1.2.1. Résultats.

Une mesure approximative du cubage des cailloux a été effectuée sur le terrain. Elle a consisté à ramasser les cailloux de surface sur une bande de 50 cm de large et 10 m de long. Ces cailloux ont ensuite été entassés (cône tronqué). Les résultats ont été les suivants :

$v = 346 \text{ m}^3/\text{ha}$ de cailloux soit en prenant comme densité moyenne ρ des cailloux 2,5 : 800 t/ha , chiffre assez considérable.

D'après l'étude de la SCP (PORTIER, 1968), le poids moyen total des cailloux en surface est de 450 t/ha.

L'étude sur le terrain (blocométrie), étayée par l'étude statistique (cf 2.2.1. deuxième partie), m'a permis d'autre part de tirer les conclusions suivantes :

(1) LES SOLS DE COUSSOU SONT TRES HOMOGENES.

Les horizons A sont très semblables entre eux. Il en est de même pour les horizons B (voir annexe A3). On distingue sur le graphique deux nuages de points : un nuage rassemblant les horizons A et un nuage regroupant les horizons B. On note quand même quelques exceptions qu'il est aisé d'expliquer, par les variations constatées au niveau du pourcentage représenté par la classe 6 (blocs >20cm).

Ainsi le point A (profil 7, horizon A) s'écarte sensiblement du profil moyen (voir annexe 4).

Profil moyen : classe 6 = 5 %

Profil 7A : classe 6 = 32 %

De même pour le Profil 14 A (classe 6 = 20 %) et pour Profil 15 A (classe 6 = 17 %).

Au niveau de l'horizon B on retrouve aussi des anomalies :

Profil moyen : classe 6 = 7 %

Profil 20 B : classe 6 = 35 %

Profil 21 B : classe 6 = 26 %

Le profil 7B s'écarte du profil moyen du fait de la faible importance de la classe 0 (18 %, profil moyen 30 %). Ceci étant souligné, il était donc possible d'établir en ce qui concerne la charge caillouteuse un profil type caractérisé par deux horizons A et B (tableau annexe A4).

(2) AU NIVEAU DE L'HORIZON A, il y a en poids :

- . 50 % de terre fine
- . 40 % de cailloux de plus de 2 cm de diamètre
- . 90 % de quartzites { 100 % pour la classe 6 \varnothing >20 cm
95 % pour la classe 5 10-20 cm
70 % pour la classe 3 2-5 cm
- . 7 % de grès
- . très peu de granites et variolites ou roches vertes.

- Horizon B.

- . 30 % de terre fine
- . 60 % de cailloux de plus de 2 cm
- . 60 à 65 % de quartzites { 100 % pour la classe 6
75 % pour la classe 5
40 % pour la classe 3
- . 25 à 30 % de grès
- . peu de granites et variolites...

Remarque : Les essais de comptage réalisés à l'aide de la tablette graphique "Apple II", ont donné des résultats très peu satisfaisants.

<u>Horizon A</u>		(% volumique)	<u>Horizon B</u>	
Classe 5 et 6	6,0 %		4,4 %	
Classe 4	5,6 %		5,8 %	
Classe 3	4,4 %		7,8 %	
		16 %		18 %

	volumique		volumique
Profil type	70 %	90 %	d. ay. sèche T. fine + cailloux
Erreur relative	?? %	80 %	= 1,7

Cette méthode est donc à rejeter : trois facteurs d'erreurs doivent intervenir :

- l'hypothèse selon laquelle la répartition de cailloux est identique sur les faces d'un cube de sol est fautive ou critiquable,
- le manipulateur introduit un deuxième facteur d'erreur : il est difficile de suivre parfaitement les contours des cailloux,
- l'appareil enfin, n'a peut être pas un pouvoir de résolution suffisant.

Cette parenthèse étant refermée, les résultats obtenus pour cette blocométrie sont essentiels pour déterminer la réserve en eau des sols. On note la présence, dans l'horizon B, d'une quantité non négligeable de grès dont certains échantillons sont poreux et peuvent donc retenir de l'eau.

(3) AU NIVEAU DE L'HORIZON DE SURFACE A, la classe 6 représente en poids 5 % du total, soit 225 t/ha de blocs de diamètre supérieur à 15-20 cm.

Or 1/3 de ces blocs sont enchassés, en position plus ou moins verticale, dans les dix premiers centimètres du sol, et risquent donc de gêner la progression des outils aratoires.

Ces différents points sont déterminants pour le choix du matériel d'épierrage : il doit être solide pour résister aux quartzites et à la masse importante des cailloux en général.

1.2.2. L'épierrage (photos)

Il semble nécessaire d'effectuer un épierrage superficiel et sélectif des cailloux ayant une taille supérieure à 10-15 cm, en évitant de bouleverser la structure du 1er horizon et de remonter les cailloux plus profonds. D'une façon générale, la non culture semble s'imposer dans ce type de sol.

Des essais d'épierrage ont déjà pu être réalisés. Divers constructeurs ont été contactés afin qu'ils fassent une démonstration sur la zone d'étude. Les résultats de ces essais sont résumés dans un compte-rendu rédigé par MM. MANIERE et LUC de la Chaire de Génie Rural et de Mécanisme Agricole de l'ENSAM (voir annexe A5).

Trois solutions sont donc envisageables :

1. *Epierrage minimum* : planches de 7 m de large séparées par des andains doubles (un passage de chisel lourd et un passage du groupeur).
2. *Epierrage complet sur 10 cm de profondeur* : planches de 7 m de large séparées par des andains doubles (deux passages de chisel et de groupeur).
3. *Epierrage total* sur toute la surface avec en plus passage du chargeur.

Ici intervient évidemment un facteur économique. Pour effectuer un épierrage total, il est nécessaire d'envisager l'emploi de nombreuses remorques. De plus on a : (cf compte-rendu)

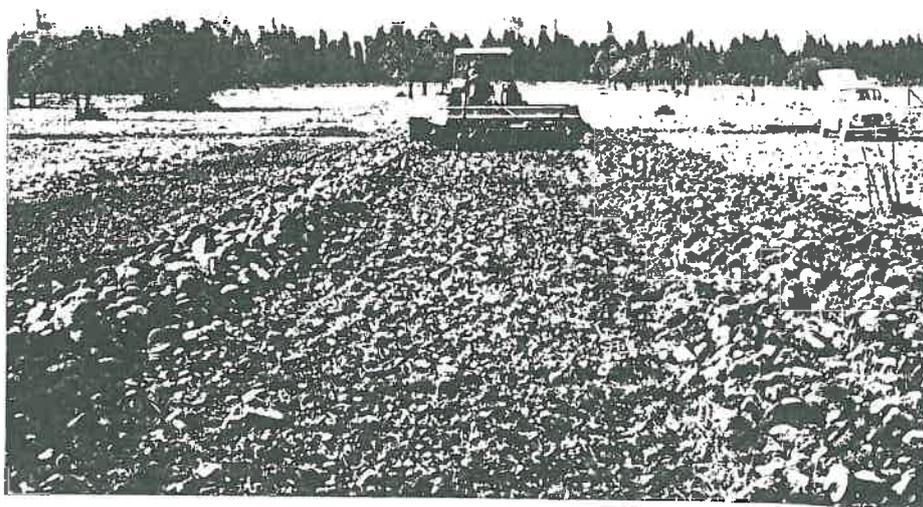
Solution 1	{ 4,5 heures de travail/ha 55 Kg/ha de fuel
Solution 2	{ 9 heures de travail/ha 110 Kg/ha de fuel
Solution 3	{ 17 heures de travail/ha 260 Kg/ha de fuel

La solution 3 est donc 4 fois plus coûteuse que la solution 1 et 2 fois plus que la solution 2.

La solution 2 serait donc à priori la plus raisonnable. Toutefois, si l'on envisage de mettre en place des cultures fourragères aptes à être fauchées et irriguées, il paraît nécessaire d'opter pour un épierrage total (solution 3, voir annexe A5). Le domaine du MERLE renforcerait ainsi son visage de domaine expérimental.

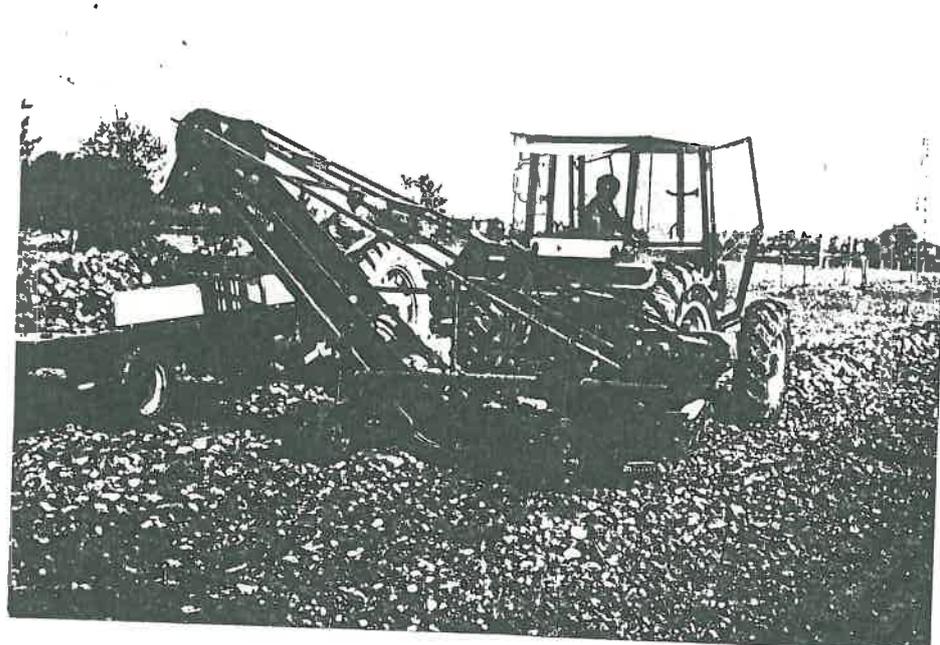
Le fait de conserver des andains et de réaliser des planches de 7 m de large, entraîne de plus une révision totale des méthodes d'irrigation. La submersion étant rendue très délicate par la présence des andains de cailloux. La solution 3 permettrait de conserver le système actuel d'irrigation et de passer par la suite de façon progressive à une irrigation par aspersion (cf 2.4).

- Passage du groupeur -



- Le groupeur -

- Ramassage des andains
avec le chargeur -



1.3 La profondeur de sol utile.

Le sol est limité en profondeur par la présence du taparas. Malgré la présence de nombreux cailloux dans les deux premiers horizons, ceux-ci ne constituent pas une gêne pour un bon développement racinaire. Le taparas reste donc le seul obstacle. Dans les prairies l'horizon de surface limoneux augmente dans certaines zones l'épaisseur de sol exploitable par les racines.

. Profondeur de l'encroûtement calcaire.

Il est situé en moyenne à 60 cm de profondeur pour les sols de Coussou.

Il semblait intéressant d'utiliser une méthode légère et facile d'emploi, afin de pouvoir établir une carte de la profondeur de l'encroûtement et ce, sur l'ensemble du domaine, prairies incluses.

La prospection électrique s'est avérée être suffisamment précise et fiable pour servir à la localisation du "taparas". 7 mesures électriques ont été réalisées dont deux en sols de prairie et 5 sur coussou. Les résultats sont les suivants; trois exemples bien représentatifs ont été choisis (voir annexe A6) /

. SE₇ (sondage électrique 7) a été effectué sur prairie. Deux couches de résistivité apparente respectives de 100 Ω m et 2000 Ω m ont été mises en évidence.

L'épaisseur de la 1ère couche est de 55 cm. Elle correspond à une couche de faible résistivité : il y a donc peu d'obstacles (par rapport à la seconde couche) au passage du courant électrique. Il a été impossible de distinguer des sous-couches dans cet horizon. (*Humidité des prairies*)

La deuxième couche a une résistivité beaucoup plus élevée et correspond à un horizon très caillouteux et cimenté. Il s'agit du taparas.

Au voisinage de ce sondage, un profil ouvert à la pelle mécanique avait révélé le taparas entre 55 et 60 cm!

. SE₄ révèle trois couches :

- une couche de résistivité apparente = 420 Ω m et de 35 cm d'épaisseur,
- une couche de résistivité apparente = 240 Ω m et d'épaisseur 40 cm
- enfin une dernière couche de résistivité 1200 Ω m.

Cette troisième couche correspond au taparas vu sa résistivité. Il est donc situé théoriquement à 75 cm de profondeur. Ici les profils creusés à la pelle mécanique le situaient à 65-70 cm.

- . SE₆ 1ère couche = 220 Ω m e = 50 cm
- 2ème couche = 2100 à 2200 Ω m e = 9,45 m
- 3ème couche = 160 Ω m

Le taparas est localisé à 50 cm et a une puissance de 9,50 m environ. La 3ème couche correspond probablement à l'horizon C : galets inclus dans une matrice sableuse.

En réalité (profil) le taparas a été localisé à 55 cm de profondeur.

Au niveau de l'allure des trois courbes on constate plusieurs points :

- . l'allure de SE₇ est différente de celle des courbes sur coussou. Cette différence s'explique par la présence de la couche limoneuse de surface. Elle est d'autre part beaucoup plus lissée (moins d'irrégularités), car il y a peu de cailloux en surface;
- . pour établir avec le plus de précision possible une carte de la profondeur du taparas sur le domaine, il faudra donc réaliser deux systèmes de calage (deux types d'écartement des électrodes), le comportement électrique des deux types de sols (prairie-coussou) étant différent. Les deux zones seront donc à prospecter séparément;
- . la localisation du taparas sur les courbes est réalisable car on constate pour chaque tracé une rupture de pente qui correspond au sommet du taparas.

En ce qui concerne la poursuite de l'étude, il faudrait envisager :

- l'utilisation du dispositif WENNER qui correspond plus au matériel existant au laboratoire de Science du Sol de l'ENSAM. Il devrait permettre d'obtenir des résultats significatifs pour de plus faibles écartements entre les électrodes;
 - un quadrillage de la zone à étudier et, si l'on ne veut repérer que le sommet du taparas, l'utilisation de la méthode du trainé de résistivimétrie. Avec un écartement $a = 1$ m entre les électrodes, il devrait être possible d'établir avec suffisamment de précision une carte de la profondeur de l'encroûtement calcaire.
- Le quadrillage devrait être effectué en réalisant des points de mesure espacés d'environ 10 m soit 100 points/ha.

En conclusion, cette méthode de prospection électrique semble tout à fait appropriée à l'étude envisagée au domaine du MERLE. L'homogénéité des sols permettant, si un protocole rigoureux est suivi, de réaliser une cartographie précise.

- dans les sols de coussou le taparas se situe à une profondeur oscillant entre 50 et 65 cm. A deux endroits (Profil 9 et Profil 10 - voir fig. 9) le taparas a été observé à 35 cm.

Toute la portion de sol située au-dessus de l'encroûtement est utilisable.

- dans les sols de prairie, cette profondeur utile est augmentée dans les plus vieilles parcelles par la présence de l'horizon limoneux de surface. Le taparas est situé entre 60 et 85 cm, soit 70 cm en moyenne.

2. LE RESERVOIR SOL.

2.1 Le comportement de la terre fine.

- Le tracé des courbes succion-teneur en eau, permet une nouvelle fois de confirmer l'homogénéité des sols. Toutes les courbes étant pratiquement superposables (voir courbes - annexe A 7).

Pour la terre fine des sols de prairie (horizon limoneux), on remarque que plus il y a d'éléments fins (argile + limon fin) et de matière organique et plus on observe un déplacement de la courbe vers des valeurs élevées d'humidité. Les éléments fins retenant en effet beaucoup plus l'eau.

Pour les sols de coussou les faibles variations observées ne sont dues qu'aux différentes teneurs en matière organique.

- Calcul de la capacité de rétention et du point de flétrissement permanent (tableau 4).

Connaissant la capacité de rétention, il était dès lors facile de calculer la microporosité (pores de l'ordre du micron, dans lesquels l'eau après ressuyage est retenue soumise à des forces de rétention supérieures à la force de gravité) et la macroporosité (pores occupés par de l'air lorsque le sol est ressuyé).

On a : . Da = densité apparente de la terre fine
Da moyennes { 1,25 en sols de prairie
 { 1 en sols de coussou

. m % = microporosité

. M % = macroporosité

- . Hr = Humidité à la capacité de rétention
- . Hf = Humidité au point de flétrissement permanent
- . P_t = Porosité totale
- . Hu % = Humidité utile

$$m p \% = H r \% \cdot D a \quad \text{et} \quad M p \% = P_t \% - m p \%$$

$$(BONFILS 1967) \quad M p \% = \left(1 - \frac{D a}{2,6}\right) \cdot 100 - m p \%$$

- Tableau 4 - Moyennes des capacités de rétention et des points de flétrissement .

<u>COUSSOU</u>			<u>PRAIRIES</u>				
Horizon	HF	HR	Profil	HF% en poids en vol.		HR% en poids envol	
A	9,1	17	23	16,6	20,8	23,3	29,1
B	7,8	15,6	24	11,5	14,4	16,4	20,5
			25	18,9	23,6	23,5	29,4
			26	13,7	17,6	19,7	24,6
			27	24,8	31	30,9	38,6
			28	25,8	32,2	29,8	37,2
			29	27,1	33,8	31,9	39,9

- Pour ce qui est des coussou les valeurs trouvées sont satisfaisantes. En revanche pour les sols de prairie :

. l'humidité utile (Hr - Hf) est anormalement faible. Il ne faudra donc pas s'étonner de trouver des valeurs de R.U faibles également.

A ceci, on peut attribuer plusieurs causes : la teneur en matière organique de l'horizon de surface est très élevée (6 à 8 %), or la détermination du P_F correspondant à la capacité de rétention ne fait pas intervenir cette notion.

Le P_F appliqué est probablement trop élevé. De plus pour la détermination du point de flétrissement permanent, la pression de succion est peut être, elle, trop faible : des valeurs de 16 ou 17 bar conviendraient probablement plus au type de sol étudié ici.

- Mesure de la densité apparente des échantillons de terre fine.

Cette mesure a été effectuée à l'aide de la sonde TROXLER.

Connaissant : . la densité sèche donnée par la sonde

. le % de terre fine (blocométrie)

on a la masse totale de terre fine et de cailloux, puis connaissant les

pourcentages pétrographiques, on en déduit le volume total de cailloux et le volume total de terre fine, donc la densité apparente.

- La moyenne obtenue pour les sols de prairie est : 1,25. Deux résultats aberrants ayant été écartés, du fait probablement de la présence de lames d'air sous la sonde et des erreurs sur la correction automatique de l'humidité (cf BRIDIER - DAA - 1981).

- Pour les sols de coussou :

Horizon A	Moyenne d.app. = 1		
Horizon B	Les valeurs trouvées semblent aberrantes		
Mesure	$d_6 : 0,77$	$d_8 : 0,57$	$d_{10} : 0,52$
	$d_7 : 0,6$	$d_9 : 0,57$	$d_{11} : 0,50$

L'origine de ces mauvais résultats peut être imputée à une ^{pulvation} manifestation rendue difficile par la présence des cailloux (lames d'air). Etant donnée la structure de l'horizon B qui est très voisine du 1er horizon, nous estimons que la densité apparente de la terre fine de cet horizon doit être sensiblement la même que pour l'horizon A. Par la suite, nous prendrons au niveau du profil entier une densité de 1.

Dans ce type de sol, il conviendrait en fait d'utiliser un densitomètre à membrane, vu la proportion élevée d'éléments grossiers.

2.2. Intervention des éléments grossiers dans la réserve hydrique.

2.2.1. Banc gammamétrique.

L'utilisation du banc gammamétrique a permis de déterminer les densités réelles et apparentes de divers échantillons de roche.

Il a été considéré que la densité maximale mesurée pour chaque variété pétrographique serait prise comme valeur de densité réelle. Cette densité maximum étant très proche de la densité réelle. Une vérification au pycnomètre à eau nous a permis de confirmer cette hypothèse.

Résultats :

1. Calcul du coefficient d'absorption. (Etalons-cubes)

Etalon quartzite (2 mesures) : $\mu_1 = 0,0633 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

(Q) $\mu_2 = 0,0632 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

Etalon grès(G): $\mu = 0,0636 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

Etalon granite(M): $\mu_1 = 0,0635$ et $\mu_2 = 0,0612 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

Etalon variolite(V): $\mu = 0,0626 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

Soit en moyenne $\mu = 0,0629 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

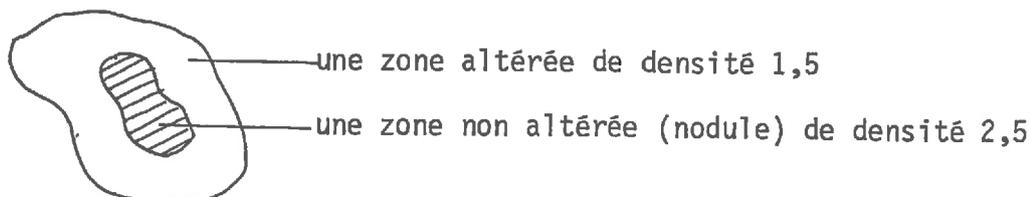
2. Densités réelles :

$$\begin{aligned} dr_Q &= 2,83 & dr_G \text{ (fin ou arkose)} &= 2,53 \\ dr_V &= 3,28 & dr_\gamma &= 2,69 \end{aligned}$$

3. Densités apparentes moyennes :

$$\begin{aligned} da_Q &= 2,76 & da_G \text{ arkose} &= 2,45 \\ da_V &= 3,04 & da_\gamma &= 2,62 \end{aligned}$$

Les grès fins sont constitués de deux zones :



4. Porosité totale :

$$Pt \% = \frac{dr - da}{dr} \cdot 100$$

$$\begin{aligned} P_Q &= 2,5 \% & P_{Gark.} &= 3,2 \% & P_{Gnod.} &= 1,2 \% \\ P_V &= 7,3 \% & P_\gamma &= 2,6 \% & P_{Gfin} &= 40,7 \% \end{aligned}$$

Nous constatons donc que seuls les grès fins (partie altérée) ont une porosité totale élevée.

Dans quelle mesure cette porosité joue-t-elle un rôle au niveau de la rétention en eau ?

2.2.2. Rétention hydrique.

Les échantillons de roche sont saturés d'eau sous vide et pendant 48 heures. Le pourcentage d'humidité retenue est donné par la formule :

$$H \% = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \cdot 100$$

P_1 = poids humide
 P_2 = poids après passage étuve (105°C)

Résultats (moyennes) :

$$\begin{aligned} H_Q &= 0,5 \% & H_{Gark} &= 6,5 \% & H_{Gfin} &= 37,5 \% \\ H_V &= 1,25 \% & H_\gamma &= 4,3 \% \end{aligned}$$

evol. *evol* *evol*

2.2.3. Conclusions.

- Les valeurs trouvées sont logiques, excepté pour le granite et le grès arkosique, pour lesquels on aurait pu s'attendre à des valeurs plus faibles. *Excepté pour Q. et V. la porosité est inférieure à la rétention hydrique. Deux explications sont possibles.*

- les échantillons - 39 - utilisés ^{pour les 2 méthodes} sont différents.
• une pellicule d'eau recouvrait les éch. et a modifié la rét. hyd.

Dans tous les autres cas la rétention hydrique est inférieure à la valeur correspondant à la porosité totale.

- Quartzites, variolites et même granites et grès arkosiques ont une porosité faible, leur rétention est également faible.

- Les grès fins (zone altérée) ont une porosité totale élevée : 41 % et une rétention d'eau qui doit correspondre à la microporosité, de l'ordre de 35 à 38 % *en pondéral et 568 en volumique.*

En excluant la partie non altérée de ces échantillons, on peut affirmer que leur rôle dans la réserve hydrique du sol n'est pas négligeable.

Il semble logique d'estimer que 1/3 de la valeur trouvée (35 %) pour la rétention en eau, intervient directement dans la notion de réservoir sol.

- Il convient à présent de souligner quelques points :

• dans l'horizon de surface (A), on trouve essentiellement des quartzites (88 % en poids) et très peu de grès (7 à 8 %).

Au niveau hydrique, seule la terre fine va donc intervenir. Ici les éléments grossiers ne jouent qu'un rôle secondaire.

• dans l'horizon B, on a 60 à 65 % de quartzite et 25 à 30 % de grès (en poids).

La terre fine n'occupe que 35 % du volume. Ici les éléments grossiers, les grès en particulier, ne sont donc pas à négliger.

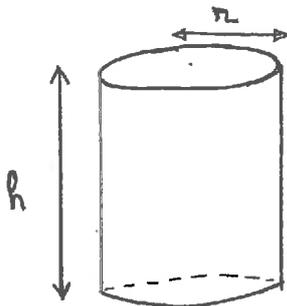
Leur intervention au niveau hydrique dépendra de trois facteurs :

1. Pour qu'ils puissent emmagasiner l'eau, il est nécessaire que le sol qui les englobe soit saturé. Cette condition n'est remplie en général que lors des pluies automnales ou éventuellement après une irrigation.
2. La diffusion de l'eau stockée ne pourra s'effectuer que lorsque le sol va développer des forces de succion suffisamment élevées.
3. L'extraction de l'eau sera également fonction du type d'enracinement des plantes (profondeur explorée, forces de succions développées...).

Il serait intéressant de poursuivre cette étude, afin de déterminer avec précision le rôle joué par les cailloux, la détermination des doses d'arrosage à appliquer en dépendant.

2.3 La perméabilité du taparas.

La méthode du puits PORCHET a été appliquée. Un puits, au niveau du profil 9, a été creusé sur une profondeur $h = 50$ cm dans le taparas à l'aide d'une barre à mine. On a alors la perméabilité K :



$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \cdot 2,3 \log \frac{h_1 + \frac{r}{2}}{h_2 + \frac{r}{2}}$$

(cm/h)

(CHAMAYOU - Polycopie ENSAM)

Résultats : à sec $K = 4,2$ cm/h

à saturation $K_1 = 2,4$ cm/h

après 24 heures $K_2 = 3,6$ cm/h

Soit un K_s moyen de 3 cm/h.

A TEXEL, le poudingue n'est jamais apparent. Dans certains endroits, il peut remonter à 30-35 cm de la surface et poser alors quelques problèmes pour le travail du sol.

Dans ces sols peu profonds, il paraîtrait naturel d'envisager la destruction du taparas afin de permettre un meilleur développement racinaire. Mais s'il convient de se demander quelles réserves nutritives peuvent contenir les galets sous-jacents, la question de l'eau reste la plus importante.

Les études hydrogéologiques du BRGM nous ont révélé que la nappe aquifère était située à une profondeur supérieure à celle que peuvent atteindre les racines. L'eau aura tendance à percoler très rapidement vers la nappe en entraînant avec elle les éléments fertilisants que l'on pourrait apporter. Il est donc difficilement envisageable de casser le poudingue.

Toutefois G. DENIZOT (1944) considérait le poudingue comme une carapace imperméable proche du sol. Mais s'il formait réellement un niveau imperméable à proximité de la surface, il aurait dû s'installer en Crau un réseau hydrographique drainant les eaux pluviales. C'est pourquoi J. ARCHAMBAULT (1951) considère le taparas comme perméable et sans action sur l'infiltration et la circulation des eaux.

Les valeurs de perméabilité mesurées sur le périmètre d'étude au MERLE (3 cm/h) confirment cette hypothèse.

2.4 Estimation de la réserve hydrique - Irrigation.

$$\text{Réserve utile RU (m}^3/\text{ha)} = (\text{Hr} - \text{Hf}) \cdot \text{da} \cdot z \cdot 10^4$$

(cf. 2.3.2 deuxième partie)

Résultats obtenus :

1. Coussou : . Terre fine

$$\begin{aligned} \text{- Horizon A : da} &= 1 & \text{Hf} &= 9,1 \text{ } \mathcal{L} \\ & & \text{Hr} &= 17,1 \text{ } \mathcal{L} & z &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{D'où } \underline{\text{RU}_A = 240 \text{ m}^3/\text{ha}/30 \text{ cm de sol}}$$

$$\begin{aligned} \text{- Horizon B : da} &= 1 & \text{Hf} &= 7,8 \text{ } \mathcal{L} \\ & & \text{Hr} &= 15,6 \text{ } \mathcal{L} & z &= 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{D'où } \underline{\text{RU}_B = 195 \text{ m}^3/\text{ha}/25 \text{ cm}}$$

. Cailloux : nous ne ferons intervenir que les grès fins

- Horizon A : . Grès 7 % du total

. rétention hydrique 37,5 % de leur poids

. d apparente = 1,53

. 1/3 de la rétention est utilisable

. z = 30 cm de sol

Donc : les grès fournissent :

$$37,5 \% \times 7 \% \times 1,53 \times 10^3 \times \frac{1}{3} = 13,4 \text{ kg d'eau/m}^3 \text{ de sol}$$

$$\text{Sur 30 cm on a : } \underline{\text{RU}_A = 44,6 \text{ m}^3/\text{ha}/30 \text{ cm}}$$

- Horizon B : grès 27 % z = 25 cm de sol

$$\text{D'où } \underline{\text{RU}_B = 172 \text{ m}^3/\text{ha}/25 \text{ cm}}$$

. Conclusion : - les cailloux fourniraient donc au niveau d'un profil moyen 171 + 45, soit 217 m³/ha d'eau. En considérant que la moitié des grès constituée de nodules (grès non altéré), on a $\frac{217}{2} = 108 \text{ m}^3/\text{ha}$

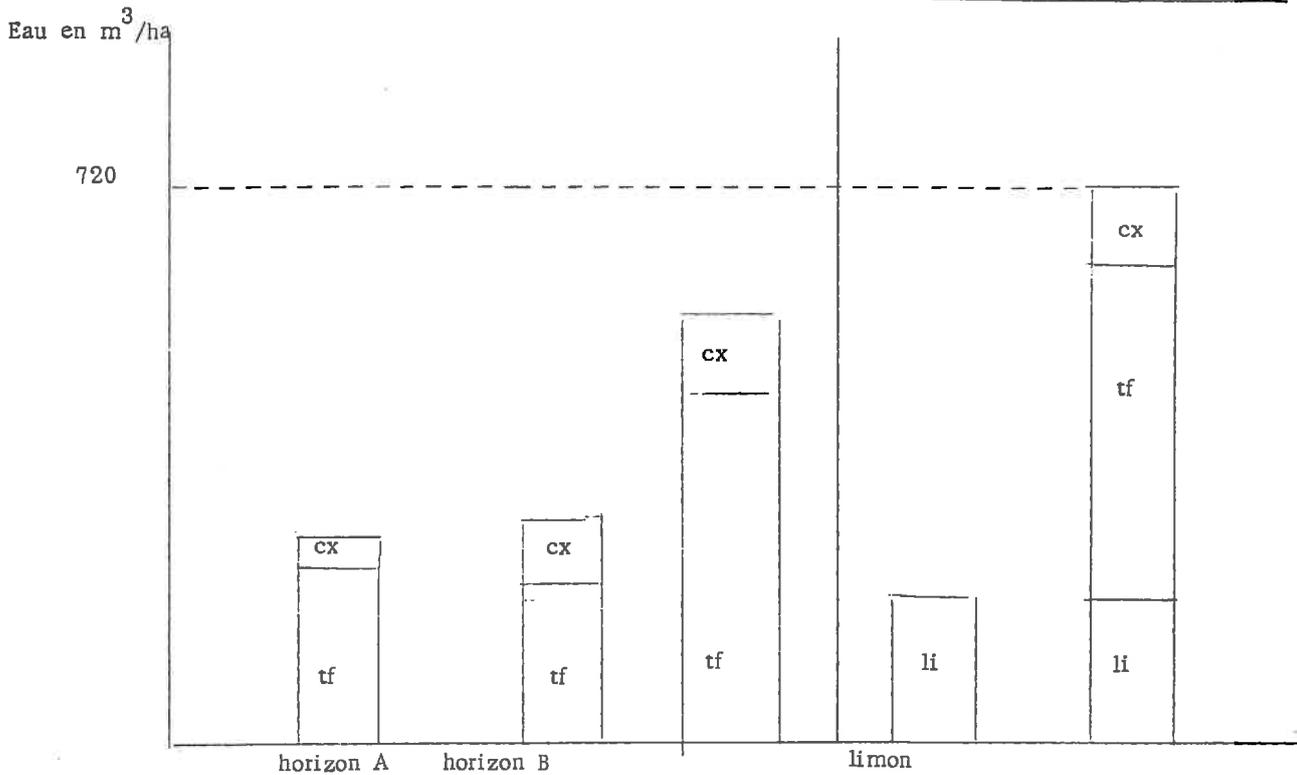
- la terre fine : 240 + 195 = 435 m³/ha/55 cm de sol.

Au total la réserve hydrique potentielle atteindrait 543 m³/ha/55 cm de sol au niveau des coussous.

2. Limons : (profil 29)

$$\text{RU} = 175 \text{ m}^3/\text{ha}/30 \text{ cm de sol}$$

Soit pour le profil complet : $175 + 543 = 718 \text{ m}^3/\text{ha}/85 \text{ cm de sol}$



COUSSOU

PRAIRIE

- SCHEMA RECAPITULATIF -

cx : cailloux.
tf : terre fine.
li : limons.

- Dans les prairies, l'épaisseur moyenne de limon varie en fonction de l'âge des parcelles : jusqu'à 40 cm pour les prairies de 40-45 ans.

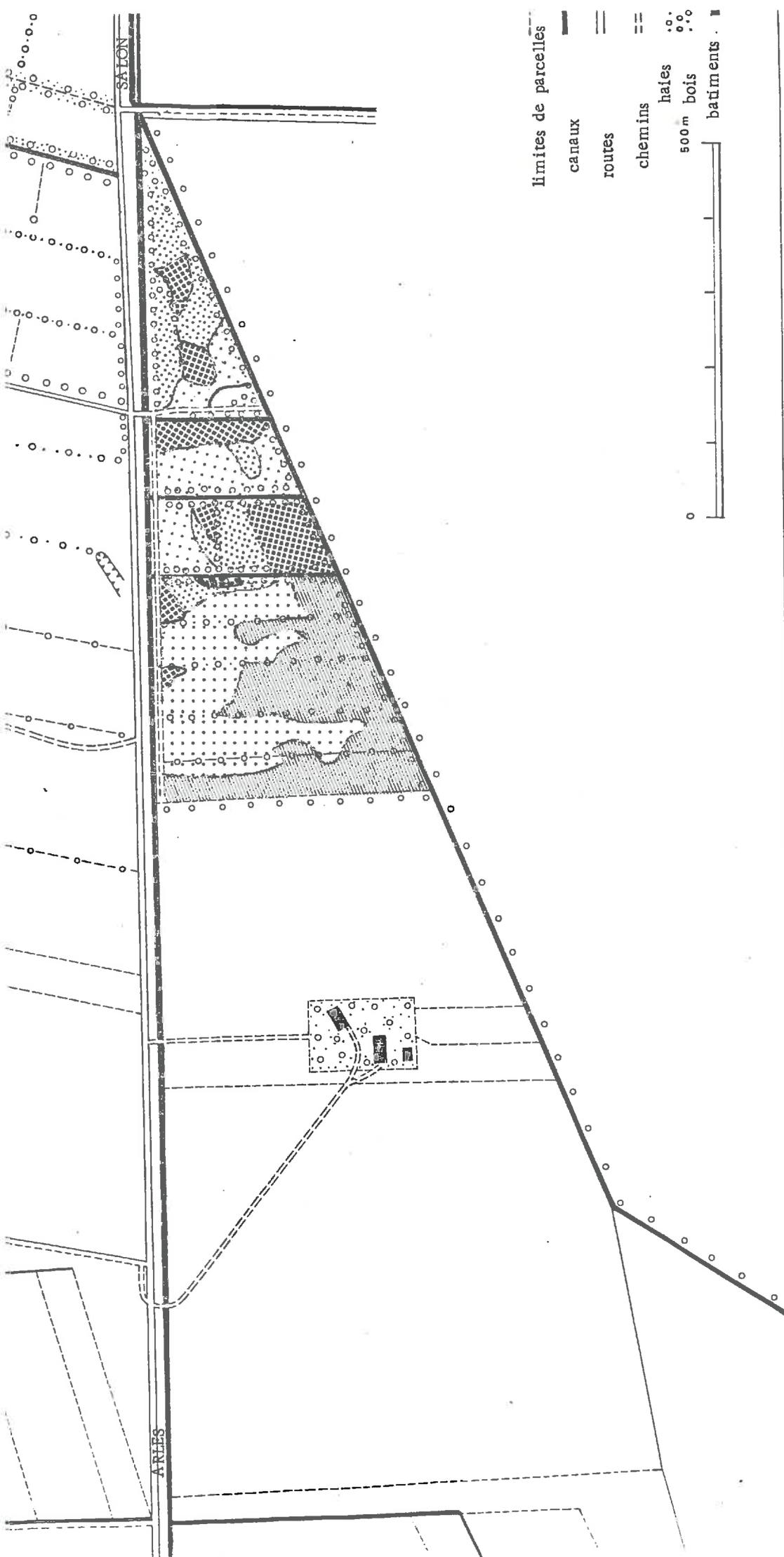
La répartition des limons est très inégale au niveau des parcelles. Elle peut varier de 40-45 cm à 15-20 cm selon l'éloignement par rapport aux rigoles d'irrigation (voir fig.8 et fig.15).

Dans les prairies récentes, le sol de Crau affleure par endroit. Ces observations liées à d'autres constatations sur la nature et l'état de la végétation, montrent une mauvaise répartition des eaux de submersion. Lors de l'irrigation de certaines parcelles, il est fréquent de voir des lames d'eau de 10 à 12 cm d'épaisseur sur le sol. Une amélioration de la gestion des eaux semble nécessaire. Ceci est d'autant plus important que si le développement agricole de la Crau s'intensifie rapidement, la demande en eau agricole va rapidement s'accroître.

Calcul du déficit hydrique : (SOLTNER 1980)

en Juillet-Août : Température moyenne mensuelle = 23°
Evaporation Piche = 160 mm

Donc ETP = $\alpha \cdot \lambda \cdot P$ (Formule de BOUCHET)



Limites de parcelles

- canaux
- routes
- == chemins
- haies
- 500 m bois
- batiments

▨ : 0 à 10 cm.
 ••••• : 10 à 25 cm.

••••• : 25 à 40 cm.
 ▨▨▨▨▨ : plus de 40 cm.

Figure 15 - Epaisseurs des limons -



- PARCELLE EN SUBMERSION - mauvaise répartition des eaux -

où P = évaporation Piche corrigé en mm

$$\alpha = 0,37$$

λ = correctif fonction de la température
ici = 4,03

D'où : ETP = 240 mm/mois

Pluviométrie moyenne = 30 mm

Le déficit pluviométrique mensuel = ETP - P = 210 mm

Or nous avons environ 700 m³/ha de réserve hydrique dans le sol soit 70 mm d'eau.

Il faudra par conséquent irriguer à raison de 3 arrosages par mois $\frac{210}{70}$, soit tous les 10 jours.

L'irrigation par submersion est à déconseiller, elle nécessiterait un renouvellement général des parcelles et un plus grand nombre de rigoles afin d'aménager des surfaces convenablement irriguées. Par contre l'irrigation par aspersion ou mieux répartie, en assurant une maîtrise totale de l'eau, devrait permettre un bon entretien de la réserve hydrique du sol.

3. FERTILITE GENERALE DES SOLS.

3.1 Les sols de prairie. (Horizon de surface)

Ils sont caractérisés par : (voir annexe A₂)

- une teneur en matière organique très élevée : 4 à 7 % (teneur moyenne sous climat méditerranéen : 2 %). Dans les horizons plus profonds, la teneur en matière organique retombe à des valeurs comprises entre 1,5 et 2 % .
- un C/N équilibré.
- une réserve d'azote organique importante (6000 kg/ha) soit environ 120 kg/ha/an d'azote minéralisable (taux de minéralisation = 2 %);
- le taux de P₂O₅ assimilable (méthode TRUOG - H₂SO₄ N/500) est de l'ordre de 150 ppm, soit 360 kg/ha pour 20 cm de sol. Ce taux est supérieur à la normale compte-tenu des taux d'argile (30 %) et de matière organique. On note pour certains échantillons des teneurs anormalement basses;
- les réserves potassiques sont insuffisantes;
- un taux de calcaire total relativement élevé. Mais le calcaire actif n'a pas été dosé;
- le pH est proche de la neutralité.

Dans l'ensemble ces sols sont très fertiles. On surveillera l'état calcique du sol, en veillant à ce que le pH ne varie pas. Les corrections à apporter ne concernent que les éléments K et P (Fumure phospho-potassique).

3.2 Les sols de coussou. (cf tableau analyses A2)

- la teneur en matière organique dans l'horizon A est élevée (2,5 %),
- le sol n'est pas calcaire,
- le C/N est équilibré,
- la quantité d'azote minéralisable est de l'ordre de 60 kg/ha/an. Donc deux fois moins que dans les sols précédents.
- la réserve en phosphate assimilable (méthode TRUOG) est très faible : 50 kg/ha,
- les réserves potassiques sont un peu plus élevées mais encore insuffisantes,
- le pH est neutre,
- la capacité d'échange étant faible (10 meq), il y aura intérêt en cas de mise en culture à apporter d'importantes quantités de fumure organique.

Une fumure phospho-potassique sera à envisager en cas de mise en culture.

Remarque : La mise en culture des sols de Crau vierges a entraîné une recalcification et même probablement une recalcarification due aux eaux d'irrigation.

CONCLUSION

1. VALIDITE DES METHODES EMPLOYEES :

- . La résistivimétrie s'est é vérée être très utile dans ces sols de Crau homogènes. Pour réaliser une cartographie de la profondeur du taparas, il serait nécessaire d'effectuer un quadrillage de la zone à sonder à raison de 50 à 100 points/ha; en utilisant la méthode du trainé de résistivimétrie, les électrodes seront montées sur un cadre en bois fixe, qu'il suffira de déplacer à chaque mesure, de plus elles seront écartées de 1 m l'une de l'autre.
- . Les mesures de densité à la sonde Troxler n'ont pas donné entière satisfaction, notamment pour les horizons de profondeur où les densités apparentes de la terre fine sont trop faibles. La mesure de l'humidité est réalisée par l'intermédiaire d'un comptage neutronique, où lorsque l'humidité est trop forte (20 %), les neutrons sont amortis rapidement à la sortie de la source, d'où une erreur réalisée sur le volume exploré.

En conséquence, l'utilisation du densitomètre à membrane est à envisager au MERLE.

2. PROBLEMES A APPROFONDIR.

- . Dans cette étude, la porosité des éléments grossiers, principalement des grès a été évaluée sommairement. Il reste donc à poursuivre cette étude pour apprécier leur intervention exacte dans la réserve hydrique des sols. Il serait intéressant d'étudier en particulier les conditions de restitution de l'eau par les cailloux.
- . L'implantation de sondes à neutron est nécessaire afin d'évaluer les teneurs en eau des sols in situ. Ces mesures permettront par la suite de mettre au point un système d'irrigation plus rationnel.

3. CONSEILS AGRONOMIQUES.

- Une mise en culture intensive ne devrait pas poser de problèmes, à condition :
 - . de prévoir un épierrage superficiel qui ne perturbe pas la structure du sol,

- . de ne pas casser le poudingue pour éviter de remonter des cailloux et des blocs à la surface, et afin d'éviter des filtrations exagérées (bien que le taparas soit perméable) qui entraîneraient les éléments fertilisants;
 - . de prévoir une forte fumure de fond principalement en acide phosphorique;
 - . de prévoir une irrigation par aspersion qui assurerait une bonne maîtrise de l'eau, mais le coût d'une telle installation pose bien sur un gros problème.
- Une intensification de la production fourragère sur coussou est aisément envisageable. Toutefois il serait souhaitable de connaître avec certitude les perspectives d'avenir de l'élevage ovin en Crau.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAMAYOU H. (1974) : L'eau et le sol. Cours photocopié ENSAM.
- COLOMB E. et ROUX R.M. (1978) : La Crau. Données nouvelles et interprétations. Géol. Médit. tome 5, n° 3 p. 303-324.
- COLOMB E. et ROUX R.M. (1980) : La Crau. 26ème Congrès Géologique International. Livret Guide G. 27, p. 83-90.
- GARNIER M. (1967) : Mémorial de la Météorologie Nationale. Climatologie de la France.
- GAUSSEN J.L. (1977) : Prospections géophysiques en Pédologie. Essais d'adaptation de quelques méthodes à la cartographie des sols. D.E.A. fédéral de Pédologie. INA.
- GOVERNET C., GUIEU G., ROUSSET C. (1971) : Guide géologique régional. Provence. Masson Edit.
- GRAS R., MONNIER G. (1963) : Contribution de certains éléments grossiers du sol à l'alimentation en eau des végétaux. INRA Versailles. Science du Sol n° 1, p. 13-20.
- GRAS R., MONNIER G. (1972) : Effets des éléments grossiers sur la dynamique de l'eau dans un sol sableux. Vol. 23, n° 2, pp. 197-237 - 247-314, 379-405.
- HESSE A. (1978) : Manuel de prospection géophysique appliquée à la reconnaissance archéologique. La prospection électrique. Université de Dijon. pp. 9-65.
- BONFILS P. (1967) : Méthodes d'analyses des sols. SES n° 91.
- LUC JP. (1979) : Ecoulements dans les milieux non saturés. Bilans hydriques. Photocopié ENSAM.
- MARY JP. (1980) : Incidence de la mise en valeur des terres de Camargue et de Crau sur l'élevage ovin local. DAA - ENSAM.
- MONOGRAPHIE et TRAVAUX de 1928 à 1966, (1967) : Domaine du Merle. Fondation Félix ABRAM. ENSAM.
- PICARD TH. (1901) : La Camargue. Etude stratigraphique de la région du Bas - Rhône. Appendice sur la Crau. pp. 56-62 - Nîmes.
- ROBERT M. (1975) : Etude de quelques sols de la Crau en relation avec la culture de la canne de Provence. D.E.A. USTL - Montpellier. pp. 1-38.
- SOCIETE du CANAL de PROVENCE et d'AMENAGEMENT de la Région PROVENCALE (1968) - Etude pédologique générale de la Crau. 1/100.000 D.D.A. Bouches du Rhône. pp. 1-40.
- SOLTNER D. (1980) : Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol.

- ANNEXES -

- A 1 - Description de profil .
- A 2 - Résultats des analyses.
- A 3 - Etude statistique - graphique.
- A 4 - Tableau blocométrique - profil moyen.
- A 5 - Compte rendu des travaux d'épierrage .
- A 6- Sondages électriques - graphiques.
- A 7 - Courbes de succion - humidité - (prairies et coussou .)

OPTION ENVIRONNEMENT

* CLIMAT--> STATION DE REFERENCE: LE MERLE-SALON DE PH PLUIE MOYENNE 640 MM/AN, 4 SAISONS.
 TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE 13 DEGRES C., INSOLATION: 2800 HEURES/AN * PEDOLOGIE--> COUVERTURE
 PEDOLOGIQUE CONTINUE PEU EPAISSE: SOLS PERSIALITIVES D'ALTERATION AVEC TRANSPORT * VEGETATION-->
 VEGETATION TRFS CLAIRES TAPIS VEGETAL UTILISATION PASTORALE FORMATION DOMINANTE: COUSSUOL * GEOLOGIE-->
 QUARZITE SOUS FORME DE PIERRES TROIS MATERIAUX QUARZITE GRES ROCHE CRISTALLINE GRENUE ULTRABASIQUE
 MATERIAU OU ROCHE DOMINANT: QUARZITE * GEOMORPHOLOGIE--> SURFACE PLANE A L'EGALE DU DECAMETRE PLAIN
 FLUVIALE TAXON DOMINANT: PLAINE ALLUVIALE PROFIL DANS UNE AIRE RECTILIGNE MILIEU STABLE * ENVIRONNEMENT
 HUMAIN--> FORMATION NATURELLE UTILISATION TRFS ANCIENNE PARCOURS PAR PETIT RETAIL PAS D'ASSAINISSEMENT
 AS D'IRRIGATION

OPTION SYNTHETIQUE

* FORMATION NATURELLE * CLASSIFICATION: PROFIL SESQUIOXYDIQUE A DRAINAGE NORMAL CLASSIFICATION
 FRANCAISE * SEQUENCE-HORIZONS: A8 * PROFONDEUR EXPLOITEE 55 CM JUSQU'A UN OBSTACLE PHYSIQUE PROFONDEUR
 EXPLOITABLE 55 CM * TEINTE GENERALE BRUN ROUGE * TEXTURE SABLEUSE A CHARGE TRFS GROSSIERE * TIEN
 STRUCTURE * PEU COMPACT * PERMEABLE * NOMBREUSES FACIES A DISTRIBUTION VERTICALE REGULIERE * PIERROSITE
 SUPERFICIELLE PROFONDEUR TRFS FAIBLE <50CM CHARGE GROSSIERE FORTE 30 A 60% * FIABILITE ED

OPTION DES HORIZONS

0 - 20 CM * IDENTIFICATION: * SEC * TEXTURE: SAL * MATIERES ORGANIQUES ABSENTE *
 EFFERVESCENCE NULLE * STRUCTURE: POLYEDRIQUE DE: 5 MM NETTE PEU COMPACT PEU FRAGILE * COULEUR DE
 HORIZON: 5YR5/4 * TRACES D'ACTIVITES A * FACIES NOMBREUSES DANS LES AGREGATS QUELCONQUES SAINES * PORES
 E L'AGREGATS TRFS NOMBREUX * POROSITE GLOBALE: POREUX * ELEMENTS GROSSIERS: 40 % PIERRES DE: QUARTZ
 ARRONDIS NON ALTERES DE: GRES DE: VARIOL * TRANSITION SUR: 5 CM IREGULIERE
 20 - 35 CM * IDENTIFICATION: * SEC * TEXTURE: SAL * MATIERES ORGANIQUES ABSENTE *
 EFFERVESCENCE NULLE * STRUCTURE: POLYEDRIQUE DE: 5 MM NETTE PEU COMPACT PEU FRAGILE * COULEUR DE
 HORIZON: 5YR5/4 * TRACES D'ACTIVITES A * FACIES NOMBREUSES DANS LES AGREGATS QUELCONQUES SAINES * PORES
 E L'AGREGATS TRFS NOMBREUX * POROSITE GLOBALE: POREUX * ELEMENTS GROSSIERS: 60 % PIERRES DE: QUARTZ
 ARRONDIS ALTERES ET PIERRES DE: GRES ARRONDIS ALTERES ET PIERRES DE: VARIOL ARRONDIS ALTERES * TRANSITION
 SUR: 5 CM ONDULEE
 35 - 55 CM * EFFERVESCENCE FORTE TRFS COMPACT * ELEMENTS SECONDAIRES: CALCIMAGNESIQUES
 TRFS ABONDANTS DURS CARBONATES EN DAILE * FACIES TRFS PEU NOMBREUSES DANS LES FISSURES SAINES * PORES DE
 L'AGREGATS PEU NOMBREUX * POROSITE GLOBALE: PEU POREUX * ELEMENTS GROSSIERS: 94 % PIERRES DE: QUARTZ
 ARRONDIS NON ALTERES ET PIERRES DE: GRES ARRONDIS NON ALTERES DE: VARIOL * TRANSITION SUPERIEURE A 1
 ETRE

REMARKS

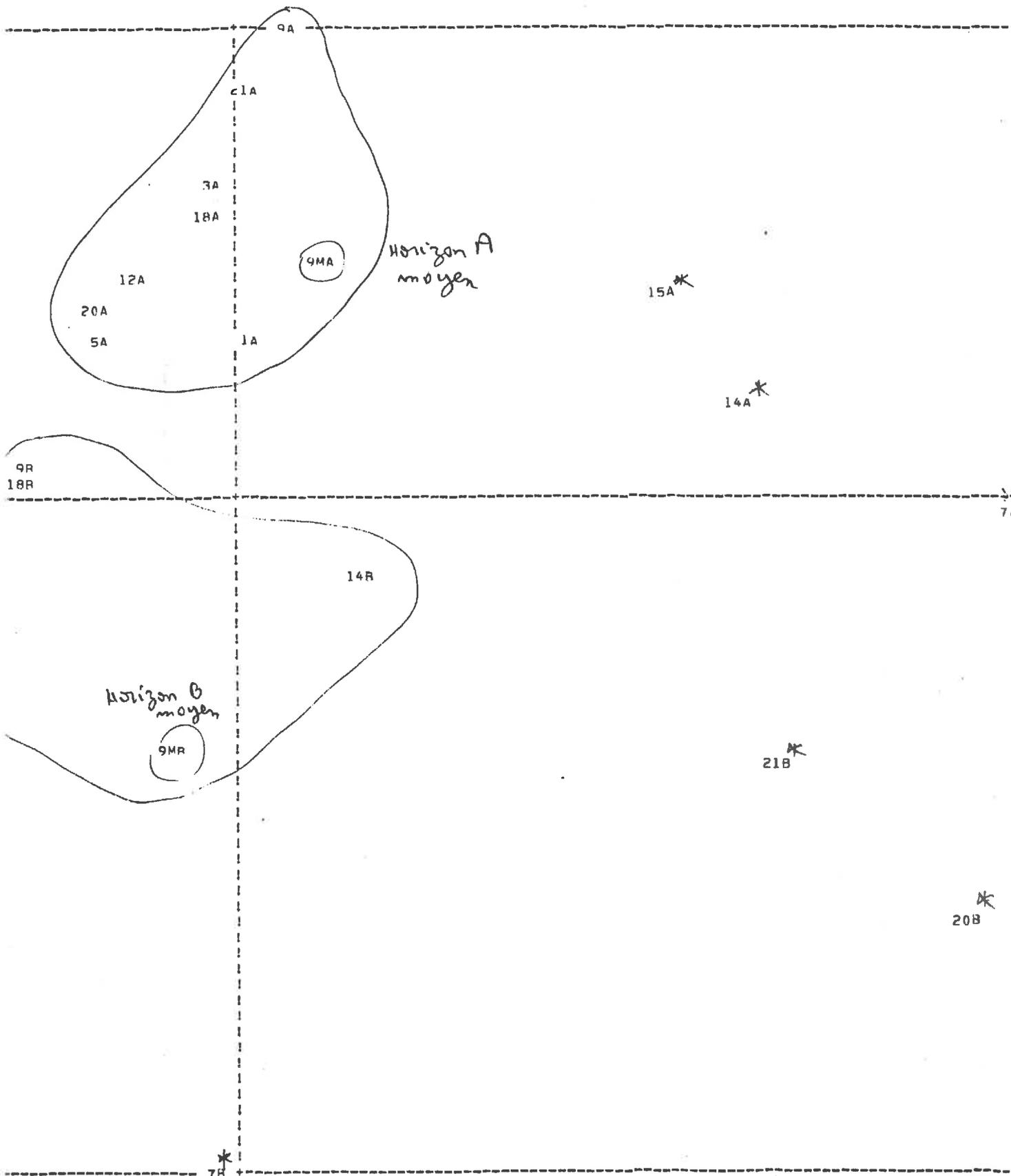
SOL PERSIALITIQUE SUR ENCROUTEMENT CALCAIRE TRFS INDURE (TAPARAS) * * *

PROFIL: 9
 ***** GRANULOMETRIE (EN %) ***** REFUS TEXTURE **CALCAIRE** PH
 PROFONDEURS A. LF. LG. SF. SG. A 2 MM TOT. % ACT. % (EAU)

PROFONDEURS	A.	LF.	LG.	SF.	SG.	REFUS A 2 MM	TEXTURE	**CALCAIRE**	PH
0 25	21.1	20.5	12.7	23.5	22.7		LAS		6.3
25 50	22.1	21.8	10.3	22.4	23.4		LAS		6.7

T.ORG. A70TE	C/N	***CATIONS	ECHANGEABLES (MEU)***	S	CAPACITE	S/T	FER (EN %)	LIB/TOT
N % P 1000		CA	MG K NA		ECHANGE		TOTAL LIBRE	
2.02 1.32	8.00	7.40	0.99 0.18 0.08	6.65	10.50	82		
1.36 0.97	8.10	9.20	0.71 0.12 0.06	10.09	11.40	88		

P205 (PPM)	ALUMINIUM	DENSITE	***HUMIDITE EN %**
TOTAL ASSIM.	ECHANG. LIBRE	APPARENT C. R.	M.E. P. F.
20			
10			



A4 - : TABLEAU BLOCOMÉTRIQUE - PROFIL MOYEN -

- HORIZON A -

classe	pourcentage massique	nature pétrographique (pourcentages massiques)					
		quartzites	grès	granites	variolites		
0	52%						
1	3						
2	5						
3	10	40	70,8	16,8	4,9	7,5	
4	9		85,6	8,1	1,2	5,1	
5	16		97	2	0	1	
6	5		100	0	0	0	
	100		87,8	7,2	1,6	3,4	% pétrogr. total.

- HORIZON B -

classe	pourcentage massique	nature pétrographique (pourcentages massiques)					
		quartzites	grès	granites	variolites		
0	34,2						
1	3,2						
2	7,8						
3	13,9	54,8	39,5	40,7	8	11,8	
4	15,1		51,2	32,8	6,7	9,3	
5	18,6		74,8	22,4	1	1,8	
6	7,2		100	0	0	0	
	100		62,9	26,6	4,1	6,4	% pétrogr. total

Le Merle, le 14 Avril 1981

--ANNEXE 5 --

TRAVAUX D'EPIERRAGE

A partir des études réalisées par le Laboratoire de Science du Sol, un certain nombre d'informations dont la charge en pierres et sa répartition dans le profil ont été communiquées à dix constructeurs de matériel de traitement des pierres. Un contact direct avait été établi avec eux au cours du SIMA 81 à Paris. Jusqu'à présent un seul constructeur a consenti à faire une journée d'essais de ses matériels au Domaine du Merle. Il s'agit de la firme KWERNELAND représenté dans la région par la SOPRODIMA à Sorgues.

-0-

Les itinéraires techniques mis en oeuvre sur le terrain avec trois machines :

- . un chisel lourd "non stop" 9 dents,
- . un groupeur de pierres,
- . un ramasseur chargeur

ont été les suivants :

1) SOL NON PREPARE, TRAVAIL DU GROUPEUR

La zone travaillée est débarassée des pierres de surface qui sont alignées sur le côté sous forme d'un andain. Les dents du groupeur, enfoncées en partie, butant sur les pierres dans l'horizon de surface font dévier souvent l'appareil qui est difficile à conduire. Un deuxième passage du terrain n'améliore pas l'état du terrain.

2) SOL PREPARE PAR DEUX PASSAGES D'UN CULTIVATEUR DE CONSTRUCTION LOCALE ET INTERVENANT A UNE PROFONDEUR DE 5 A 8 CM, TRAVAIL ENSUITE DU GROUPEUR.

Le groupeur travaille mieux, les dents pénètrent légèrement en profondeur mais de nombreuses pierres encore localisées dans l'horizon de surface restent en place. Un deuxième passage du groupeur n'améliore pas l'état du terrain.

3) TRAVAIL SUR LA PARCELLE D'ESSAI - cf PLAN

Le groupeur a fonctionné sur toute la parcelle à 1,2 km/h en réalisant des andains doubles d'environ 0,80 m de large et des planches épierrées d'environ 7 m de large. Le travail d'épierrage le plus poussé se trouve réalisé dans les planches 4, 5 et 6. La totalité des pierres (diamètre supérieur à 10 cm) est éliminée en surface et jusqu'à 10 cm de profondeur. Le sol est préparé en surface d'une façon homogène par les dents du groupeur. On crée par cette façon culturale un excellent lit de semences.

4) TRAVAIL AVEC LE CHARGEUR

Le chargeur a travaillé sur un andain double représentant 0,125 m³ de pierres au mètre linéaire. Dans ces conditions, l'avancement du matériel est très lent car de nombreux bourrages se produisent. Dans des zones où l'andain de pierres représente 0,05 à 0,07 m³ au mètre linéaire, le chargeur peut fonctionner d'une façon continue à environ 0,8 à 1 km/h. Une "noria" de remorques est nécessaire au débardage des pierres en dehors de la parcelle.

CONCLUSION

Le matériel KWERNELAND s'est montré opérationnel pour effectuer l'épierrage en Crau selon trois modalités :

1) EPIERRAGE DE PLANCHES DE 7 M DE LARGE SEPARÉES PAR DES ANDAINS DOUBLES

a) Epierrage minimum

- . 1 passage de chisel lourd à faible profondeur : 5 à 8 cm,
 - . 1 passage du groupeur
- Possibilité de semis à la volée sans autre préparation du sol.

b) Epierrage complet sur 10 cm de profondeur

- . 2 passages de chisel (croisés à 25°),
 - . 2 passages du groupeur.
- Possibilité de semis en ligne sans autre préparation du sol.

2) EPIERRAGE TOTAL SUR TOUTE LA SURFACE

- . 2 passages de chisel lourd (croisés à 25°),
- . 2 passages du groupeur et fabrication d'andains simples,
- . 1 passage du chargeur.

PARCELLE D'ESSAIS "KWERNELAND"

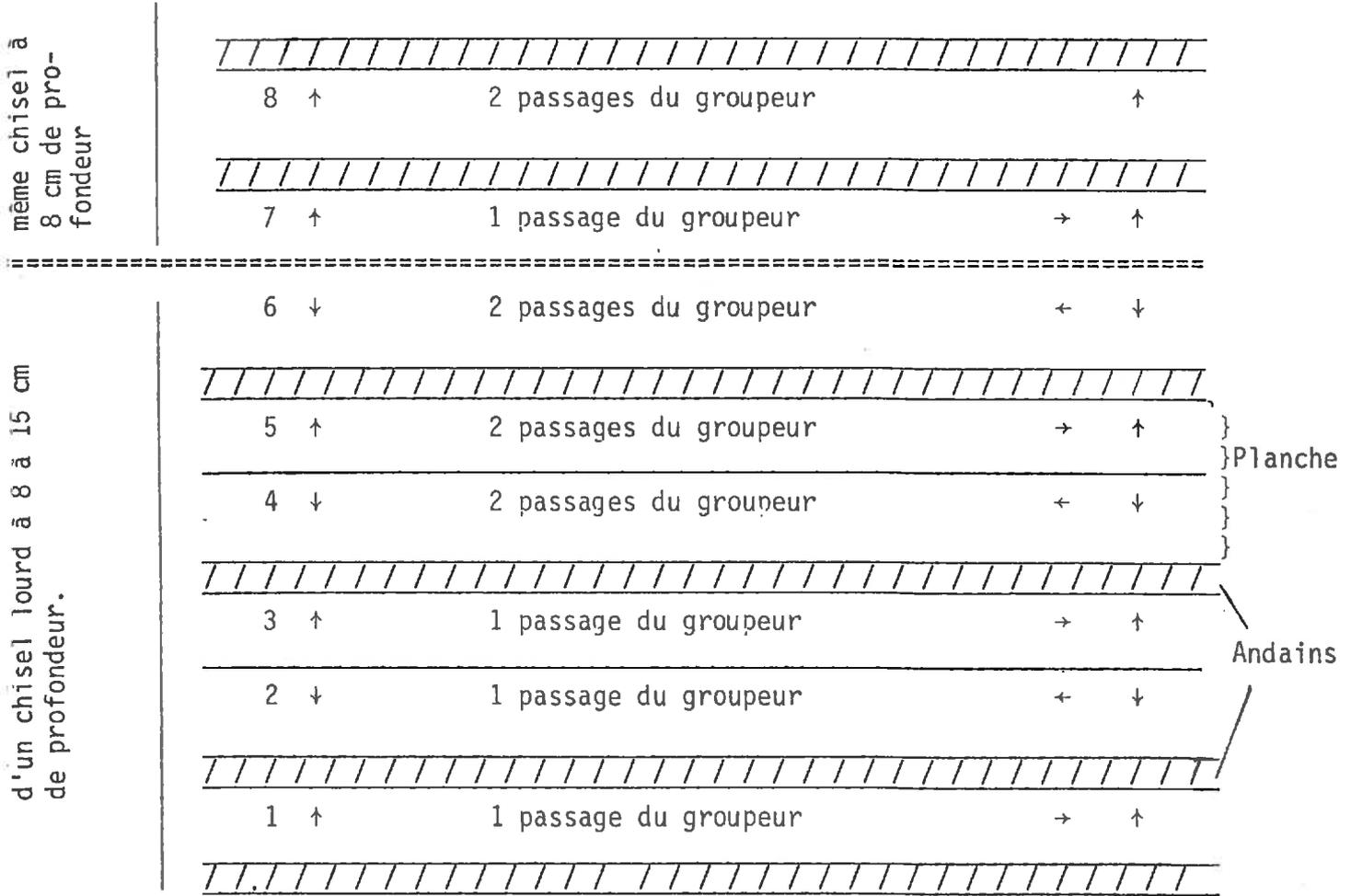


TABLEAU RECAPITULATIF POUR UN HECTARE A EPIERRER

		MATERIELS UTILISES	TEMPS HA	PUISSANCE DU MOTEUR NECESSAIRE (1)	CONSOMMATION DE FUEL PREVISIBLE (2)
Epierrage par blanches	Epierrage minimum	Chisel 1 passage	2 h	80 ch/h	40 kg/ha
		Groupeur 1 "	2,5 h	25 ch/h	15 kg/ha
	Epierrage complet	Chisel 2 passages	4 h	80 ch/h	80 kg/ha
		Groupeur 2 "	5 h	25 ch/h	30 kg/ha
		Chisel 2 passages	4 h	80 ch/h	80 kg/ha
		Groupeur 2 "	5 h	25 ch/h	30 kg/ha
Epierrage total		Chargeur 1 "	4 h	30 ch/h	30 kg/ha
		3 tracteurs avec remorques pour débardage	4 h chacun	40 ch/h	120 kg/ha

(1) La puissance indiquée est celle qui correspond à celle utilisée aux vitesses de travail des machines le jour des essais.

(2) CS = 250 g/ch/h

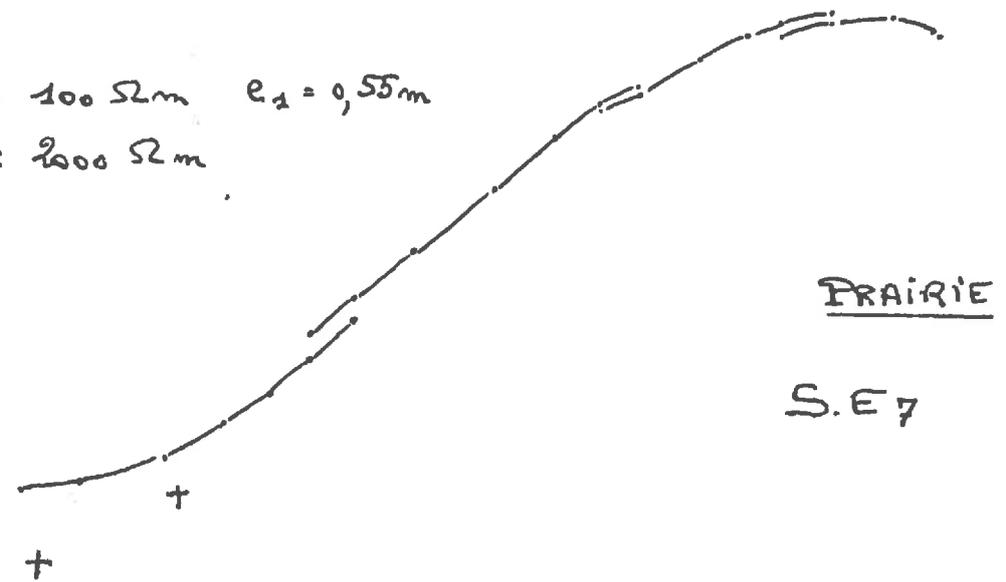
J.P. LUC

G. MANIERE

2m

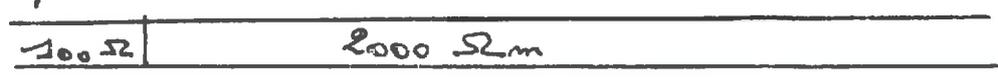
A 6

$\rho_1: 100 \Omega m$ $e_1 = 0,55 m$
 $\rho_2: 2000 \Omega m$



PRAIRIE

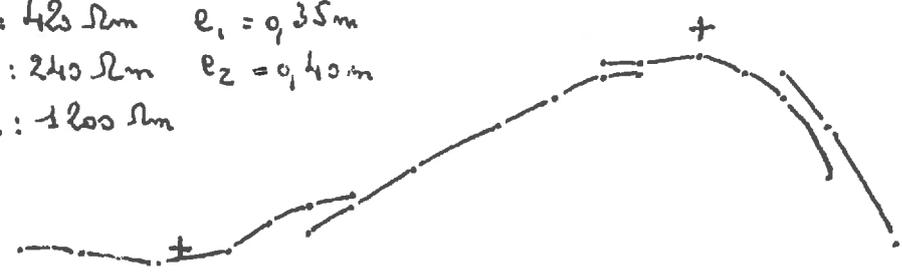
S.E. 7



$\frac{AB}{2}$
 100 m

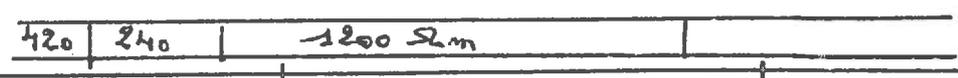
2m

$\rho_1: 420 \Omega m$ $e_1 = 0,35 m$
 $\rho_2: 240 \Omega m$ $e_2 = 0,40 m$
 $\rho_3: 1200 \Omega m$



COUSSOU

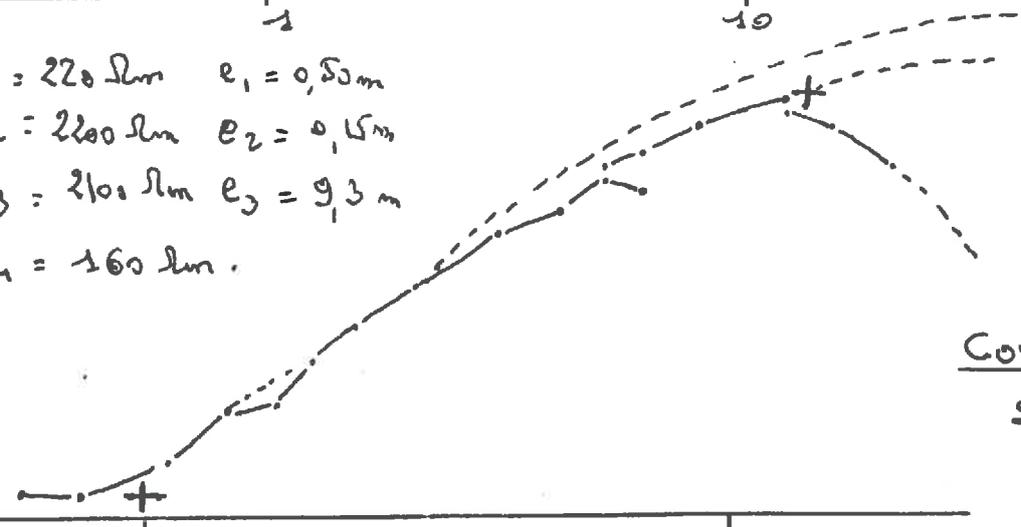
S.E. 4



$\frac{AB}{2}$
 100 m

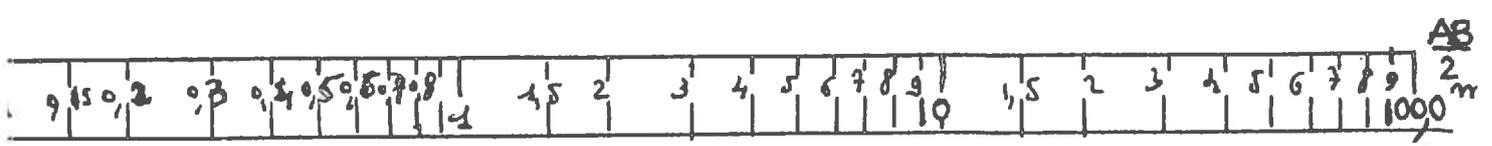
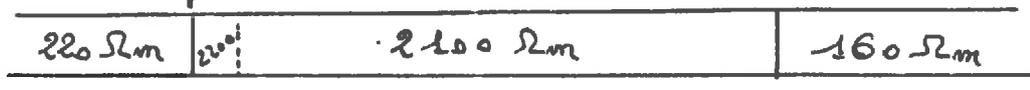
2m

$\rho_1: 220 \Omega m$ $e_1 = 0,50 m$
 $\rho_2: 2200 \Omega m$ $e_2 = 0,15 m$
 $\rho_3: 2100 \Omega m$ $e_3 = 9,3 m$
 $\rho_4: 160 \Omega m$

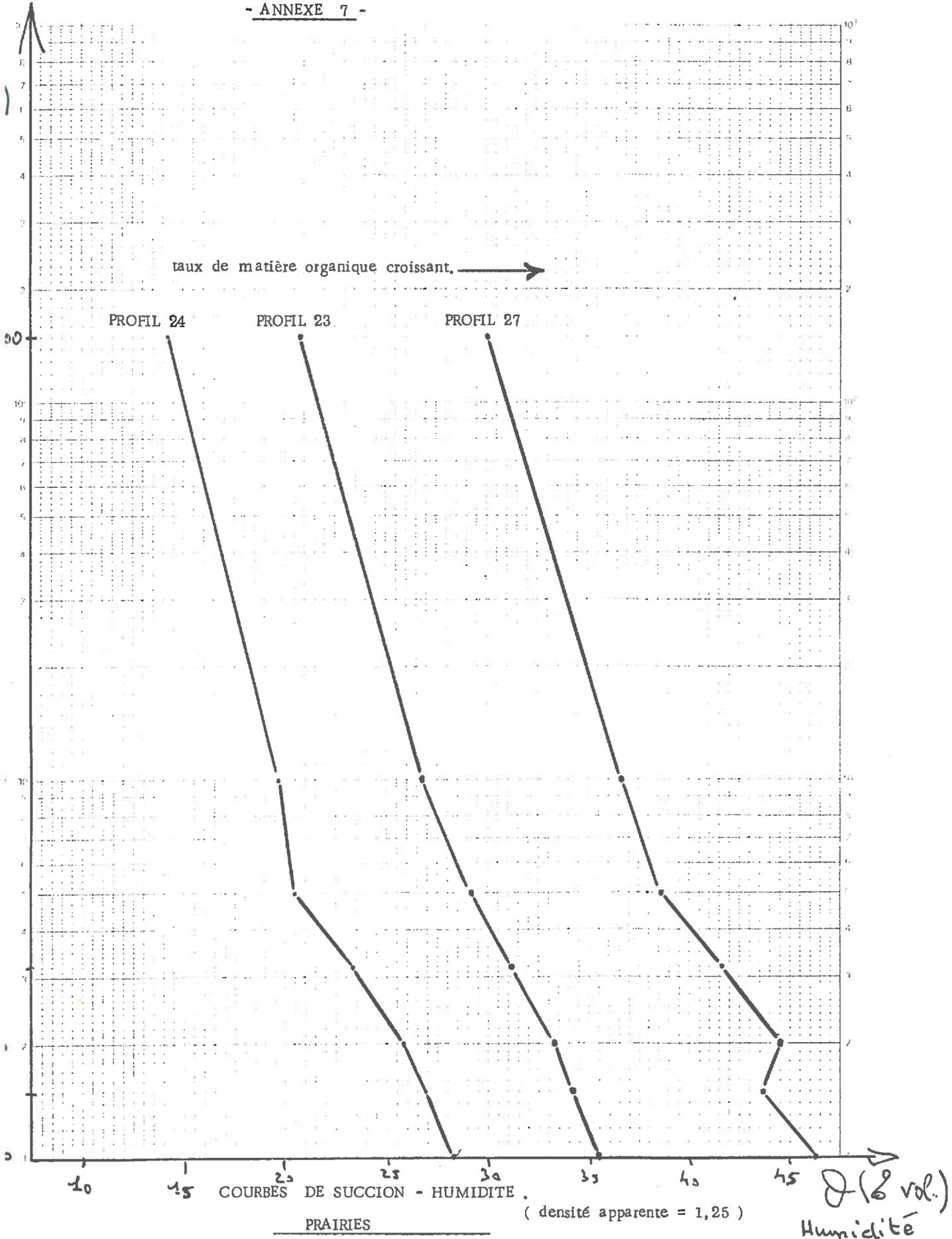


COUSSOU

S.E. 6

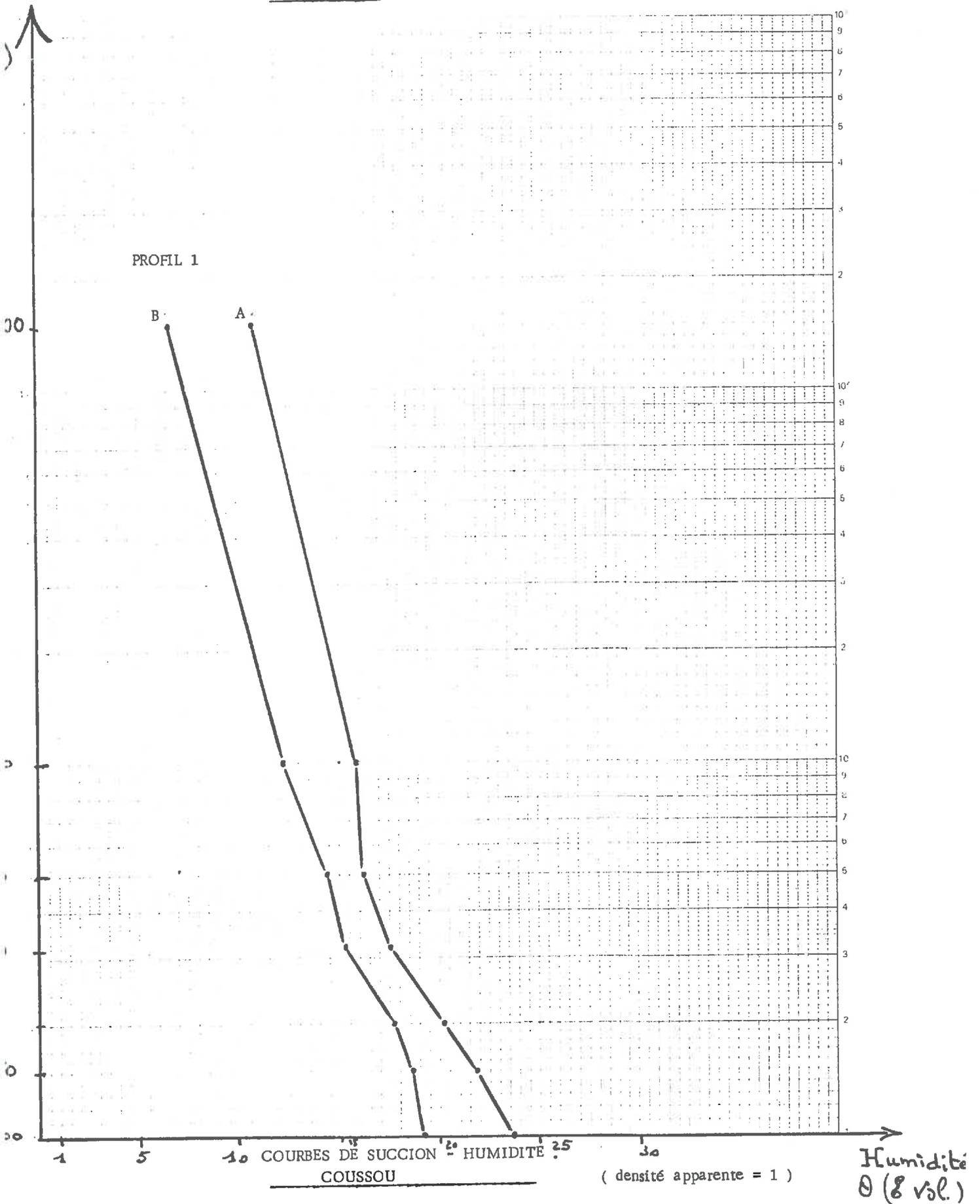


- ANNEXE 7 -



A 7 bis

- ANNEXE 7 bis -



CHAIRE DE SCIENCE DU SOL

D.E.A. Agronomie - Pédologie
D.A.A. Science du sol - Aménagement

Mémoires 1980 - 1981

- ANDRIEUX Patrick : Etude du sol du Domaine du Merle. Méthodes et premiers résultats.
- ARRISTEGUI Marc : Etude de différents types de préparation du sol avant plantation d'un verger d'agrumes en Haute Volta.
- AUGE Gérard : Etude pédologique du Domaine INRA de Mauguio.
Apports complémentaires de résistivimétrie.
Télétection et micromorphologie.
- BANTON Olivier : Etude pédologique de la cuvette de Conqueyrac (Gard)
Incidences prévisibles des submersions sur les sols et les cultures
- BRIDIER Michel : Etude d'un réseau de drainage en sols argileux hydromorphes et salés (Lansargues - 34)
Approche méthodologique. Références technologiques.
- CHEVRIER Luc : Contribution à l'étude du fonctionnement hydrique des sols à nappe de la haute vallée du Rhône.
Application au secteur de La Balme (Savoie)
- FOREL Sylvie : Dynamique de l'eau dans un sol de verger en fonction des techniques culturales.
- KOLSI Naïma : Influence du drainage sur la salure en sol halomorphe.
Un exemple dans la plaine de Mauguio (Domaine de la Tartuguière).
- MIGNARD Eric : Des méthodes de la thermodynamique des processus irréversibles. Applications actuelles et possibilités d'application dans le domaine de la Science du Sol.
- MEYER Michel-Roger : Eléments d'analyse géo-pédologique du domaine expérimental de Coulondres (St-Gély-du-Fesc - 34) Premiers résultats.
- VALONY Marie-Jeanne : Contribution à l'étude du transfert du chlorure de potassium dans un sol ferrallitique à drainage rapide. Influence de l'apport de matière organique.

LISTE DES DIPLOMES D'ETUDES APPROFONDIES AGRONOMIE OPTION PEDOLOGIE
ET DES DIPLOMES D'AGRONOMIE APPROFONDIE SCIENCE DU SOL ET AMENAGEMENT

1968

- | | |
|---|---|
| Evaluation de l'eau utile en sols calcaires | P. BONFILS
D. E. A. Montpellier 1968 |
| Les sols des terrasses de l'Isle dans la région de Mussidan (Dordogne). Remarques sur la caractérisation et la cartographie des sols lessivés | JC. FAVROT
D. E. A. Montpellier 1968 |
| Détermination des argiles par diffractométrie aux rayons X. Principe, technique et quelques applications. | JP. LEGRYS
D. E. A. Montpellier 1968 |
| Influence de la roche-mère sur la texture des sols des Causses de Roquefort | B. NAERT
D. E. A. Montpellier 1968 |
| Etude pédologique de la Vallée de l'Ornon (Maine et Loire) | J. SERVANT
D. E. A. Montpellier 1968 |

1969

- | | |
|---|--|
| Les sols rouges des terrasses du Confluent Rhône-Isère | M. BORNAND
D. E. A. Montpellier 1969 |
| Adaptation d'un appareil d'ondes ultra-soniques à l'analyse granulométrique de série | M. CADILLON
D. E. A. Montpellier 1969 |
| Caractéristiques des sols noirs développés sur les terrasses des gaves pyrénéens | G. CALLOT
D. E. A. Montpellier 1969 |
| Caractéristiques granulométriques et sédimentologiques des sols sur limon de la Valloire. Méthodes d'étude. Résultats et interprétation | P. FAVREAU
D. E. A. Montpellier 1969 |
| Caractérisation granulométrique et analyse chimique de quelques sols développés sur matériaux mio-pliocènes en Sologne bourbonnaise | F. LOUÏRY
D. E. A. Montpellier 1969 |
| Prospection pédologique dans la région de Gardonne | M. RAYMOND
D. E. A. Montpellier 1969 |

1970

- Caractérisation micro-morphologique des horizons B des sols rouges développés sur quelques formations fluviatiles et glaciaires de la basse Vallée. Méthodes d'étude. Résultats et interprétation. JJ. BRET
D. E. A. Montpellier 1970
- Etudes des propriétés physiques des andosols et sols andiques. Recherche de corrélations entre les propriétés mécaniques et la rétention de l'eau B. CLEMENT
D. E. A. Montpellier 1970
- Etudes des propriétés physiques des andosols et sols andiques. Recherche de corrélations simples entre la granulométrie, la densité apparente et les propriétés hydriques JM. KALMS
D. E. A. Montpellier 1970
- Caractérisation sédimentologique des sols de bouldiers des terrasses de la Garonne et des sols colluviaux de Save et du Lauragais V. PATAZIAN
D. E. A. Montpellier 1970

1971

- Etude d'une poche d'argile rouge sur le Causse Comtal. Aspect morphologique, micromorphologique et physico-chimique M. BATAILLE
D. E. A. Montpellier 1971.
- Evolution et migration du manganèse dans les sols de rizières en Camargue. Essai d'étude d'un cycle annuel JC. GERMON
D. E. A. Montpellier 1971
- Comparaison de différentes méthodes de mesure de la perméabilité et de la densité apparente du sol J. FANET
D. E. A. Montpellier 1971
- Etude de l'évolution de la structure du sol en fonction du compactage P. LANGELLIER
D. E. A. Montpellier 1971
- Installation d'une station expérimentale en vue de la comparaison de quatre méthodes de mesure sur l'humidité du sol JP. LUC
D. E. A. Montpellier 1971
- Détermination de la capacité par la méthode Dolgov. Application aux sols calcaires JM. MOUSSARD
D. E. A. Montpellier 1971
- Etude d'une séquence évolutive sur loess dans la région de Vienne (Isère) G. TROUCHE
D. E. A. Montpellier 1971
- Caractérisation hyrique de deux types de sols alluviaux et utilisation de leur réserve en eau par des cultures fourragères C. DANCETTE
D. E. A. Montpellier 1971

1972

- Etude de la stabilité structurale de quelques sols sur basaltes (Plateau du Courot.)
H. CHARVE
D. E. A. Montpellier 1972
- Contribution à l'étude des taches de salant en France irriguée. Caractéristique des sols et des nappes : variations saisonnières de la salinité
Th. CHOHAN
D. E. A. Montpellier 1972
- Plan et évolution des éléments biogènes contenus dans les précipitations percolant à travers le sol d'une forêt de chêne vert
R. DJALALI
D. E. A. Montpellier 1972
- Bilans hydriques au cours de la période végétative de deux cultures irriguées (Maïs et céleri)
JF. GALBAN
D. E. A. Montpellier 1972
- Détermination des densités apparentes de la station d'hydrologie de l'ENSAM, à l'aide d'un gamma-densimètre de profondeur
M. WAREMBOURG
D. E. A. Montpellier 1972

1973

- Mise au point d'une méthode de dosage du carbone organique du CO₂ et des bicarbonates dans les solutions du sol.
F. AL ZAHAWI
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude de l'apparition d'une carence potassique dans un sol ferrallitique sur granite
JP. CABANETTES
D. E. A. Montpellier 1973
- Contribution à l'étude des conséquences sur le sol et l'enracinement d'un localisateur d'engrais solides, à effet compactant, sur vigne en "non culture" totale.
M. CARITEY
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude de la saure de certains sols du périmètre irrigué du Bas Mangoky (Madagascar)
M. CRETENET
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude minéralogique de quelques faciès calcaires des Charentes et de leur altération
D. DELAIGUE
D. E. A. Montpellier 1973
- Utilisation des documents de la télédétection et de la technique des équidensités pour la cartographie des sols (région de Frontignan)
JL. LEVAL
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude de l'activité biologique d'une série altitudinale du Massif de l'Aigoual
P. DOUARCHE
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude des complexes fer-matière organique de quelques sols en voie de podzolisation de l'étage montagnard des Cévennes
C. FUENTES
D. E. A. Montpellier 1973

1973

- Le drainage des sols limoneux hydromorphes
D. HUMBERT
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude des bilans hydriques au niveau d'un bassin versant
A. LAUZERAL
D. E. A. Montpellier 1973
- L'aluminium dans les sols acides. Etude bibliographique et application aux sols du massif du Mont Aigoual
A. PEYRONNEL
D. E. A. Montpellier 1973
- Etude minéralogique de quelques faciès d'altération de calcaires marneux et détritiques à St-Martin de Londres
B-M. SOUMET
D. E. A. Montpellier 1973

1974

- Etude à grande échelle d'une parcelle expérimentale en Camargue : caractéristiques pédologiques et salinité
G. CHERON
D. E. A. Montpellier 1974
- Comparaison des courbes succions humidité obtenues sur un même sol par trois méthodes
P. DIERICKX
D. E. A. Montpellier 1974
- Essai d'évaluation de la perméabilité à partir de mesures de porosité sur plaques minces de sol et sur courbes succions-humidité
A. HACHELAF
D. E. A. Montpellier 1974
- Etude des caractéristiques hydrodynamiques des cases lysimétriques de Bel-Air
M. SKAF
D. E. A. Montpellier 1974
- Les méthodes d'analyses des éléments fertilisants dans les sols et les plantes : application à l'étude détaillée d'une parcelle expérimentale de Camargue
S. DIARRASSOUBA
D. E. A. Montpellier 1974

1975

- Détermination de l'aptitude au défrichement du domaine de Nyamahuye dans la garrigue de Cour-novet (Hérault)
Th. FOULARD
D. E. A. Montpellier 1975
- Etude des défrichements et de la mise en valeur des garrigues dans la région montpelliéraine
L. PIERMONT
D. E. A. Montpellier 1975
- Contribution à l'étude des mouvements de l'eau sous végétation, profils racinaires
B. VASSEUR
D. E. A. Montpellier 1975
- Etude de la salinité par la méthode des bougies poreuses : application à deux stations de Camargue
B. LATOUR
D. E. A. Montpellier 1975

1975 (suite)

- Contribution à l'étude des mouvements de l'eau
sous végétation : profils de potentiel hydrique
C. MORIN
D. E. A. Montpellier 1975
- Etude microscopique de croûtes et d'encroûtements
calcaires dans la région de Montpellier
F. A. MONBIELA
D. E. A. Montpellier 1975
- Etude de quelques sols de la Crau, en relation avec
la culture de la Canne de Provence
M. ROBERT
D. E. A. Montpellier 1975
- Le bilan organique des terres : revue générale et
exemple des sols défrichés dans le Parc Régional
Naturel du Pilat
C. MORIN
D. E. A. Montpellier 1975

1976

- Relations entre la matière organique des sols et le
milieu de Haute Montagne dans le Parc National
des Pyrénées
Y. M. CABIDOCHÉ
D. E. A. Montpellier 1976
- Contribution à l'étude des Andosols de l'escandorgue.
Prélèvement et dosage des substances minérales hy-
drosolubles.
H. DURNERIN
D. E. A. Montpellier 1976
- Contribution à l'étude des fractions solubles de l'hu-
mus et des complexes organo-minéraux dans les
Andosols du Massif Central
I. CABIDOCHÉ
D. E. A. Montpellier 1976
- Relations entre statut phosphorique et carence phos-
phatée dans quelques sols tropicaux.
J. RAUX
D. E. A. Montpellier 1976
- Première contribution à l'étude de l'influence des
matières organiques sur le comportement au com-
pactage des sols.
J. GUERIF
D. E. A. Montpellier 1976
- Influence d'apports combinés d'azote et de paille
sur le statut azoté d'un sol ferrallitique malgache
C. LONGUEVAL
D. E. A. Montpellier 1976
- Utilisation simultanée du phosphate naturel et du
soufre pour la fertilisation des sols à faible acidité
en milieu tropical
Y. YAWOWI
D. E. A. Montpellier 1976
- Influence du pH du sol sur l'efficacité des phosphates
naturels d'Afrique de l'Ouest
TRAORE
D. E. A. Montpellier 1976
- Détermination des caractéristiques hydrodynamiques
d'un site par des méthodes de laboratoire et de ter-
rain (sonde à neutron et tensiomètres)
GUILLAUME
D. E. A. Montpellier 1976
- Choix et mise au point d'un matériel destiné à la
mesure des caractéristiques hydrodynamiques d'un
site.
T. COULON
D. E. A. Montpellier 1976

- Quelques aspects sur l'altération des schistes et leur rapport avec la rubéfaction dans la région des Albères. F. Q. de BARROS AGUIAR
- Essais d'appréciation de la fertilité des sols de quelques sols tropicaux en fonction de leurs pédogénèses et de leurs caractéristiques physico-chimiques. J. M. AILLOUON
- Approche de la dynamique du phosphore et de l'azote dans deux principaux sols vivriers des Comores. AH HARIBOU
- Etude du lessivage du chlorure de sodium en case lysimétrique. J. L. BIEDERMANN
- Essai de mesure d'humidité volumétrique par la méthode neutronique dans le vignoble du Minervois et du Biterrois.
1ère partie : Choix des sites d'implantation des tubes.
2è partie : Méthode de mesure et premiers résultats D. RATONNAT
R. RUSPINI
- Origine et fonctionnement d'une tache de salant en Camargue : utilisation d'une méthode électrique de mesure in situ de la salinité. A. Y. LE DAIN
- Contribution à l'étude du problème de la prise en masse d'un sol sableux de la zone tropicale sèche Ouest Africaine. G. SPECKLIN
- Problèmes posés par la présence de cailloux dans la détermination des caractéristiques hydrodynamiques des sols. D. RANC
- Introduction à l'étude statistique de la notion de province pédologique. M. POURGATON

- DUJGE Bernard : "Analyse cartographique de diverses situations chlorosantes en relation avec la dynamique de l'eau dans le sol".
- CHOURAICHI Mustapha : "Mesure - in situ - de l'humidité du sol: Utilisation de la méthode neutronique".
- DUBOS Bernard : "Contribution à l'étude des incidences de l'épandage de vinasses sur les sols".
- DANY J.P. : "Essai d'adaptation du GAMMADENSIMETRE TROXLER 3411" à la mesure de la densité apparente des sols (en annexe Manuel d'instructions).
- LE TREUT Véronique : "Contribution à l'étude des terrains halomorphes de la dépression du Volcan d'Agde".
- LEYMONIE J.P. : "Evolution comparée du complexe organo-minéral de sols cultivés et non cultivés sur une planèze basaltique de l'Ouest du Cantal".
- MANGOLD P. : "Etude des potentialités agricoles de la Commune de MAUGUIO".
- MANTILLA G. : "Essai de fractionnement des composés organiques et comparaison des méthodes de dosage du carbone".
- MUBAHAMMOU Saïd : "Etude bibliographique sur le choix et les modalités du drainage agricole. Cas des sols sensibles aux colmatages, des sols lourds et des sols salés".
- MABIB R. : "Absorption du ^{32}P dans le cadre d'un essai d'irrigation localisée sur verger de pommiers".
- VERBEQUE B. : "Contribution à l'étude des minéraux argileux et de leur cortège ionique dans une séquence volcano-lagunaire sur le versant oriental du volcan d'Agde".
- VIALLES J.C. : "Comparaison d'enregistrements photographiques et scanners sur la mission du Montpellierais 1977. Intérêt relatif des différents domaines spectraux visibles et infrarouge".
- JAILLARD Benoît : "Contribution au calcul des bilans hydriques sur la Station d'Hydrogéologie de l'E.N.S.A.M.
- SARR Papa Léopold : "Evolution de la fertilité azotée d'un sol rouge de plateau de Casamance sous l'effet des systèmes de culture".
- SEZE Olivier : "Etude du lessivage du phosphore et du potassium en case lysimétrique".

1979

- COLLET Christophe : Aménagement du milieu naturel, analyse du système SESAME, application à l'étude des potentialités édaphiques d'une région française - DAA
- FANDOS Mariano : Evaluation des possibilités de simulation et de perception d'un objet en image scanner - DAA
- GLICKMAN : Contribution à l'étude des épandages de vinasses de distilleries vinicoles - DAA
- HIEN Victor : Rôle de la matière organique libre dans la fertilité d'un sol ferrugineux tropical de Haute Volta - DEA
- MONTET Michel : Etude de l'influence du mode de conduite de la vigne sur l'état physique du sol et l'enracinement dans le cadre d'un essai de fertilisation.- DAA
- SATTLER Pierre : Relations entre certaines propriétés physiques et chimiques du sol et son comportement hydrique au niveau parcellaire - DAA.

1980

- Mlle Françoise MRESSE : Stabilisation des talus routiers par végétalisation naturelle.
DAA + DEA Influence des "Sols" et des matériaux meubles.
- Jean-Maurice MEREL : Etude méthodologique de données Scanner pour la cartographie
DAA + DEA des sols sur le secteur test de Launac (Hérault).
- Zoheir ABBASSI : Essai d'absorption-désorption de phosphates sur des granulats
Ingénieur Agronome de pouzzolane et de tuf zéolitique.
(ALEP - Syrie)
DEA
- Bachir DRIDI : Contribution à l'étude hydrodynamique de sols sableux cultivés
DEA Caractérisation physique.
- Hailé ABRAHA : Les modifications de la capacité d'échange cationique (CEC)
DEA effective de quelques sols tropicaux induites par l'application du phosphore.
- Noël PITON : Contribution à l'étude hydrodynamique de sols sableux cultivés.
DAA-DEA Fonctionnement hydrodynamique.
- J.C. BOTTRAUD : Relations entre la composition micromorphologique des tourbes
DAA-DEA et leurs comportement hydrique mécanique et physico-chimique.
- Sami-Soumana OUATTARA : Etude critique d'une banque de données (S.T.I.P.A.).
DEA Adaptation aux conditions africaines.
- Nabih KHATIB : Contribution à l'étude des sols de la région d'Homs (Syrie)
DEA