

Chapitre trois

Apperçu sur la végétation

Sous l'angle d'un inventaire sommaire de la végétation, le secteur étudié peut être découpé en deux zones :

- Zones cultivées
- Zones incultes

1 - ZONES CULTIVÉES

1-1 - CULTURES

Dans la zone cultivée, la vigne domine largement.

Elle est cultivée sur des types de sols divers et des reliefs divers : par exemple sur les sols très jeunes des formations éocènes et même sur les marnes meubles, si bien qu'on peut dire que partout où les engins agricoles et l'homme ont accès, on cultive la vigne.

Ce sont, en effet, les conditions excessives du climat de la région qui ont conduit à la culture quasi exclusive de la vigne, quelques soient les sols et les reliefs. Elle est très bien adaptée au climat du secteur ; de plus elle est d'un bon rapport, car les cépages sont de bonne qualité et ont permis la délimitation d'une zone de V.D.Q.S. dite : du Minervois et des Corbières.

Nous avons également rencontré quelques vergers de pommiers, (50 ha environ) cultivés dans les communes de Tourouzelle et Escales, d'oliviers, et d'amandiers.

On cultive aussi quelques hectares en céréales et des cultures maraichères destinées à la consommation familiale.

L'introduction de l'irrigation modifiera évidemment les données du problème : comme nous le verrons (en 4ème partie : 3-1), le programme cultural sera transformé et des possibilités nouvelles seront ouvertes à l'agriculture.

1-2 - VÉGÉTATION SPONTANÉE DES ZONES CULTIVÉES

Les principales espèces végétales naturelles, formant une strate herbacée, sont les suivantes :

Daucus carota	* <u>Plantago lanceolata</u>
Aster trifolium	* <u>Plantago coronopus</u>
* <u>Agropyrum campestre</u>	Convolvulus arvensis
Linaria spuria	Cirsium arvense
Rumex crispus	Cynodon dactylon
Helminthia echioides	Diploaxis eruroides
Inula viscosa	Euphorbia serrata
* <u>Sueda fruticosa</u>	Chenopodium botrys
Atriplex hastata	

2 - ZONES INCULTES

La végétation naturelle se trouve localisée essentiellement sur les massifs de Tourouzelle et de Lézignan, ainsi que dans la partie occidentale du secteur (zones de basses collines).

On y observe une végétation de garrigue (ligneuse basse, complexe herbacé), composée de pins d'Alep, Genista, lavande, thymus, Brachypodium; caractéristique d'une végétation xérophile à feuilles coriaces et épineuses.

Des efforts de reboisement ont été entrepris ; ainsi on trouve de nombreuses pinèdes sur les collines.

La végétation naturelle est grosso-modo en relation avec le relief et les affleurements du substratum :

* Végétation des surfaces salées et hydromorphisées.

. Sur les grès calcaires de l'Eocène du massif de Lézignan, on rencontre des surfaces tabulaires qui sont recouvertes surtout par la pelouse à Brachypode.

. Sur les marnes plus ou moins indurées et les poudingues, des pins rabougris, des chênes Kermès et sur les marnes meubles des bois de pins.

. Les zones de bad-land, souvent dépourvues de végétation continue, portent parfois des associations végétales du type xérophile.

Nous avons rencontré les espèces dominantes suivantes dans l'ensemble des zones incultes du secteur (Arbres, arbrisseau et lingueuses basses).

Quercus coccifera	Santolina chamaecyparissus
Quercus ilex	
Pinus halepensis	Carlina sp
Pinus silvestris	
Juniperus occicedus	Cuscuta sp
Genista scorpius	Stehlina dubia
Lavandula latifolia	
Brachypodium ramosum	Festuca sp
Leuzea canifera	
Thymus vulgaris	Helichrysum stoechas
Koeleria sp.	

D E U X I E M E P A R T I E



deuxième partie

P E D O L O G I E

ch a p i t r e p r e m i e r

G é n é r a l i t é s e t m é t h o d e s

1 - GENERALITES	
1-1 - Prospection cartographique des sols : principes et objectifs	32
1-2 - Documents de base	33
2 - METHODES DE TRAVAIL UTILISEES	
2-1 - Travail sur le terrain	35
2-1-1 Critères physico-chimiques	35
2-1-2 Critères morphologiques	36
2-1-3 Implantation des sondages	38
2-1-4 Ouverture de la tranchée d'observation	38
2-1-5 Observation du profil et prélèvement des échantillons	39
2-2 - Travail au laboratoire	
2-2-1 Analyses hydrodynamiques et physiques	
2-2-1-1 Analyses granulométriques	41
2-2-1-2 Détermination de la vitesse de filtration et de la densité apparente	42
2-2-1-3 Mesure de l'humidité équivalente	43
2-2-1-4 Détermination de l'instabilité structurale	43
2-2-2 Analyses physico-chimiques	45
2-2-3 Test des sols salés	46
2-3 - Présentation des résultats	46

ch a p i t r e d e u x i è m e

P é d o g é n è s e e t g é o m o r p h o l o g i e

E t a b l i s s e m e n t d e s c a r t e s p é d o l o g i q u e s

1 - APERCU GEOMORPHOLOGIQUE	48
2 - PROCESSUS PEDOGENETIQUES DES SOLS	51
2-1 - Généralités	51
2-2 - Les formations Eocènes	52
2-3 - Les plaines alluvio-colluviales	52
2-4 - Les formations caillouteuses du Quaternaire	53
3 - LEGENDE DES CARTES PEDOLOGIQUES	

c h a p i t r e t r o i s i è m e
D e s c r i p t i o n d e s s o l s

1 - SOLS PEU EVOLUES	
1-1 - Généralités	56
1-2 - Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial	56
1-3 - Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial sur brun calcaire fortement hydromorphisé en profondeur (Stc A5)	63
1-4 - Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial sur calcaire à accumulation calcaire (Lc 13)	66
1-5 - Sols légèrement brunifiés d'apport colluvial	69
1-6 - Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial salés sur sol salin faiblement à alcalis	
1-6-1 - Généralités	73
1-6-2 - Méthodes de classification des sols salés	74
1-6-3 - Application dans le cadre de cette étude	78
2 - SOLS CALCIMAGNESIQUES	
2-1 - Sols bruns calcaires d'origine alluvio-colluviale	85
2-2 - Sols bruns calcaires à accumulation calcaire d'origine alluvio- colluviale	91
2-3 - Sols bruns calcaires à accumulation calcaire d'origine colluviale	93
2-4 - Sols bruns calcaires d'horizon Bt-Bc et Cca des paléosols des terrasses alluviales caillouteuses de l'Aude	95
3 - SOLS SATURÉS ET CLASSE DES SOLS BRUNIFIÉS	98
4 - SOLS A SESQUIOXYDES DE FER ET DE MANGANESE	
4-1 - Sols fersiallitiques	
4-1-1 - Généralités	98
4-1-2 - Sols fersiallitiques lessivés modaux du Quaternaire moyen (Mindel) Niveau du "le Polo" (Stc A2)	100
4-1-3 - Sols fersiallitiques à réserve calcique modaux du Quaternaire récent (Würm) Niveau "la Gaudière" (Cas 1)	102
5 - LES SOLS HYDROMORPHES	105
6 - MISE EN VALEUR	106
7 - DRAINAGE	109-2
8 - CONCLUSION DE L'ETUDE PEDOLOGIQUE	110

Deuxième partie
P é d o l o g i e

Chapitre I

G é n é r a l i t é s e t m é t h o d e s

1 - GENERALITES

1.1 - PROSPECTION CARTOGRAPHIQUE DES SOLS : PRINCIPES ET OBJECTIFS

Les travaux de la mise en valeur et de l'aménagement d'un périmètre comprennent une succession d'études, parmi lesquelles l'inventaire des types des sols et leur connaissance suffisamment complète sont les plus importants.

La prospection cartographique constitue la première phase des travaux aboutissant à l'établissement des cartes à différentes échelles ; l'échelle du travail dépend des conditions locales.

. Au stade d'un avant projet, l'échelle 1/200 000 pourra être satisfaisante à condition que la zone de prospection soit très homogène ; on devra adopter l'échelle du 1/100 000ème, ou, mieux du 1/50 000ème, pour les zones hétérogènes et les petits bassins versants très découpés.

En tous les cas on se trouve souvent en présence des multiples problèmes d'ordre technique et économique.

Il faudra d'abord localiser le périmètre où les problèmes se posent. Cette localisation s'effectue sur les cartes topographiques à petite échelle, 1/200 000 par exemple, où l'on présente les principaux éléments du contexte régional.

. Au stade de l'étude des possibilités agricoles, de la délimitation des zones irrigables et non irrigables, et de la prévision des travaux connexes de l'irrigation, on travaille de préférence à l'échelle au 1/50 000ème.

Les documents cartographiques au 1/20 000 sont utilisés pour la planification et sont destinés aux ingénieurs agronomes pour leur permettre d'établir les programmes culturaux, d'évaluer les besoins en eau et d'examiner la rentabilité du projet.

Ces documents servent également aux Ingénieurs chargés de l'établissement du projet d'irrigation, pour leurs calculs des conduites de distribution. (Voir 4ème partie : aménagement hydraulique du secteur).

Les études de détail sont réalisées à l'échelle du 1/5 000ème et même pour répondre aux problèmes d'assainissement, de travaux du sol, d'amendements et de fertilisation, de choix des cultures etc..., à l'échelle de la parcelle, 1/2 000ème par exemple.

Ces études constituent en général la phase ultime de la prospection.

Le principe général de la prospection est la délimitation de zones apparemment homogènes. L'étude de surface comporte également la délimitation topographique des zones irrigables et la distinction, au sein du périmètre irrigable, des différents types des sols.

1.2 - LES DOCUMENTS DE BASE

Avant de commencer les travaux de terrain, il faut consulter les documents préexistants concernant la région intéressée ; par exemple les cartes géologiques, les cartes de végétation, les cartes topographiques, les photos aériennes.

Avec les cartes géologiques, on pourra établir une corrélation entre les affleurements (et leurs différents faciès) et les différents types de sol.

Cette enquête est très importante surtout quand on peut définir des types des sols correspondant à une même formation géologique ; cependant, il ne faut pas oublier que souvent on rencontre des types des sols différents sur les formations géologiques semblables et inversement.

En outre, l'aide de la carte géologique pour l'ingénieur prospecteur est souvent limitée pour d'autres raisons ; en effet, les zones irrigables sont dans la plupart des cas situées dans des formations alluvionnaires et détritiques ; or ces formations sont souvent mal différenciées sur les cartes géologiques.

La vision stéréoscopique des photos aériennes (au 1/25 000) montre bien l'occupation du sol ; elle montre le relief (modelé, pente ...) ; sur le terrain elle est un excellent moyen de repérage ; dans les études de détail elle montre bien l'hétérogénéité des parcelles etc...

2 - METHODES DE TRAVAIL UTILISEES

Les méthodes mises en oeuvre pour l'établissement de nos cartes sont celles du Service Etude des Sols de la Compagnie Nationale pour l'Aménagement de la Région du Bas Rhône et du Languedoc.

Nous distinguerons :

- le travail de terrain ;
- le travail de laboratoire ;
- la présentation des résultats.

2.1 - TRAVAIL SUR LE TERRAIN : reconnaissance générale, prospection méthodique

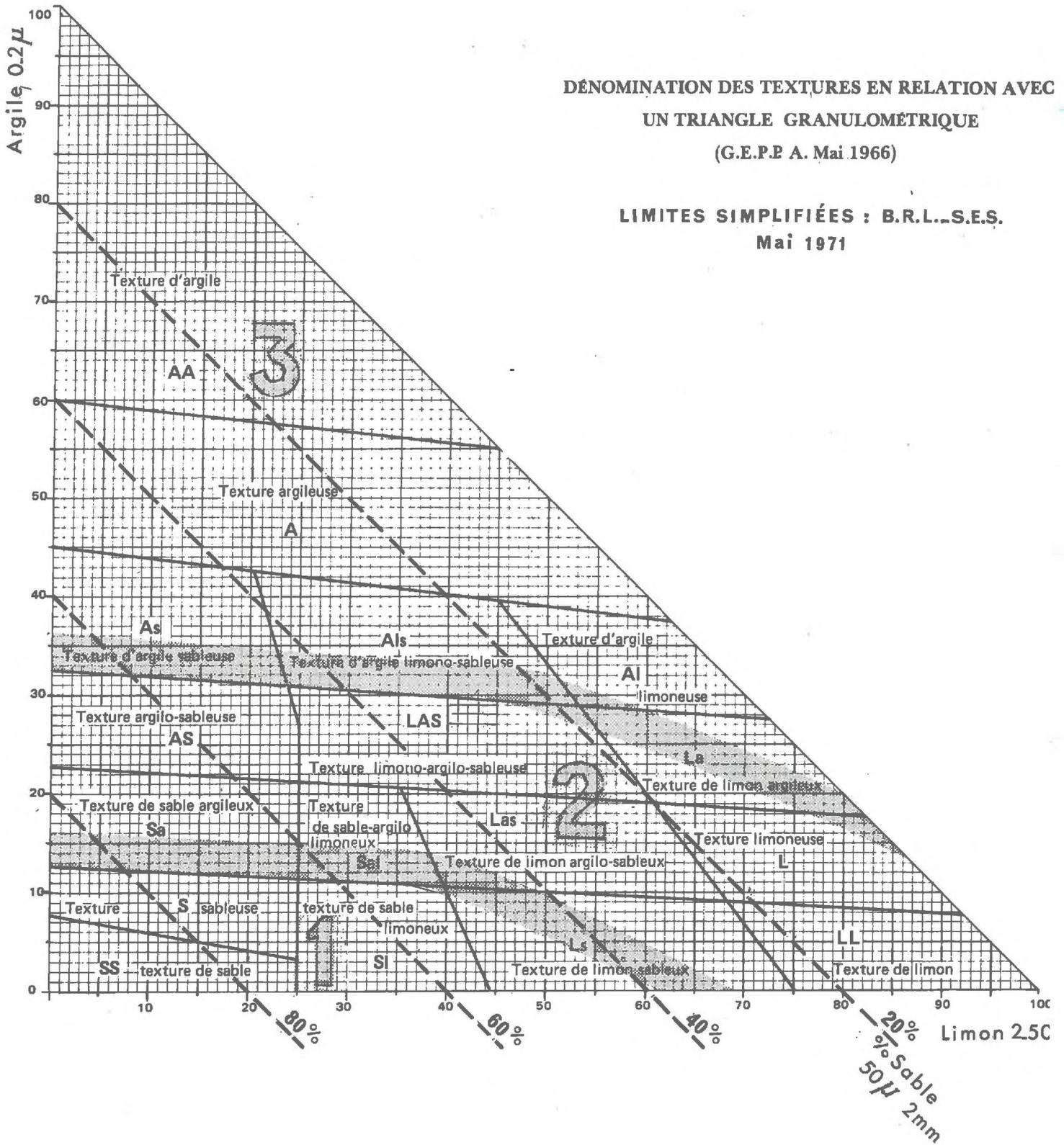
Avant de commencer la prospection, il faut effectuer une tournée d'ensemble dans la région étudiée de façon à dégager de grandes unités géomorphologiques, édaphiques, écologiques ; puis commence le travail de prospection afin de déterminer les critères morphologiques tels que la profondeur, la pente, le pourcentage des cailloux, le modelé, le matériau, l'occupation du sol et les critères physico-chimique tels que la texture, la structure, le taux de calcaire, la couleur du sol. On délimite ensuite des zones de terrains apparemment homogènes.

Le matériel de l'ingénieur prospecteur comporte un piochon, une tarière, une bouteille d'acide chlorhydrique et un code decouleur de Munsell, gamme de crayons de couleur etc...

DÉNOMINATION DES TEXTURES EN RELATION AVEC
UN TRIANGLE GRANULOMÉTRIQUE

(G.E.P.P A. Mai 1966)

LIMITES SIMPLIFIÉES : B.R.L.-S.E.S.
Mai 1971



On colle au bord de chaque photo deux papiers calques transparents sur lequel on note les observations effectuées.

Pour pouvoir noter toutes les observations de terrain sur les photos, on utilise la notation donnée par un code de prospection (°).

2.1.1 - Critères physico-chimiques

2.1.1.1 - La texture

La connaissance de la texture des sols présente une importance particulière : elle contribue à la détermination de l'origine des matériaux, à différencier les horizons.

Il existe une relation étroite entre la texture et les propriétés hydrodynamiques des sols.

A l'intérieur de chaque unité cartographique qui regroupe des matériaux de même origine et de même évolution pédogénétique, on a tracé les limites approximatives de zones de texture homogène selon la méthode mise au point au Service Etude des Sols de la B.Rh.L. :

- . sur le terrain, on regroupe les texture en 5 classes (voir 2.1.5)
- . au laboratoire, l'analyse granulométrique (voir 2.2.1.1), permet la définition de la texture en 17 classes, selon le triangle granulométrique ci-contre ;
- . pour la représentation cartographique, ces 17 classes sont regroupées en 3 grands groupes : grossière, moyenne, fine, et on a distingué 8 cas en tenant compte des superpositions dans le profil, selon l'échelle suivante utilisée parfois sur le terrain grâce aux observations à la tarière.

TEXTURE DE LA TERRE FINE

Horizon supérieur	Grossière			Moyenne			Fine	
Horizon profond	Grossière	Moyenne	Fine	Grossière	Moyenne	Fine	Grossière ou moyenne	Fine
Représentation	1	2	3	4	5	6	7	8

(°) Nous avons utilisé le code adopté au Service Etude des Sols de la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône Languedoc.

N.B. : Sur les cartes imprimées dans cette échelle, les textures sont représentées par des variations d'intensité de chaque teinte, depuis un pôle clair (1) de l'échelle, indiquant une texture grossière dans l'ensemble du profil, jusqu'à un pôle foncé (8) de l'échelle, indiquant une texture fine dans tout le profil.

2.1.1.2 - La couleur

" La couleur du sol est un élément d'appréciation très subjectif, qui doit être utilisé avec beaucoup de précautions, en association avec d'autres observations " et en se référant à un code, ici le Munsell.

Elle peut renseigner sur la richesse du sol en matière organique ou en calcaire total. Des teintes brunes ou grises plus ou moins "sales", surtout à proximité de la surface, indiquent que l'eau s'écoule mal une partie de l'année ; la présence d'horizons bigarrés avec des taches rouille et gris-verdâtre plus ou moins nombreuses, résulte des fluctuations d'une nappe d'eau en profondeur.

Sur la carte d'observation de terrain et sur les photos aériennes, on représente les teintes observées selon un code qui comporte des lettres de différentes couleurs. (Pour d'autres critères physico-chimiques que l'on observe sur le terrain, voir 2.3).

2.1.2 - Critères morphologiques

2.1.2.1 - La profondeur

La profondeur utile du sol est un facteur très important du point de vue agronomique : l'épaisseur utile du sol intervient dans le calcul de la réserve facilement utilisable (R.F.U.) et de la dose pratique maxima d'arrosage.

Dès le stade de la prospection, l'épaisseur du sol est estimée par une observation à la tarière.

Les sols ont été répartis en cinq catégories :

- les sols profonds dont l'épaisseur utile dépasse 80 centimètres ;

- les sols approfondissables s'il existe à plus de 50 centimètres de profondeur, un obstacle limitant la profondeur utile, obstacle que les travaux culturaux profonds peuvent disloquer ;
- les sols peu profonds dont l'épaisseur utile est comprise entre 20 et 50 cm ;
- les sols minces dont l'épaisseur utile est inférieure à 20 cm ;
- une cinquième catégorie intéresse les sols profonds où l'assainissement est nécessaire à la mise en valeur (voir carte des caractéristiques des sols).

2.1.2.2. - Les éléments grossiers

La connaissance du pourcentage des éléments grossiers intervient dans le calcul de la dose d'arrosage. Ce pourcentage peut être estimé avec un peu d'expérience et on distingue 3 classes.

Sur les cartes de prospection le code distingue :

Pourcentage	Eléments ronds	Eléments anguleux
< 15 %	K ou k ^(°)	I ou i
de 15 à 50 %	H ou h	O ou o
> 50 %	G ou g	E ou e

(°) en Majuscules ou en minuscules selon les dimensions des éléments grossiers.

Sur les cartes finales on les représente par un certain nombre de signes, tels qu'il en existe sur notre carte pédologique.

2.1.2.3. - La Pente

La pente intervient dans le phénomène de ruissellement, sa connaissance est indispensable pour déterminer les zones irrigables.

Sur le terrain, nous avons estimé la pente des sols aux environs des sondages d'observations.

Une carte de pente a été faite, et nous l'avons reportée sur la carte des caractéristiques des sols.

Les limites suivantes ont été adoptées pour les différentes classes de pentes : 0 - 5 % ; 5 - 15 % ; 15 - 25 % ; 25 - 35 % ; > 35 % ; (pour d'autres critères morphologiques voir 2.3).

2.1.3 - Implantation des sondages

Après avoir effectué la prospection de surface et la délimitation des unités cartographiques, l'ingénieur prospecteur choisit l'endroit où certains profils doivent être observés ; deux à trois sondages par types de sols sont suffisants, pour une étude à moyenne échelle.

Les sondages doivent être représentatifs des unités cartographiques envisagées.

Il faut bien préciser l'implantation des sondages non seulement sur les cartes mais aussi sur les photos aériennes (où l'on se repère mieux grâce à différenciation des parcelles agricoles). Le prospecteur dresse en outre une liste (destinée au descripteur des sondages), des sondages portant le type, l'âge et l'origine du sol.

Nous avons implanté 64 sondages pour l'ensemble des unités cartographiques rencontrées au cours de notre prospection de surface.

Les sondages ont été identifiés par les deux premières lettres de la commune où ils se trouvent et un numéro d'ordre ; par exemple, TO 10 est le dixième sondage dans la commune de Tourouzelle.

2.1.4 - Ouverture de la tranchée d'observation

L'équipe de terrain pour l'ouverture des profils d'observation, la description et l'échantillonnage comporte quatre personnes ; un descripteur, un préleveur, deux terrassiers. Dans ces conditions on peut examiner 25 à 30 profils par semaine.

L'époque de réalisation de ces travaux est importante ; si, par exemple, on se trouve dans une zone où les sols sont trop secs pendant les mois de sécheresse, il est préférable d'effectuer ces travaux après les pluies d'automne et avant les périodes estivales ; sinon on se trouve en difficulté pour l'ouverture des sondages, et le prélèvement des échantillons ainsi que l'observation du profil.

Dans tous les cas on veille à ne pas gêner les travaux ni faire de dégâts aux cultures et si nécessaire, on déplace le moment du creusement.

Dénomination de l'horizon : lorsqu'il est possible de donner un nom à l'horizon, ce nom sera inscrit dans la partie gauche de la fiche, recoupant les colonnes affectées à la description de la couleur, de la pierrosité et de la texture, et disposé à la partie supérieure de l'horizon désigné.

La description de chaque horizon comporte un certain nombre d'observations obligatoires dont la plupart peuvent être notées suivant une échelle allant de 0 à 5.
Les intermédiaires peuvent être notés par l'emploi de deux chiffres voisins.

	Éléments grossiers	TEXTURE	REACTION à HCl	HUMIDITE de l' HORIZON <u>Hum</u>	CONSISTANCE de l' HORIZON <u>H</u>	COHESION des ELEMENTS STRUCTURAUX <u>C</u>	POROSITE = volume des espaces lacunaires <u>P</u>	ACTIVITE BIOLOGIQUE de l' HORIZON <u>Acti biol</u>	Jugement sur l' ENRACINEMENT R = racines ... r = radicelles ... rh = rhizomes ...	
		G galets g graviers E éclats calcaires e petits éclats calc. C concrétions c petites concrétions					Vol. des lacunes			
		Texture	effervescence	Horizon ...		1'élément ...	Vol. total hor.	Activité biologique...		
5 = très fort	Terre fine (référence au triangle des textures)	5 = ... d'argile ou de limon argileux	+++	... gorgé d'eau	... très résistant	... ne s'écrase pas sous l'action des doigts	40 à 45 %	... très forte	... très nombreuses (x)	
4 = fort		4 = ... de limon argilx	++	... incomplètement ressuyé	... résistant	... s'écrase sous une forte pression des doigts		... forte	... nombreuses (ou nombreux)	
3 = moyen		3 = ... de limon (franc)	+	... sensiblement ressuyé	... peu résistant	moyenne	20 % environ	... moyenne	... assez nombreuses (x)	
2 = faible		2 = ... de sable limoneux	tr à +	... légèrement humide	... friable	plastique	faible	inférieur à 10 %	... faible	... rares
1 = très faible		1 = de sable	tr	... sec	... meuble	pâteux	très faible		... très faible	... très rares
0 = nul				-	... très sec	... sans cohésion	fluide	... n'a pas de cohésion	... nulle	pas de racines
	Désignation des constituants	A argile L limon S sable SF sable fin SG sab. grossier	* L'abréviation d'une trentaine de désignations de la structure est prévue.				Répartition	C = très bien répartie B = assez bien répartie A = très mal répartie		

2.1.5 - Observation du profil, prélèvement des échantillons

Avant de commencer l'observation du profil, il faut décrire l'environnement de la tranchée d'observation, en s'appuyant sur les définitions données par un glossaire (°).

On note la situation topographique, l'inclinaison, l'exposition, le relief, l'érosion, l'utilisation actuelle, l'état de la surface, la végétation spontanée, la géologie etc...

Un schéma précis de la situation des lieux doit être tracé.

Ensuite, on note pour chaque horizon rencontré du profil la couleur des matériaux, la texture, la réaction à ClH 1/2, la structure, la porosité, le comportement et la profondeur de l'enracinement, l'état de l'humidité, l'activité biologique ...

On note également certaines observations complémentaires ; par exemple la présence des horizons indurés (croûte et encroûtement), l'horizon de labour, le défoncement etc... (voir ci-contre un code de notation utilisé pour la rédaction condensée de ces observations).

Il faudra de plus, préciser les conditions de drainage, la présence ou l'absence du plan d'eau, l'épaisseur utile de sol.

On conclut la description par l'identification du type de sol observé; des précisions pourront être apportées après le travail de laboratoire.

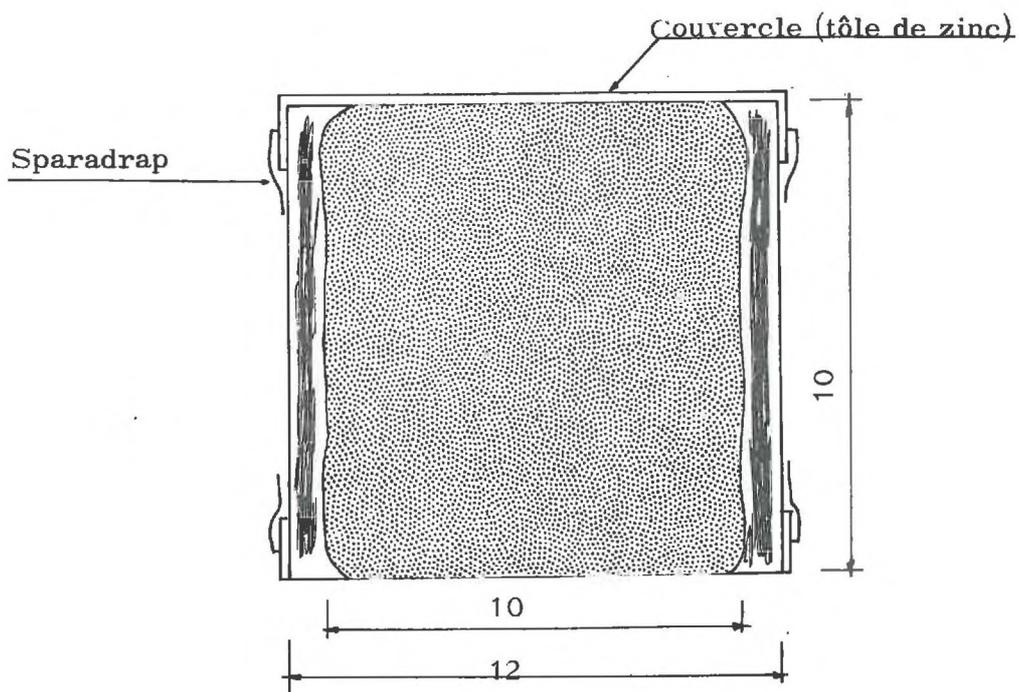
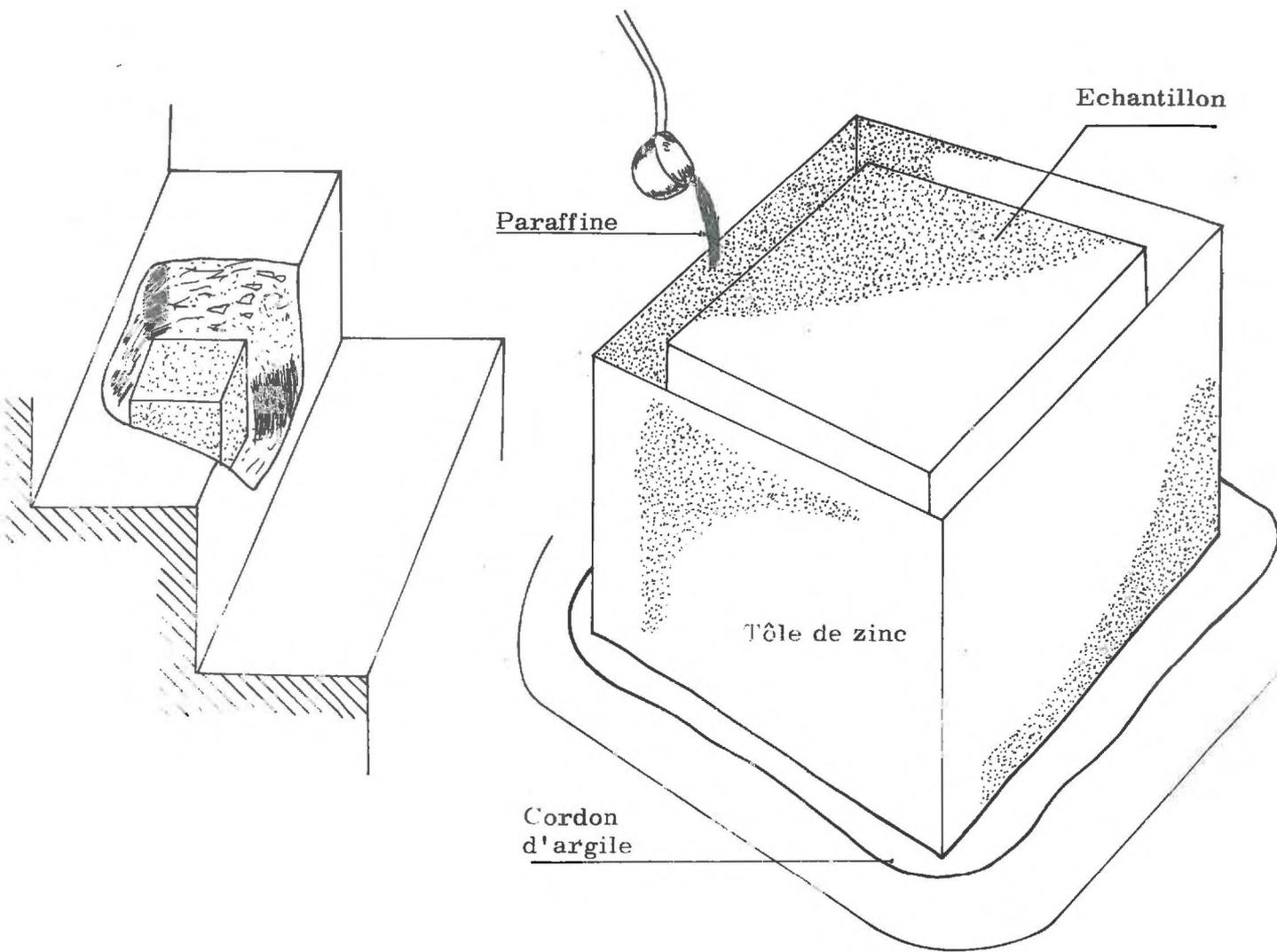
C'est au descripteur de noter le type de prélèvement que doit effectuer le préleveur, type qui dépend de l'échelle du travail et du type des sols. Par exemple, dans les études à moyenne échelle, suivant les types des sols on fait les opérations suivantes :

- prélèvement pédologique,
- tamisage,
- prélèvement "Vergières",
- densitométrie.

2.1.5.1 - Prélèvement pédologique et le tamisage

En prospection systématique, pour chaque horizon on prélève un échantillon (ou plusieurs si l'horizon est épais) ; le poids de terre pré-

(°) Glossaire de l'environnement, publié par l'ORSTOM sous légende de la D.G.R.S.T., en préparation.



Croquis extraits de :

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DES SOLS à la Station
Expérimentale d'Hydraulique Agricole (Vergières) par J. BOURRIER.

levé varie entre 1,5 et 2 kg. Dans les sols caillouteux le poids de terre prélevé peut atteindre jusqu'à 5 à 10 kg (terre + cailloux), on effectue alors un tamisage sur place (passoire à trous de 5 et 2 cm) et on détermine le pourcentage en poids des éléments grossiers.

Les échantillons sont placés dans des sacs en toile préalablement numérotés pour leur identification au laboratoire.

2.1.5.2 - Prélèvement "Vergières"

Le prélèvement "Vergières" a pour but de la détermination de la densité apparente et de la vitesse de filtration verticale de l'eau dans le sol.

L'échantillonnage se fait en volume sous forme d'un cube appelé cube de Vergières (mis au point par la Direction Générale du Génie Rural et de l'Hydraulique - 13 Vergières).

Pour cela on pratique dans le sol une fouille en marche d'escalier (voir le croquis ci-contre), et, pour chaque prélèvement, on découpe d'abord un cube de 10 cm d'arête que l'on entoure d'une boîte en zinc de 12 cm de côté et 10 cm de hauteur ; on remplit les espaces libres entre le cube de terre et la boîte de zinc par de la paraffine.

Lorsque la paraffine est solidifiée on coupe le cube de terre à sa base et on fixe d'une manière étanche par du sparadrap, deux couvercles en zinc sur le haut et le bas du cube.

Dans les sols caillouteux, il est impossible de faire des prélèvements Vergières ; on utilise alors le densitomètre pour la mesure de la densité apparente.

2.1.5.3 - Densitométrie

On utilise un densitomètre, constitué d'un cylindre gradué d'environ 10 cm de diamètre, portant à sa base une poche en caoutchouc et fixé sur un socle.

On fait un trou sensiblement cylindrique dans l'horizon à étudier ; on garde toute la terre pour qu'elle soit pesée au laboratoire après séchage

à 105°. En injectant de l'eau dans la poche en caoutchouc par déplacement d'un piston on obtient le volume de la terre enlevée, on a :

$$\text{Densité apparente} = \frac{\text{poids de la terre sèche enlevée}}{\text{volume de la terre en place}}$$

2.2 - TRAVAIL AU LABORATOIRE

Au laboratoire, après séchage et tamisage des échantillons, on détermine les propriétés hydrodynamiques et physico-chimiques des sols ; sur certains échantillons on a effectué le test des sols salés.

Une brochure (°) : Méthodes d'analyses du laboratoire du Service Etude des Sols de la B.Rh.L., expose les principes et protocoles appliqués.

2.2.1 - Analyses hydrodynamiques et physiques

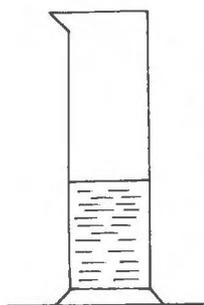
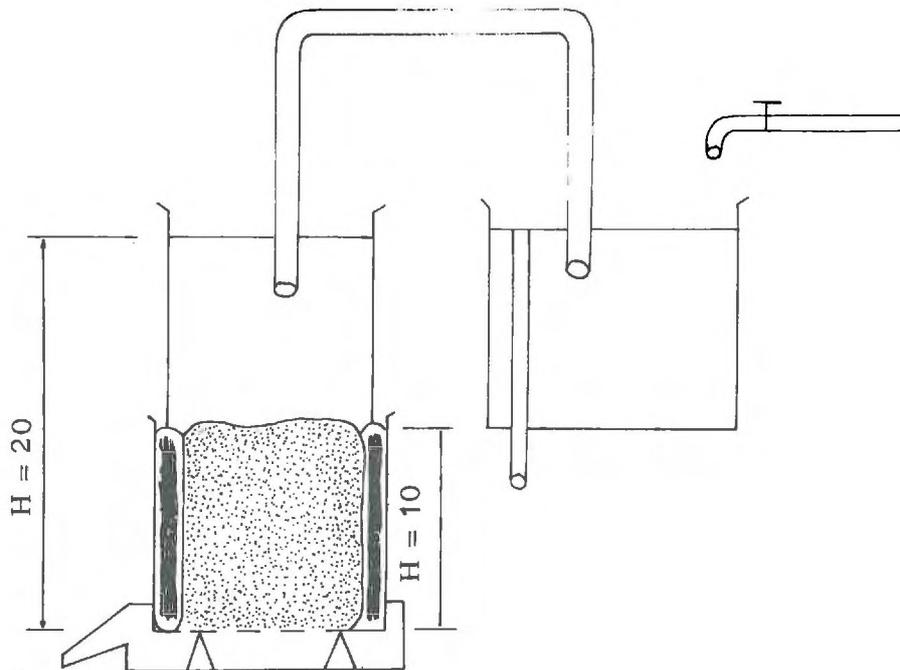
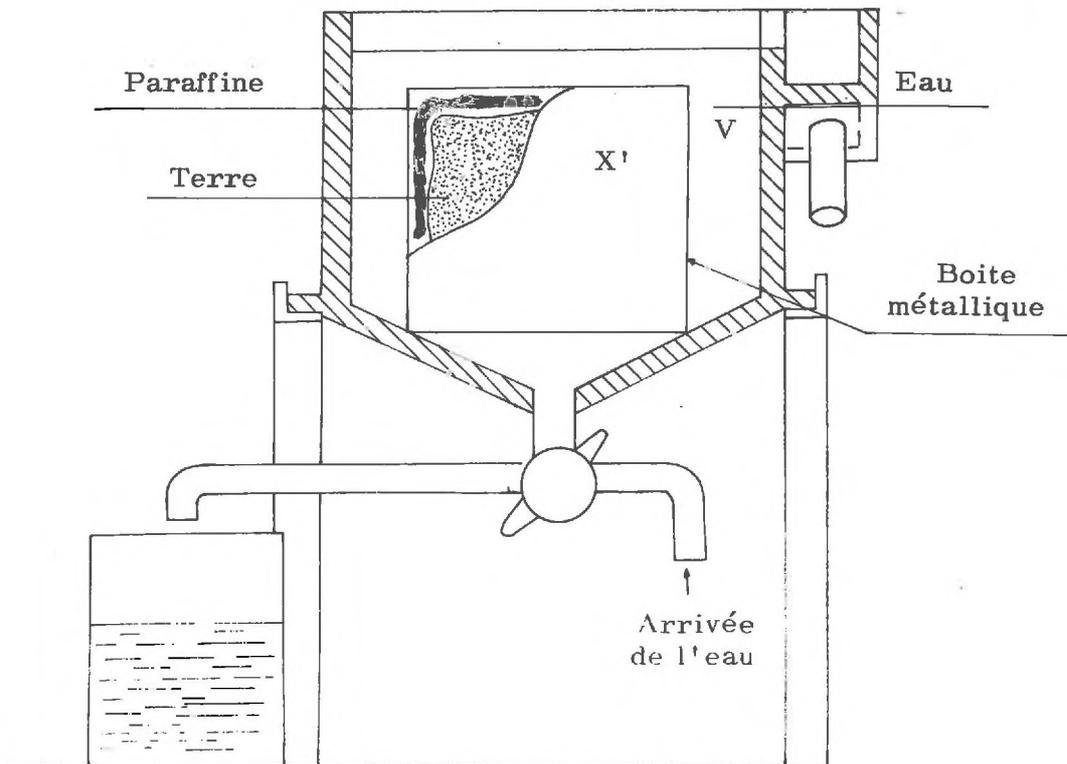
2.2.1.1 - Analyses granulométriques

La méthode internationale (prélèvement à la pipette de Robinson améliorée), est basée sur la vitesse de chute des particules solides en suspensions dans un fluide ; les particules élémentaires minérales constituant la terre fine du sol sont classées suivant leur dimensions en plusieurs fractions principales correspondant à l'échelle internationale suivante :

Argile	0	à	0,002	mm
Limons fins	0,002	à	0,02	mm
Limons grossiers	0,02	à	0,05	mm
Sables fins	0,05	à	0,2	mm
Sables grossiers	0,2	à	2	mm

Au delà, les éléments grossiers sont classés par tamisage à travers des passoires.

(°) Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région
du Bas-Rhône et du Languedoc
685, Route d'Arles 30 - NIMES - 1970 128p.



Croquis extraits de :

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES HYDRO-DYNAMIQUES DES SOLS à la Station Expérimentale d'Hydraulique Agricole (Vergières) par J. BOURRIER.

2.2.1.2 - Détermination de la vitesse de filtration et la densité apparente

On mesure la vitesse de filtration du sol sur le cube Vergières.

L'échantillon est placé sur une tourelle métallique spécialement construite pour ces essais. Cette tourelle comprend un bac à niveau constant muni de siphons permettant d'assurer l'alimentation en eau tout en maintenant une charge constante de 20 cm entre le niveau supérieur de la boîte à eau et le bac d'écoulement de la percolation. (Voir le croquis ci-contre).

La vitesse de filtration K s'exprime selon la loi de Darcy :

$$Q = K \frac{S \cdot H}{L} \text{ avec}$$

Q = débit de l'eau recueillie dans l'éprouvette après filtration dans le massif, exprimé en cm³/s

S = section du massif (ici 100 cm²)

L = hauteur (ici 10 cm)

H = perte de charge (ici 20 cm)

$$\text{d'où } Q = K \frac{100 \times 20}{10} = 200 K \text{ ou } K \text{ cm/s} = \frac{Q \text{ cm}^3/\text{s}}{200 \text{ cm}^2}$$

La première mesure s'effectue dès le début de percolation et donne une valeur K1 ; la seconde, 3 heures après, donne une valeur K2, stabilisée.

Pour l'interprétation des résultats, nous avons établi l'échelle de perméabilité suivante :

Nature des sols	Perméabilité exprimée en			
	cm/s	cm/h	cm/j	mm/h
Sols très peu perméables	< 10 ⁻⁵	< 0,04	< 0,1	< 0,4
Sols peu perméables	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴	0,04 à 0,4	0,1 à 10	0,4 à 4
Sols moyennement perm.	10 ⁻⁴ à 10 ⁻³	0,4 à 4	10 à 100	4 à 40
Sols perméables	10 ⁻³ à 10 ⁻²	4 à 40	100 à 1 000	40 à 400
Sols très perméables	> 10 ⁻²	> 40	> 1000	> 400

Le calcul de la densité apparente se fait à partir du cube Vergières par la relation suivante :

$\Delta a = P_{tf}/V$ avec

Δa = densité apparente

P_{tf} = poids de la terre fine contenue dans le cube Vergières

V = volume de la terre (volume du cube Vergières - paraffine)

2.2.1.3 - Mesure de l'humidité équivalente

L'humidité équivalente, mesurée au laboratoire selon le protocole ci-dessous, correspond approximativement au coefficient de rétention, poids d'eau retenue par 100 g de terre fine sèche.

Une prise d'environ 30 grammes de terre est placée dans une boîte à fond de toile métallique recouvert d'une petite feuille de papier filtre ; on l'humidifie à saturation et on la soumet durant 30 minutes à une force de centrifugation égale à 1 000 g. On mesure ensuite, par pesée avant et après séchage à 105° l'humidité de l'échantillon ainsi traité.

Les résultats des mesures ont été majorés jusqu'à 19,4 % de l'humidité à partir des tableaux proposés par les américains.

2.2.1.4 - Détermination de l'instabilité structurale

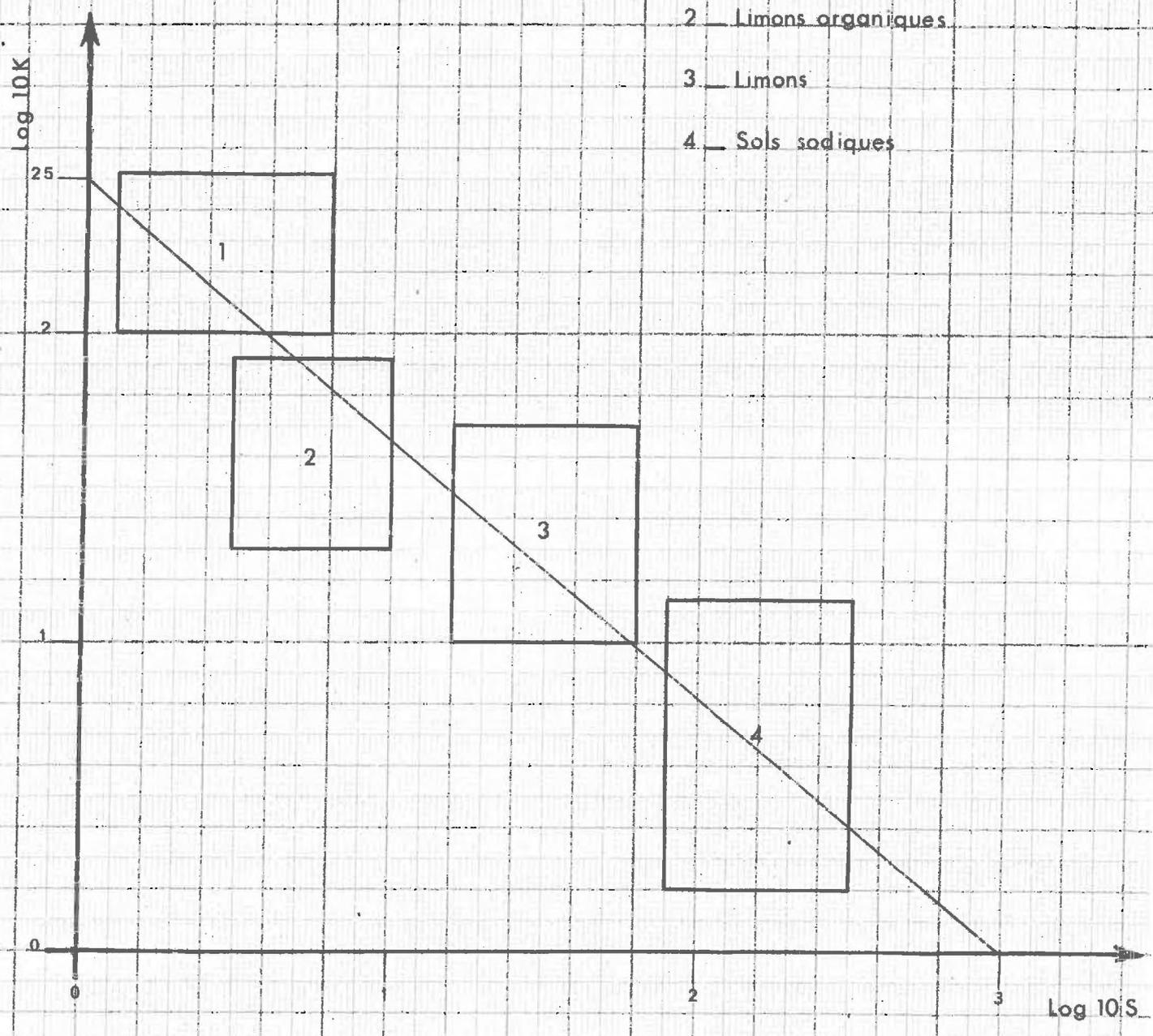
Sur échantillon prélevé avec précaution, loin des outils, transporté en emballages rigides, séché à l'air en mottes, il est procédé à une analyse d'agrégats et à un test de perméabilité. L'échantillon est forcé à la main à travers un tamis de 2 mm à mailles carrées, après que les mottes aient été cassées à la main.

ANALYSE D'AGREGATS

Le comportement des agrégats vis à vis de l'action de l'eau est examiné avec et sans prétraitement dans des conditions opératoires précises et normalisées. On fait une moyenne arithmétique des agrégats stables à l'eau sans prétraitement, à l'alcool éthylique (protecteur) et des agrégats stables après prétraitement au benzène (mouillant, favorisant la pénétration de l'eau dans les agrégats). Cette moyenne arithmétique est rapportée à la somme argile plus limon maximum (correspondant au traitement où les agrégats stables sont les moins abondants).

SCHEMAS DES STABILITES STRUCTURALES DES DIVERS SOLS (Schémas 2.2.1.4.)

- 1 — Rendzines
- 2 — Limons organiques
- 3 — Limons
- 4 — Sols sodiques



Un coefficient est calculé : coefficient d'instabilité structurale :

$$IS = \frac{(A + B) \text{ max}}{\text{moyenne des agrégats} - 0,9 \text{ sable grossier}} \\ \left(>200 \mu \right) \qquad \qquad \qquad \left(>200 \mu \right)$$

Ce coefficient varie de 0,1 pour les terres riches en matière organique, où les agrégats sont très stables, à plus de 100 pour des marnes ou des terres sodiques. Il est plus généralement exprimé en \log_{10} de $10 l_s$.

TEST DE PERMEABILITE

Il s'agit d'une perméabilité sur échantillon remanié. L'échantillon tamisé ci-dessus est introduit par petites fractions dans une colonne de percolation en veillant à faire tomber les agrégats dans une hauteur à peu près constante d'eau, de façon à éviter de piéger des bulles d'air et obtenir un tassement régulier. La percolation se fait sous une charge constante. L'eau de percolation est recueillie pendant une heure. On peut laisser le dispositif en place pour examiner ce qui se passe au bout de plusieurs heures. La nature de l'eau peut avoir une grande importance, comme pour la méthode de Vergières.

On établit pour chaque échantillon un coefficient K : (exprimé en cm/h)

$$K = \frac{CV}{HS} \text{ avec } \begin{array}{l} C = \text{hauteur en cm de la colonne de terre} \\ V = \text{volume en cm}^3 \text{ recueilli pendant une heure (la première)} \\ H = \text{hauteur en cm de la colonne d'eau} \\ S = \text{section en cm}^2 \text{ de l'intérieur du tube} \end{array}$$

Les résultats obtenus varient de 40 à 60 cm/h pour des sols grossiers ou des sols très bien structurés, à 0 pour des sols sodiques. Ils peuvent également être exprimés en \log_{10} de $10K$.

Cette méthode classe les échantillons dans un ordre assez peu différent des autres méthodes de mesure de vitesse de filtration, mais dans un intervalle plus restreint. Il n'est guère possible d'utiliser les valeurs obtenues pour des calculs pratiques.

Les résultats de ces deux tests peuvent être combinés sur un graphique en portant l'instabilité en abscisse et la perméabilité en ordonnée. On procède alors à une interprétation globale pour chaque échantillon en considérant la place occupée pour chaque point sur le graphique (voir ci-contre). *

* les limites indiquées ci-contre sont très approximatives.

Tous les sols se groupent en général à proximité d'une droite d'équation : $2,5 \log 10I_s + 3 \log 10K - 7,5 = 0$

Les sols stables ont une bonne perméabilité. Les sols instables sont imperméables.

Terres sableuses et terres argileuses se placent à proximité de cette droite : ceci montre combien la texture seule est insuffisante à rendre compte des propriétés physiques des sols. Il est possible de diviser le graphique en zones d'après la distance à la droite moyenne.

2.2.2 - Analyses physico-chimiques

- Dosage du calcaire total : on mesure le gaz carbonique dégagé par la décomposition des carbonates des sols sous l'action d'un acide fort (ClH).

L'appareil utilisé est le calcimètre de Bouat et Dulac modifié.

- Dosage du calcaire actif. Le dosage du calcaire actif a été effectué chaquefois qu'il y a plus de 10 % de calcaire total dans le sol car le calcaire peut alors être un facteur limitant dans le choix des coutures.

Il est dosé en présence d'un excès d'oxalate d'ammonium, par MnO_4K , en milieu acide.

- Mesures du pH : le pH eau est mesuré après agitation de 20 g de terre dans 50 g d'eau ; le pH KCl dans 50 g de solution KCl N/50.

- Dosage des bases échangeables de la capacité totale d'échange : après extraction à l'acétate d'ammonium N (pH = 7), on dose les bases échangeables par photométrie de flamme (pour N et K) et par spectrométrie d'absorption atomique (PamCa et Mg). On mesure la capacité totale d'échange sur l'échantillon dont on a extrait des bases échangeables après déplacement de l'ion ammonium fixé à cette occasion.

- Dosage du carbone : la méthode utilisée est la méthode Anne. La matière organique du sol est oxydée par le bichromate de potassium en milieu acide sulfurique ; l'excès de bichromate est ensuite dosé par une solution titrée de sulfate ferreux (sel de MOHR) en présence de Diphénylamine (indicateur).

- Dosage de l'Azote : Minéralisation de Kjeldahl ; dosage par distillation en présence de réactif de Tachiro par une solution titrée de $H_2SO_4N/100$.

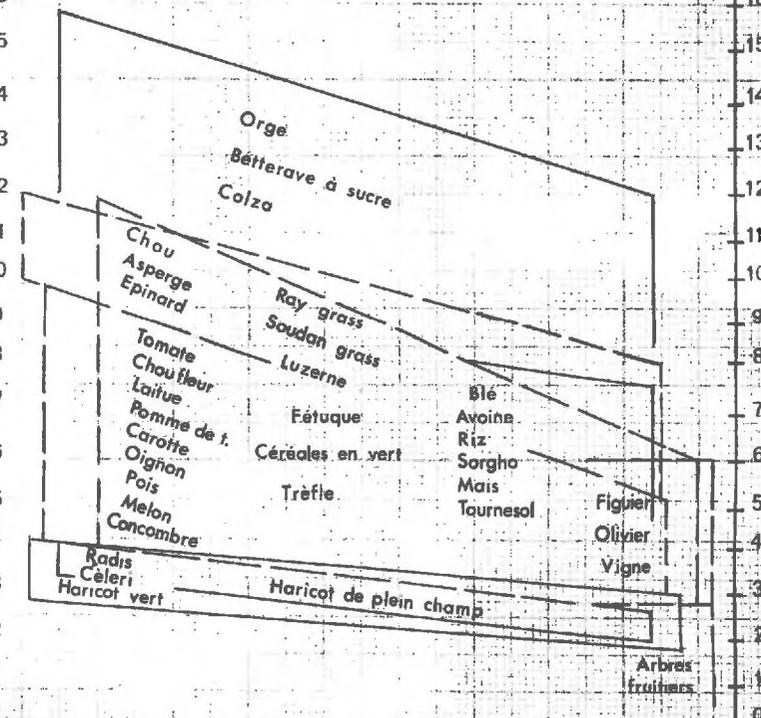
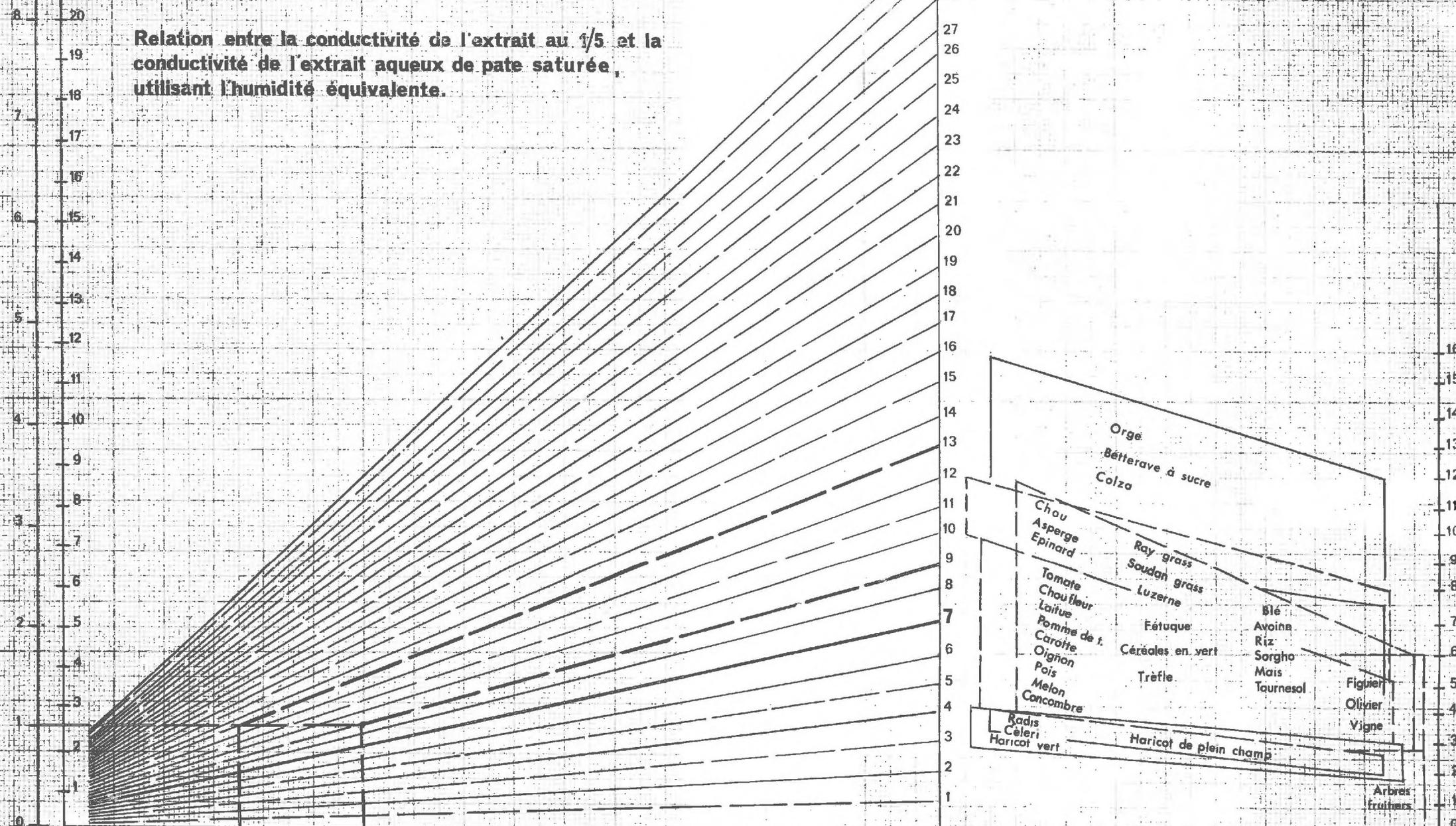
- Dosage du phosphore assimilable : le phosphore assimilable extrait par le réactif de Truog est dosé colorimétriquement ; la réduction du phosphomolybdate d'ammonium par l'acide ascorbique en présence d'émétique (tartarate double de Sb et R) donne un complexe bleu dont on mesure l'absorption à la longueur d'ondes 910 mm.

- Dosage du fer libre et du fer total : le fer libre, extrait dans un milieu acide oxalique et citrate d'ammonium a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique ; le fer total, solubilisé par fusion au sels de Bore a été dosé par spectrographie d'étincelle et spectrométrie d'absorption atomique.

% de sel théorique dans le sol

Relation entre la conductivité de l'extrait au 1/5 et la conductivité de l'extrait aqueux de pâte saturée, utilisant l'humidité équivalente.

Conductivité de l'extrait de pâte saturée
(mmho cm²/cm à 25°C)



Abaissement du rendement -50% -15%
Culture irriguée
(Riverside) (Allison)

2.2.3 - Test des sols salés

Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés dans les sols salés du secteur étudié sont celles que l'on fait habituellement pour la mise en évidence de la salinité des sols. Ces analyses sont les suivantes (°) :

- la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5ème
- la conductivité de l'extrait aqueux de pâte saturée
- chlorures de l'extrait au 1/5ème
- sulfates, carbonates, calcium, magnésium, sodium de l'extrait de pâte saturée.

La salinité des sols est exprimée en :

- conductivité de l'extrait au 1/5ème ou de l'extrait des pâtes saturées en mmhos/cm/cm² à 25° C ; la conductivité est aussi exprimée en ClNa % théorique.
- analyse chimique : le ClNa réel est dosé par coulométrie (air chlorurimètre) ou titré au nitrate d'argent.

Pour faire un test rapide on utilise l'abaque ci-contre qui donne la conductivité de l'extrait des pâtes saturées à partir du test au 1/5ème si on connaît l'humidité équivalente ; elle donne en même temps la tolérance des plantes à la salinité pour les cultures sèches et irriguées. Une deuxième abaque (ci-après) donne un classement des sols salins en fonction de leur teneur en chlorure d'une part et d'autre part de leur humidité équivalente et de leur texture.

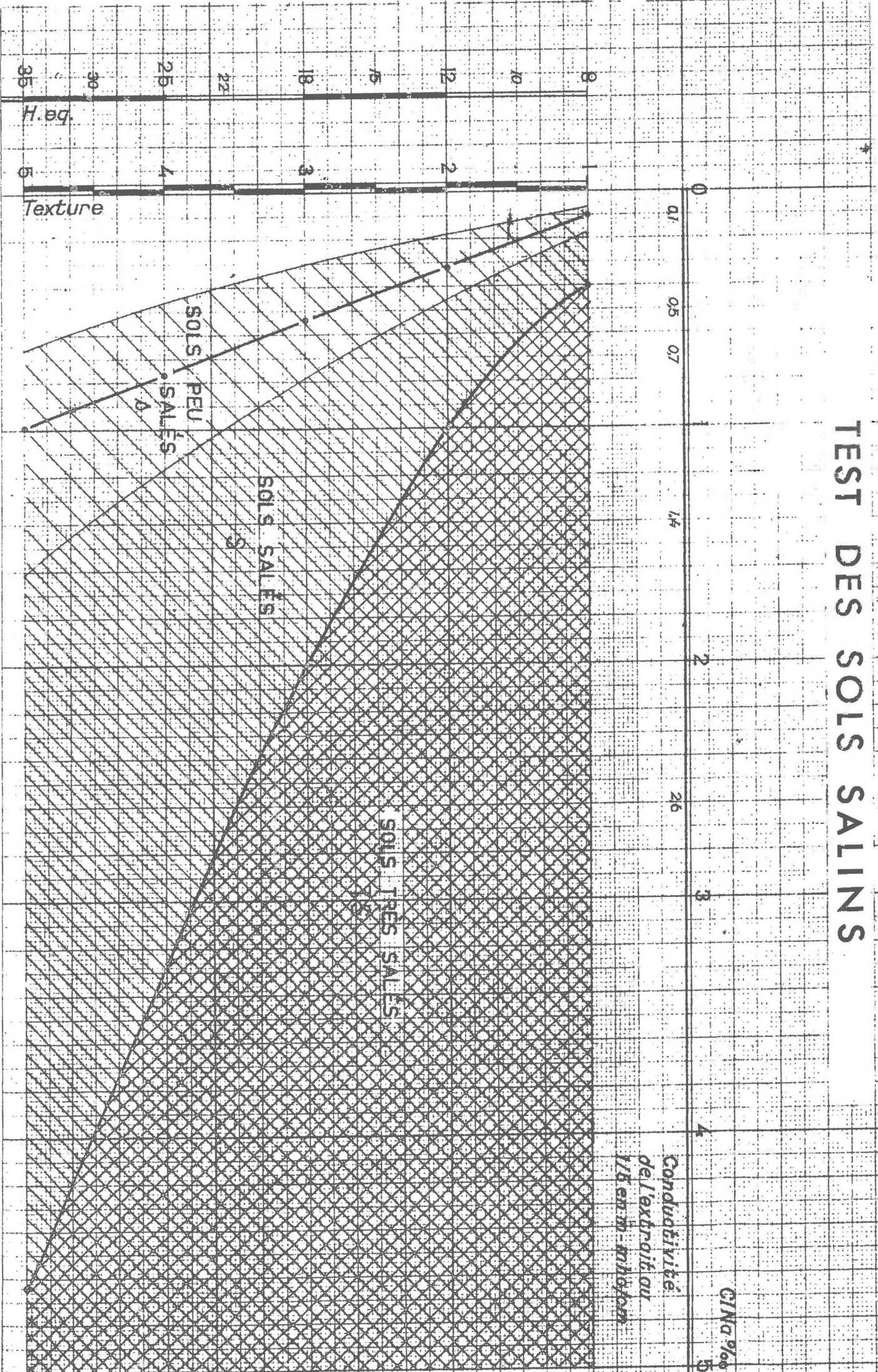
2.3 - Présentations des résultats

Les résultats de l'observation du profil et de l'analyse au laboratoire ont été présentés sur 64 "fiches de sol" données en annexe.

Les renseignements assemblés sur ces fiches comportent : croquis de situation, description de l'environnement, caractéristiques hydrodynamiques et physiques, observation du profil, caractéristiques physico-chimiques (voir 2.1 et 2.2 ci-dessus).

(°) Voir : Méthodes d'analyses du laboratoire du Service Etude des Sols de la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc.

TEST DES SOLS SALINS



Conductivité
de l'extrait ou
1/5 en m - arithm

$CINa \frac{9}{100}$

H. eq.

Texture

L'indice de compacité est donné par des abaques établies par J. VIGNERON (1).

La capacité de rétention en mm par cm de sol a été calculée par la relation suivante :

$$\frac{\text{Heq} \times \Delta a \times \text{Tf}}{10} \quad \text{avec}$$

Heq = humidité équivalente : elle correspond approximativement au coefficient de rétention CR, c'est à dire au poids d'eau retenu par 100 grammes de terre fine sèche.

Δa = Densité apparente

Tf = Pourcentage de la terre fine

La dose pratique d'arrosage a été calculée en multipliant la valeur de la capacité de rétention par un coefficient : 0,3

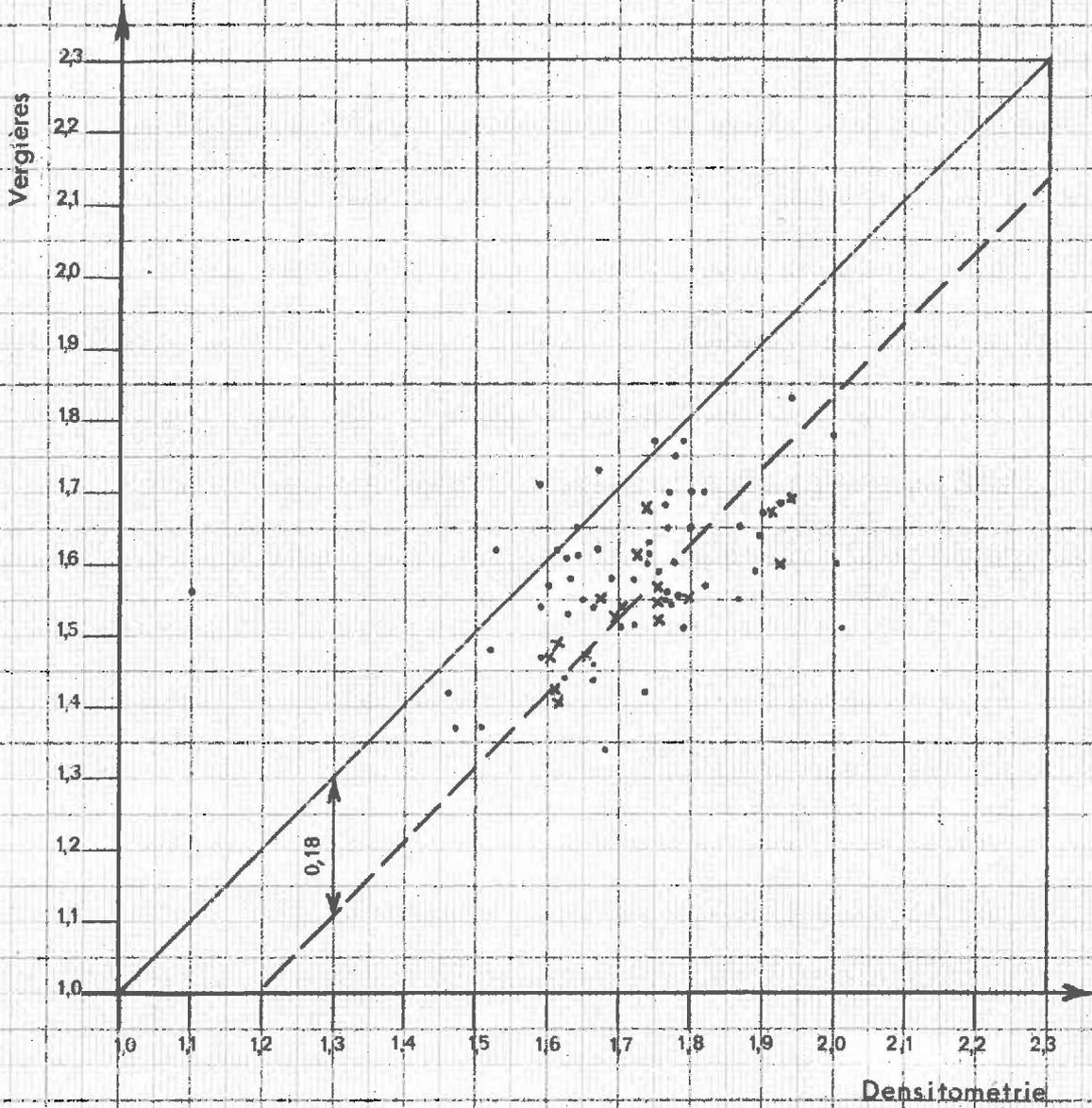
Remarque : La densité apparente retenue est celle mesurée sur les cubes Vergières.

Dans certains cas, nous ne disposions que des résultats obtenus par densitométrie ; nous les avons adaptés et les diminuant d'environ 0,18; en effet, si l'on compare les résultats obtenus par les 2 méthodes d'un des cas où elles ont été réalisées toutes les deux et seulement pour les horizons contenant au moins 95 % de terre fine, on constate une différence assez constante de cet ordre de grandeur (voir figure au verso).

(1) J. VIGNERON (Janvier 1958) ; Etablissement d'un indice de compacité
C.N.A.B.R.L. 685, Route d'Arles 30 - NIMES

RELATION ENTRE LES DENSITES APPARENTES CALCULEES

PAR LA METHODE VERGIERES ET DENSITOMETRIE



100 % de terre fine x
95 % de terre fine .

Chapitre deux

Pédogénèse et géomorphologie - Etablissement des cartes pédologiques

1 - APERÇU GEOMORPHOLOGIQUE

Les caractères géomorphologiques jouent un rôle certain dans la morphogénèse des sols : sur les pentes fortes et moyennes, la formation des sols évolués est interdite, car l'érosion intense décape le matériel avant que des horizons s'y individualisent (la roche mère est à nu). Dans les dépressions le contexte morphogénétique favorise la formation des sols hydromorphes etc...



Pour définir les grands types de relief de la région, nous distinguons d'après les caractéristiques topographiques, structurales, et les facteurs génétiques, quatre grands ensembles géomorphologiques : les hautes collines, les basses collines, les plaines d'accumulation et les terrasses alluviales.

1.1 - LES HAUTES COLLINES

D'altitude maximum 204 mètres, elles s'étendent au Nord et au Sud du Secteur : Massif de Tournuzelle et Lézignan à Moux.

Les affleurements du substratum sont des marnes limoneuses et argileuses parfois sableuses, des grès calcaires, relativement résistants, et des poudingues à galets siliceux et calcaires.

Les marnes, généralement meubles et localement indurées, sont particulièrement favorables à la formation de ravinements du type bad-land, très fréquent sur ces massifs : en effet en l'absence des roches fissurées, l'eau de pluie reçue sur les collines ne peut pas pénétrer et obligatoirement, ruisselle et se dirige vers les plaines. Ainsi compte tenu des caractères violents et orageux du climat du secteur, l'érosion par ruissellement est très intense sur ces collines et engendre ces bad-land. C'est surtout le phénomène de l'é-

rosion linéaire que l'on observe sur ces ravins souvent dépourvus de couvertures végétales continues.

Les grès disposés en strates, concourent parfois à réaliser un relief tabulaire, localisé sur la colline de Lézignan : il porte exceptionnellement un sol évolué du type fersiallitique. Ces grès sont aisément érodés après leur désagrégation et leur altération :

Les poudingues sont soumis à l'érosion linéaire et donnent parfois des abrupts verticaux.

Ces hautes collines sont en général très disséquées par des vallons dont la pente des versants est variable : elle peut être très raide et être en Corniche, en Escarpements ... etc ...

La colline de Lézignan à Moux est entourée par un relief en Cuesta. (Les pendages des couches sont modérés et de sens divers - voir l'étude tectonique - ; la direction des couches est représentée sur la carte pédologique).

1.2 - LES BASSES COLLINES

D'altitude maximum 150 mètres, elles sont localisées dans la partie occidentale du secteur et se distinguent nettement des hautes collines par leur topographie.

Les affleurements du substratum sont des marnes argileuses, des grès calcaires et des poudingues à galets siliceux et calcaires.

Les couches présentent une direction Nord-Est - Sud-Ouest à pendage général Nord-Ouest.

Ces basses collines sont également disséquées par des vallons, dont les versants sont moins importants que ceux des hautes collines.

L'érosion linéaire creuse les poudingues et détache leurs éléments aboutissant parfois à un relief en croupe qui porte des sols évolués (bruns calcaires ou même fersiallitiques), ces sols sont développés après la formation des croupes.

L'érosion dynamique est intense particulièrement sur les marnes.

1.3 - LES PLAINES D'ACCUMULATION

Leurs altitudes varient entre 30 et 80 mètres : elles s'étendent entre le château de Sérème et Castelnaud d'Aude et à la périphérie du secteur.

L'Aude et ses alluvions d'une part, et d'autre part les colluvionnements issus des formations géologiques proches, sont les agents de creusement et d'édification de ces plaines.

Elles forment une zone relativement plane présentant parfois des bas-fonds peu étendus dont les exutoires sont insuffisants.

De nombreux ruisseaux provenant des hautes et basses collines se dirigent vers ces plaines. Dans la plaine d'Escales ces ruisseaux sont des affluents de la Jourre, collecteur principal de toutes les eaux de ruissellement.

Les matériaux des plaines sont généralement fins, de texture variable, limoneux en général.

La surface des sols de ces plaines ne sont pas parfaitement stables car les eaux de ruissellement peuvent ici également provoquer de l'érosion.

1.4 - LES TERRASSES ALLUVIALES

D'altitude maximum 82 mètres, elles se distinguent des plaines d'accumulation par leur structure et leur genèse.

Elles sont formées de matériaux caillouteux (galets siliceux et calcaires) mis en place par l'Aude au Quaternaire moyen et récent.

Elles sont surtout localisées dans la plaine d'Escales, en nombreuses surfaces disséminées. Leurs surfaces stables portent généralement des sols anciens (paléosols) ; certaines d'entre elles ont été fortement influencées par l'érosion ; dans ce cas elles portent des sols jeunes. (Voir première partie, chapitre 1 : 2.1.3.1)

2 - PROCESSUS PEDOGENETIQUES DES SOLS

2.1 - GENERALITES

Le résultat de l'altération de la roche mère au cours de la pédogénèse constitue le "complexe d'alteration" qui contient des minéraux solubles, amorphes, et cristallins.

L'altération de la roche mère se fait en premier lieu par un mécanisme physique et mécanique accompagnée d'action chimique et qui transforme la roche massive en débris plus petits.

Les agents physiques de cette altération sont : le gel, la température, l'eau, le vent, les sels, la végétation. L'altération physique favorise la transformation chimique des minéraux qui modifie les propriétés et les caractères de la roche.

Les agents chimiques de l'altération sont l'hydratation, la dissolution, l'hydrolyse.

L'action des animaux et des plantes est responsable de phénomènes de désagrégation biologique.

Ces divers agents ont concouru à la formation de sols très différents, pour la plupart des sols jeunes ; en effet, les affleurements de marnes, de grès calcaires, les alluvions, et surtout les colluvions occupent une part très importante des surfaces.

Plus rarement, se sont formés des sols anciens, développés sur les matériaux des terrasses caillouteuses de l'Aude, et qui ont subi des pédogénèses successives, conduisant à des sols complexes, à profils actuellement très différenciés, sauf lorsque des tronçatures récentes les ont amputés de leurs horizons supérieurs.

Nous envisagerons les grands traits de la pédogénèse de la région étudiée ; ainsi nous parlerons séparément des processus pédogénétiques des formations Eocènes d'une part, des plaines alluvio-colluviales d'autre part, et enfin des formations caillouteuses du Quaternaire.

2.2 - LES FORMATIONS EOCENES

Les formations calcaires de l'Eocènes inférieur et moyen sont constituées de faciès différents, et présentent ainsi des caractères variables.

On rencontre sur ces formations différents types pédogénétiques, à savoir :

- Sols squelettiques

Aucune évolution pédogénétique ; la roche mère est complètement mise à nu par l'érosion.

- Poches de sols très localisées

Sols ayant connu une certaine évolution pédogénétique, morphogénétique, climatique, et biologique mais peu exploitables pour l'agriculture. Non cartographiables à l'échelle du travail, elles ont été associées aux sols squelettiques.

- Sols minéraux bruts de roches meubles.

L'évolution pédogénétique est plus importante ; ils sont cartographiables à l'échelle du travail. L'intervention humaine peut améliorer leurs caractères chimiques et biologiques.

- Sols minéraux bruts d'apport colluvial

Ils sont plus ou moins profonds, possèdent les mêmes caractères chimiques que les matériaux parentaux. Ils sont soumis à la culture et l'intervention humaine a provoqué des perturbations dans leurs équilibres biochimiques.

2.3. - LES PLAINES ALLUVIO-COLLUVIALES

Les apports anciens et actuels des matériaux de l'Eocène et de l'Aude ont donné naissance à ces sols.

- Sols profonds.

Ils constituent de bonnes zones agricoles occupées par vignes et parfois par pommiers.

La pédogénèse de ces sols s'effectue sous l'action combinée des facteurs morphogénétiques, climatiques et biologiques depuis une date ancienne et jusqu'à aujourd'hui. Ils sont de teintes brunes plus ou moins marquée en surface.

2.4 - LES FORMATIONS CAILLOUTEUSES DU QUATERNAIRE

Les sols évolués sur les matériaux caillouteux des terrasses alluviales du secteur, ont une histoire pédogénétique différente de tous les autres types.

Ces sols ont rencontré plusieurs sortes de conditions climatiques. Certains caractères de ces sols tels que : coloration rouge, horizon d'accumulation argileuse (Bt), formation d'horizons indurés (croûte et encroûtement calcaires) sont des signes pédogénétiques anciens.

Le paléoclimat est le premier responsable de la formation de ces caractères, d'autres facteurs importants (comme par exemple l'intervention humaine) pouvant être considérés comme secondaires.

L'évolution pédogénétique des sols des terrasses dans le secteur, s'est effectuée en plusieurs temps, et certains niveaux des terrasses ont vu des environnements successifs différents de l'environnement actuel. Ainsi la pédogénèse des sols fersiallitiques de la terrasse alluviale de l'Aude (niveau du "Le plô") a commencé probablement dès l'époque Mindel et a été affectée par des paléoclimats du Quaternaire plus récent tels que ceux de l'époque du Riss et du Würm.

3 - LEGENDE DES CARTES PEDOLOGIQUES

Nous avons dressé deux cartes :

- carte pédologique
- carte des caractéristiques des sols élaborées à partir de la précédente

Ces deux cartes sont des documents de base pour dresser des cartes thématiques diverses.

3.1 - LEGENDE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE

La carte pédologique a été établie d'après notre prospection cartographique, l'examen des coupes naturelles et la description de 64 sondages.

La classification utilisée est la classification française d'*Aubert et Duchaufour*, reprise et complétée par la commission de pédologie et cartographie des sols.

Elle comporte la répartition des sols en :

	<i>En fonction des <u>conditions</u> :</i>
<i>Classes</i>	<i>physiques ou climatiques,</i>
<i>sous-classes</i>	<i>physico-chimiques</i> <i>chimiques</i>
<i>Groupes</i>	<i>Définis par des <u>caractères morphologiques du profil</u> correspondant à des <u>processus d'évolution des sols</u> avec des <u>intensités très différentes.</u></i>
<i>sous-groupes</i>	<i>Traduisant des <u>variations d'intensité</u> ou de <u>processus secondaires.</u></i>
<i>Faciès</i>	<i>Correspondant à des stades d'évolution</i>
<i>Familles</i>	<i>En fonction des <u>caractères pétrographiques</u> de la roche mère ou du matériau originel.</i>
<i>Séries</i>	<i>Une série est l'ensemble des sols qui présentent sur un matériau originel de composition lithologique définie, et dans des positions comparables dans le paysage, <u>le même type de profil.</u> Les profils des sols d'une série sont semblables non seulement par la succession, l'aspect et la constitution générale de leurs divers horizons, mais aussi par l'ordre de grandeur de l'épaisseur de chacun de ces derniers. Cet ordre de grandeur est envisagé en fonction de l'influence possible de la présence de chacun d'eux sur les propriétés générales des sols.</i>
<i>Sous-séries</i>	<i>D'après les troncatures de l'horizon supérieur, les recouvrements de faible épaisseur, ou l'apparition de légers caractères d'hydromorphie en profondeur.</i>
<i>Type</i>	<i>A l'intérieur d'une série les sols ayant la même texture de l'horizon superficiel appartiennent aux mêmes types.</i>
<i>Phase</i>	<i>Lorsque des phénomènes naturels (érosion, colluvionnement, action des animaux et des végétaux), ou l'action de l'homme modifient de façon éventuellement temporaire la nature, l'organisation et la dynamique des horizons superficiels d'une série, on peut en tenir compte en divisant cette série en phases.</i>

La légende de la carte pédologique se rattache à la classification ci-dessus ; elle réunit des unités cartographiques simples, tirées directement de la classification et elle est présentée sur le tableau à déplier ci-contre.

3.2. - LEGENDE DE LA CARTE DES CARACTERISTIQUES DES SOLS

La carte des caractéristiques des sols, établie d'après la carte pédologique est une carte des caractéristiques principales des sols intéressant l'agronomie (°) :

- . profondeur utile : Sols profonds
Sols approfondissables
Sols peu profonds
Squelettiques (minces)
- . texture : représentée en 8 classes comme sur la carte pédologique
- . présence ou absence de calcaire
- . charge caillouteuse (au delà de 25 % d'éclats ou de galets en surface)
- . l'hydromorphie (surcharges bleues)
- . sols dont l'assainissement est nécessaire
- . pente (figurée par des hachures verticales)
- . réserve facilement utilisable : un chiffre

La légende de la carte des caractéristiques des sols est présentée sur le tableau à déplier ci-contre.

(°) Voir page 106

Profils granulométriques de la terre fine des principaux sols

de la région de l'Aiznas - Corbières

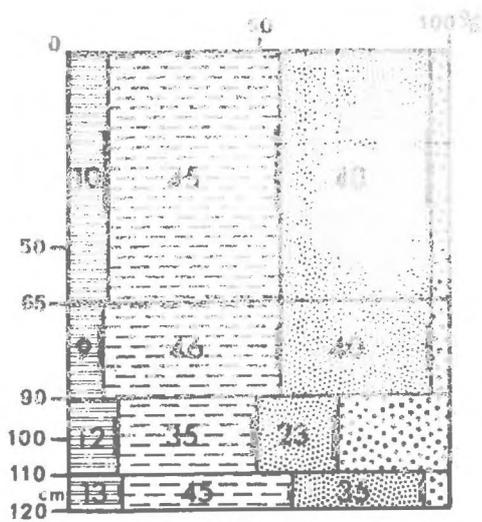


Fig. 1 : sol légèrement brunifié d'apport alluvio-colluvial de texture moyenne.

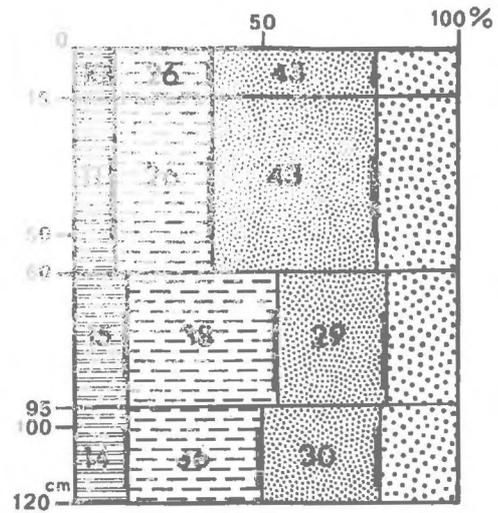


Fig. 2 : sol légèrement brunifié d'apport alluvio-colluvial sur un sol brun calcaire de texture moyenne.

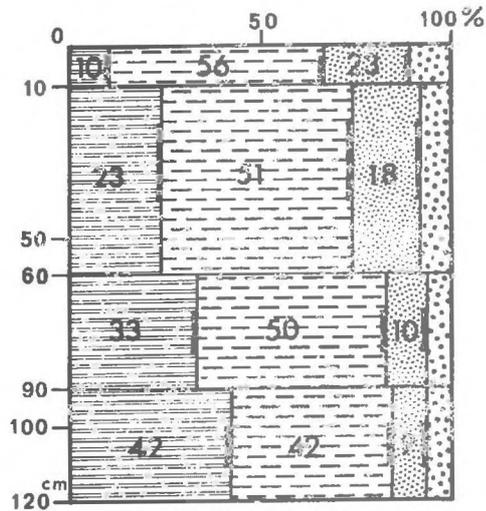


Fig. 3 : Sol légèrement brunifié d'apport alluvio-colluvial sur un sol brun calcaire fortement hydro-morphosé en profondeur.

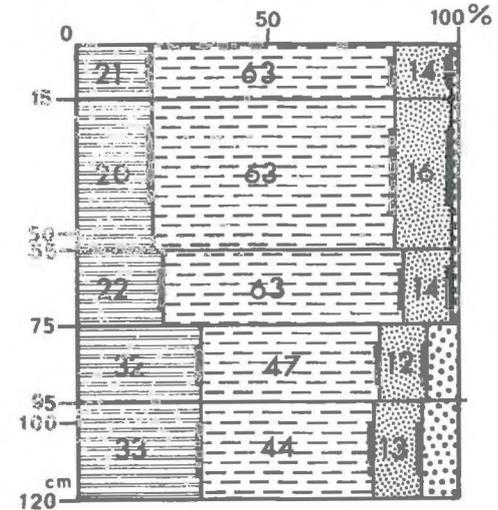


Fig. 4 : sol légèrement brunifié d'apport alluvio-colluvial sur un sol brun calcaire à accumulation calcaire.

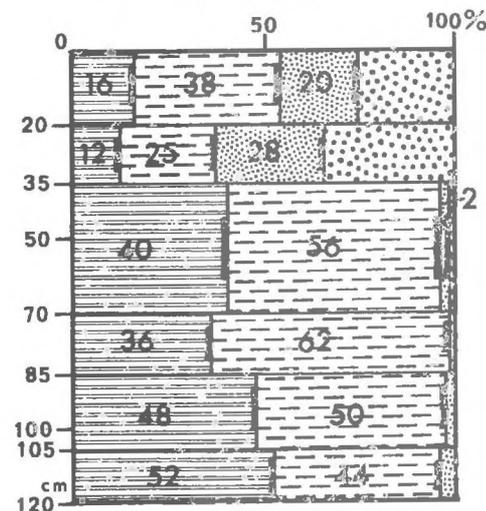
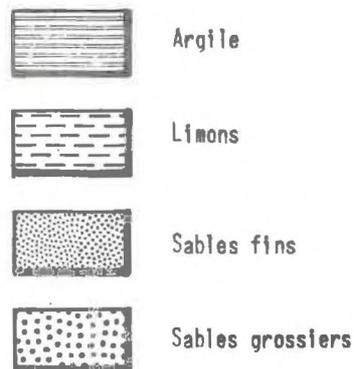


Fig. 5 : sol légèrement brunifié d'apport alluvio-colluvial salé sur un sol faiblement salin à alcalis.



Chapitre trois

Description des sols

Les sols sont décrits selon l'ordre adopté sur la légende de la carte pédologique.

Les sols minéraux bruts et les sols légèrement brunifiés d'érosion, qui présentent un intérêt très faible du point de vue agronomique, ne seront pas décrits (sols généralement minces sans cesse rajeunis par l'érosion, ils sont situés dans des zones hautes non aptes à l'irrigation par aspersion, et de pentes supérieures à 15 %).

Les autres types des sols sont :

1 - SOLS PEU EVOLUES

1.1 - Généralités

Les sols peu évolués se différencient :

- des sols minéraux bruts par l'existence d'un horizon A,
- des sols calcimagnésiques par l'absence d'horizon B.

Leur profil est du type AC.

Dans le secteur étudié, les matériaux qui ont donné naissance à ces sols sont les marnes, les grès, les poudingues, les colluvions et les alluvions de l'Aude et des ruisseaux.

Ils fossilisent parfois les sols calcimagnésiques.

1.2 - Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial

Profils : To 10 - Lc 13 - Es 9 - Es 10 - To 4 - Cas 3 - Stc-A1 - Stc-A5 - Stc-A3 -

Ces sols constituent de très bonnes zones agricoles : ils sont profonds, de texture moyenne en général, tous calcaires (10 à 25 % de calcaire total en surface) ; leur structure est satisfaisante (sauf dans les cas exceptionnels de sols salés) ; ils présentent des caractères d'hydromorphie (endohydromorphie et exohydromorphie).

On les rencontre :

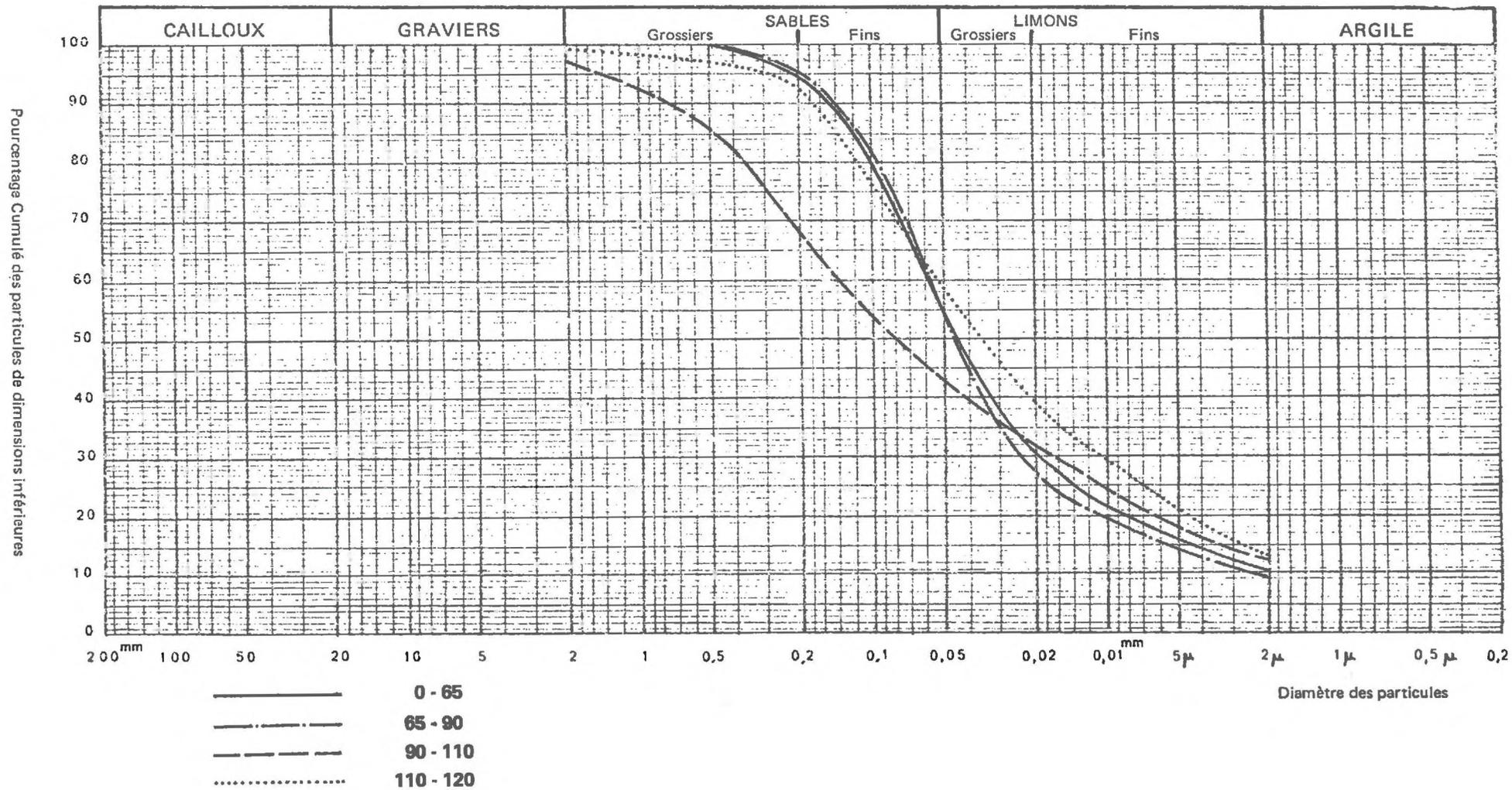
- . aux environs de Sérème, Tourouzelle, Castelnaud d'Aude, Requecourbe-Minervoies, St Comat d'Aude ;
- . au centre du secteur, c'est-à-dire dans la plaine d'Escales où ils occupent une grande surface recouverte par la monoculture de vigne, ils présentent parfois des taches de salure.

Nous allons étudier deux sondages représentatifs de ces types de sols et interpréter leurs caractères hydrodynamiques, physiques, et chimiques.

COURBES GRANULOMÉTRIQUES

Profil : 708 Lc 7/8 To 10

Type de sol : sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial calcaire de texture moyenne



Il s'agit des sondages :

To 10 : x = 634,08 y = 105,100 Altitude = 30 m
 To 4 : x = 628,580 y = 105,640 Altitude = 40 m

1.2.1 - Granulométrie des échantillons du sondage To 10

Sondage : T 0 10		Sables					Limons		Argile
Profondeur des horizons en cm	terre fine %	Sables grossiers		Sables fins			grossiers	fins	
		1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,002	
0-65	99	tr	tr	4	15	25	26	19	10
65-90	99	tr	tr	4	15	23	31	17	9
90-110	94	3	6	20	13	10	14	21	12
110-120	100	1	1	4	15	20	20	25	13

D'après l'échelle des textures (2ème partie, chapitre I, tableau 2.1.1), pour l'ensemble du profil, le sol présente une texture 5 : moyenne dans l'ensemble du profil.

On voit que les sédiments sont fins car la presque totalité des matériaux ont un diamètre inférieur à 0,5 millimètre.

1.2.2 - Les courbes granulométriques cumulées et le profil granulométrique

Les courbes granulométriques présentées ci-contre, sont des courbes représentatives de matériaux fins parmi lesquels on ne rencontre pas d'éléments grossiers (graviers et cailloux) ; elles traduisent l'homogénéité de la texture pour l'ensemble des horizons : d'après les courbes granulométriques le pourcentage des particules comprises entre 0,5 et 2 millimètres est de 99 - 90 = 9 % pour le troisième horizon et de 100 - 98 = 2 %, pour le quatrième alors que dans les premiers horizons toutes les particules ont un diamètre inférieur à 500 microns.

Le profil granulométrique (voir en tête de chapitre fig. 1), montre la variation de la texture en fonction de la profondeur. Ainsi il indique une légère augmentation du taux d'argile pour les horizons profonds, le pourcentage de

limons et de sables fins et grossiers reste constant jusqu'au niveau de 90 cm ; ensuite, après une légère diminution entre 90 et 110 cm il croît de nouveau jusqu'à 120 cm.

L'augmentation du taux d'argile ne provient pas d'un lessivage des horizons supérieurs vers les horizons inférieurs, ni d'un phénomène de néoformation (puisque les sols sont jeunes et qu'il n'y a pas eu d'évolution pédogénétique importante) ; par contre elle traduit le mode de sédimentation de ces dépôts.

1.2.3 - Caractéristiques hydrodynamiques

Le tableau suivant résume les propriétés hydrodynamiques de ces sols.

Sondage : T O 10			Vitesse de filtration après 3 h K ₂ cm/s	Densités apparentes			Capacité de rétention		Indice de compacité
Profondeur des horizons en cm	éléments grossiers pour 100	terre fine pour 100		Vergières (ou estimation)	partielle	au densitomètre	Hea %	mm/cm	
			0-65						1
65-90	1	99	$1,7 \cdot 10^{-4}$	1,54	1,54	1,59	15	2,3	4-5
90-110	6	94	$6 \cdot 10^{-4}$	1,58	1,48	1,72	14	14	6-7
110-120	-	100		(1,55)	(1,55)		17	17	5

D'après ce tableau on voit que les sols ne présentent pas une bonne perméabilité : au niveau (65 - 90) le sol est peu "perméable" ou "moyennement perméable" et au niveau (90 - 110) la perméabilité augmente suffisamment pour que l'on puisse classer ce sol dans la catégorie "moyennement perméable" ;

L'humidité équivalente ne présente pas une valeur élevée ; elle augmente proportionnellement avec le taux d'argile (humidité équivalente est de 12 % pour le sol grossier et 24 % pour un sol fin) ;

La capacité de rétention cumulée jusqu'au niveau 120 cm est de 268 mm et la dose pratique d'arrosage de 80 mm ;

L'indice de compacité est supérieur à 6 (6 à 7) pour le 3ème horizon et pour les autres horizons, il est inférieur à 6 : il varie de 4 à 6.

1.2.4 - Analyse chimique

L'analyse chimique a été effectuée uniquement pour l'évaluation du taux de calcaire : sur l'ensemble du profil le taux de calcaire total varie de 15 à 20 % et le taux de calcaire actif de 2 à 5 %.

1.25 - Conclusion

D'après les résultats analytiques et l'observation sur le terrain on peut dire que ces sols présentent en général une texture peu favorable.

On note sur l'ensemble du profil de ce type de sol l'absence presque complète de sables grossiers et un taux peu élevé d'argiles ; sa richesse en limons et en sables fins d'une part et sa pauvreté en matière organique d'autre part font que le sol sera facilement compactable et érodable.

1.2.6 - Description du sondage To 4

Il s'agit des sols peu évolués d'apports alluviaux récents de l'Aude et de colluvions de ruisseaux issus des terrains calcaires de l'Eocène inférieur et moyen proches.

La majeure partie des matériaux de ces sols ont été mis en place par l'Aude.

Le sondage se trouve au lieu-dit "Debenas" dans une zone à matériaux homogènes, occupée par la culture du pommier ; il y existe un réseau d'irrigation collectif.

0-15 10 YR 5/4 texture : sable limoneux. Réaction à Cl'H 1/2 forte ; consistance de l'horizon : meuble et peu résistant ; structure continue légèrement motteuse et grumelleuse, très fragile ; macroporosité grossière ; porosité moyenne à forte ; quelques graviers à sable grossier ; quelques débris de coquilles, nombreux micas blancs.

15-60 10 YR 5/4 texture : sable limoneux ; consistance friable ; structure continue et remontées de structure continue à tendance polyédrique fine ; porosité forte très bien répartie ; activité biologique forte très mal répartie (uniquement dans les remontées) ; racines et radicelles de pommiers nombreuses très bien réparties ; débris de coquilles : Hélix ; nombreux micas blancs, petites lentilles plus claires plus sableuses ; poches de l'horizon 3 remontées avec nombreux turricules de lombrics et pseudomy-célium.

60-95 10 YR 4/3 texture : limon argilo-sableux ; réaction à Cl_H 1/2 forte ; consistance : peu résistant ; structure polyédrique légèrement figée à polyédrique fine à tendance prismatique ; porosité moyenne à forte, très bien répartie ; activité biologique moyenne assez bien répartie ; racines de pommiers peu nombreuses, assez bien réparties ; pseudomycélium abondant ; rares galets à sable grossier ; débris de coquilles Hélix ; nombreux turricules de lombrics ; quelques taches brunes et rouille d'oxydes métalliques ; racines pourries plaquées contre les interfaces.

95-120 10 YR 5/2 texture : sable argilo-limoneux ; réaction à Cl_H 1/2 forte ; consistance : peu résistant ; structure continue à tendance polyédrique figée par le calcaire ; cohésion des éléments structuraux : très forte ; porosité moyenne assez bien répartie ; activité biologique moyenne assez bien répartie ; quelques fins canalicules ; racines de pommier très rares ; rares galets à sable grossier ; pseudomycélium abondant ; débris de coquilles Hélix ; taches brunes et rouille d'oxydes métalliques ; mica blanc.

Cette description met bien en évidence deux phases de sédimentations : l'horizon 1 et 2 d'une part (alluvions de l'Aude), et, d'autre part, 3 et 4 (colluvions des formations de l'Eocène proche).

1.2.6.1.7 Granulométrie de la terre fine

Sondage : T 0 4		Sables					Limons			Argile
Profondeur des horizons en cm	terre fine %	Sables grossiers		Sables fins			grossiers		fins	
		1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,002		
0 - 15	99	tr	3	17	21	22	16	10	10	
15 - 60	99	1	3	15	21	22	16	10	11	
60 - 95	99	1	4	12	13	16	23	15	15	
95 - 120	99	1	4	14	15	15	19	17	14	

D'après l'échelle des textures (voir 2ème partie, chapitre I, tableau 2.1.1) l'ensemble du profil présente une texture légère sur moyenne.

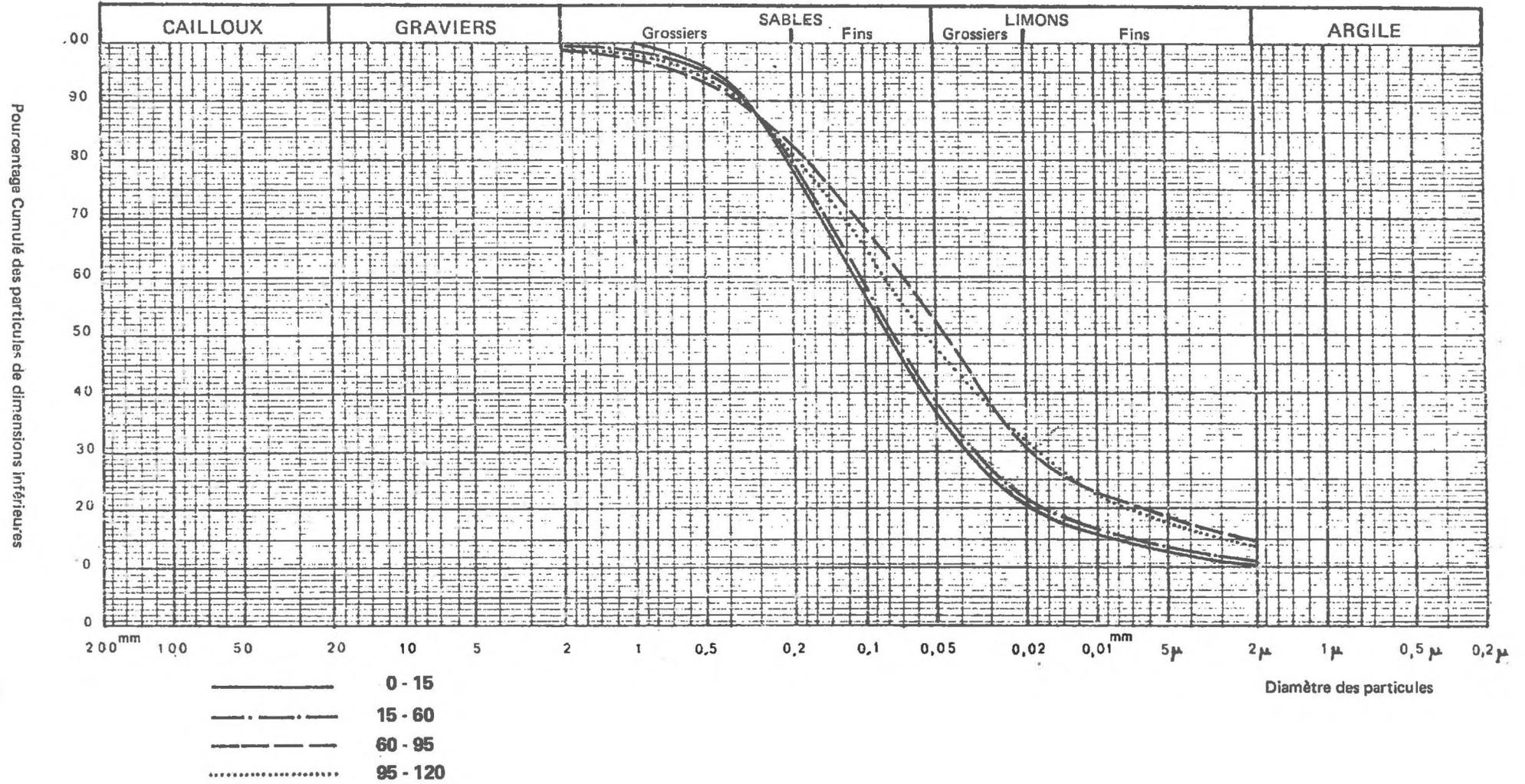
Les dépôts présentent des matériaux très fins car le quasi-totalité des particules sédimentaires possèdent un diamètre inférieur à 0,5 millimètre.

Par comparaison avec la granulométrie du sondage précédent (To 10), on remarque une augmentation du pourcentage des particules de dimensions de 0,2 à 0,5 millimètres.

COURBES GRANULOMÉTRIQUES

Profil : 709 Lc 5/6 To 4

Type de sol ; Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial sur sol brun calcaire de texture moyenne



1.2.6.2.- Les courbes granulométriques cumulées et le profil granulométrique

Les courbes granulométriques, ci-contre, présentent une allure très homogène dans tout le profil.

D'après ces courbes le pourcentage des éléments ayant un diamètre supérieur à 500 microns n'est que de l'ordre de 3-5 % dans tout le profil.

Dans l'ensemble, ces courbes ont presque les mêmes allures que celles du sondage précédent ; par conséquent, leur interprétation est plus ou moins identique. La figure 2, en tête du chapitre, montre la variation de la texture et les pourcentages des différentes fractions en fonction de la profondeur.

Des niveaux supérieurs aux niveaux inférieurs, on remarque une diminution du taux de sable fin ; le pourcentage des sables grossiers reste invariable dans tout le profil et leurs valeurs globales sont supérieures à celles du sol décrit précédemment.

1.2.6.3- Les caractéristiques hydrodynamiques

Sondage : T O 4			Vitesse de filtration après 3 h K ₂ cm/s	Densités apparentes		Capacité de rétention		Indice de compacité	
Profondeur des horizons en cm	éléments grossiers pour 100	terre fine pour 100		Vergières (ou estimation)	partielle ou densitomètre	H _{eq} %	mm/cm		
0 - 15	1	99		(1,35)		11	1,5	> 9	
15 - 60	1	99	- 3 2,9 . 10	1,37		1,47	11	1,5	> 9
60 - 95	1	99	- 3 1,1 . 10	1,44		1,62	15	2,1	6-7
95 - 120	1	99	- 3 1,1 . 10	1,54		1,66	15	2,3	5

. La vitesse de filtration est meilleure que celle du sol décrit précédemment (To 10). Ces sols entrent dans la catégorie des "sols perméables";

. L'épaisseur utile est supérieure à 120 cm et la dose pratique maximum pour cette profondeur est de 66 mm (capacité de rétention 221 mm) ;

L'indice de compacité est supérieur à 6 jusqu'au niveau 95 cm (très bonne structure) et il est inférieur à 5 pour le 4ème horizon.

1.2.6.4- Analyse chimique

Le taux de calcaire total varie entre 5 - 15 % et celui du calcaire actif est inférieur à 5 % dans tout le profil.

Le rapport de C/N est de 7,5 pour le premier horizon et de 8 pour le deuxième niveau. La valeur de phosphore (Truog en ppm) est de 48 dans le premier horizon et de 31 dans le deuxième.

N.B. : On considère que l'apport d'amendement phosphaté est inutile quand il existe déjà les valeurs suivantes dans le sol :

Vigne	30 - 35 ppm
Culture fruitière	50 ppm
Culture maraichère	70 - 80 mm

1.2.6.5 - Conclusion

D'après le résultat de l'analyse mécanique la texture de ces sols est favorable ; leur structure est bonne ; la porosité est satisfaisante, les caractères d'endohydromorphie sont peu accentués, le taux de calcaire est faible à moyen ; l'aptitude de ces sols à l'irrigation est excellente.

° °
°

1.3 - SOLS LEGEREMENT BRUNIFIES D'APPORT ALLUVIO-COLLUVIAL SUR UN SOL BRUN CALCAIRE FORTEMENT HYDROMORPHISE EN PROFONDEUR

Sondage représentatif StC-A5 x = 624,17 ; Y = 99,680 ; altitude 55 m

Observation du profil :

0-10 10YR 5/6 texture : limon argilo-sableux ; réaction à ClH 1/2 forte ; consistance de l'horizon meuble et peu résistant ; structure grumeleuse et continue, motteuse ; macroporosité grossière ; racines et radicules de végétation spontanée ; rares galets à sable grossier ; quelques débris de coquilles Hélix.

- - - - -Semelle de labour - - - - -

10-60 10 YR 5/6 texture limono-argilo-sableuse ; réaction à ClH 1/2 forte ; consistance résistante ; structure continue à tendance polyédrique et poches à structure polyédrique fine. Cohésion des éléments structuraux forte et moyenne ; activité biologique forte, assez bien répartie ; racines et radicules de vigne très bien réparties. Quelques graviers à sable grossier ; quelques débris de coquilles Hélix. Poches remontées du troisième horizon. Turricules de lombrics. Taches brunes et rouille d'oxydes métalliques.

- - - - -Semelle de défoncement - - - - -

60-90 10 YR 4/2 texture d'argile limono-sableuse ; réaction à ClH 1/2 forte ; consistance résistante ; structure prismatique, sous-structure polyédrique ; quelques agrégats cubiques ; cohésion des éléments structuraux forte et très forte. Porosité faible et moyenne, très mal répartie. Activité biologique faible à moyenne, très mal répartie et fentes de retrait. Racines de vigne, rares à assez nombreuses, surtout dans les fentes de retrait, plaquées entre les parois ; rares galets à sable grossier, débris de coquilles Hélix ; plaquages limoneux et sabloneux contre les parois des agrégats. Taches brunes et rouille d'oxydes métalliques.

90-120 10 YR 3/2 Réaction à ClH 1/2 forte ; structure polyédrique ; agrégats cubiques ; cohésion des éléments structuraux ; forte. Porosité faible à moyenne, très mal répartie, fins canalicules, fentes de retrait. Pas de racines de vigne. Rares galets. Débris de coquilles Hélix. Nombreuses taches brunes, rouille d'oxydes métalliques. Nombreuses surfaces obliques de glissement.

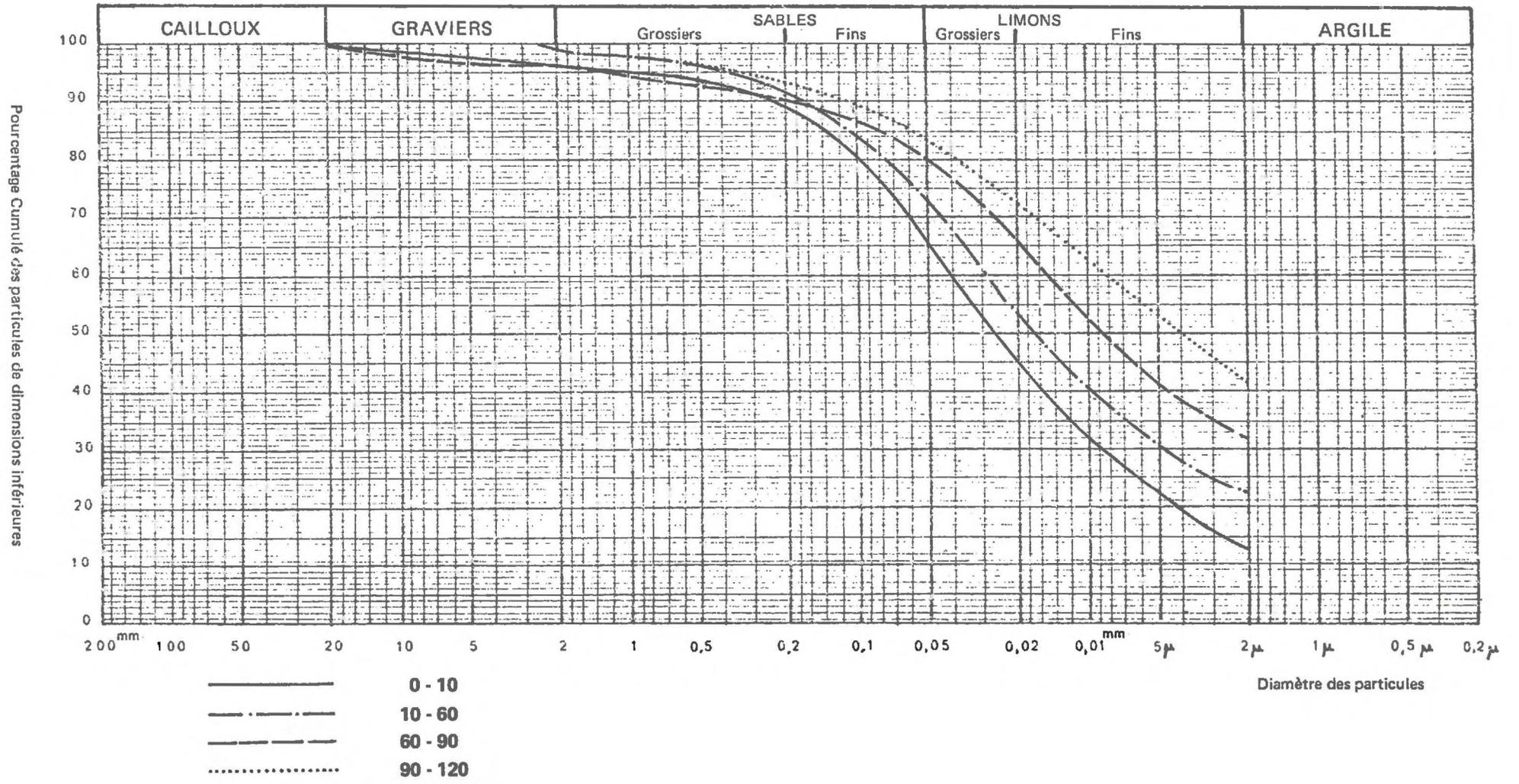
L'observation du profil montre en profondeur un sol brun calcaire tronqué, fossilisé par un sol légèrement brunifié d'apport.

Ces sols présentent de forts caractères d'exo et d'endohydromorphie. De plus ils sont situés dans une zone inondable (voir la carte des caractéristiques des sols).

COURBES GRANULOMÉTRIQUES (1.3.1.)

Profil : 709 CP 1/2 Stc A 5

Type de sol : Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial sur brun calcaire à forts caractères d'hydromorphie



1.3.1 - Granulométrie, courbes granulométriques cumulées, profil granulométrique

Les résultats de l'analyse mécanique sont présentés dans le tableau suivant (voir les courbes granulométriques 1.3.1 et le profil granulométrique présentés en tête du chapitre - figure 3).

Sondage : Sc - A 5		Sables					Limon		Argile
Profondeur des horizons en cm	terre fine %	Sables grossiers		Sables fins			grossier	fin	
		1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,002	
0 - 10	97	1	2	4	9	14	24	32	14
10 - 60	99	1	2	4	8	10	20	31	23
60 - 90	97	1	2	3	4	6	14	36	33
90 - 120	100	1	2	3	4	5	11	31	42

D'après le résultat mécanique et l'échelle des textures, le sol a une texture moyenne sur fine (6) : les pourcentages d'argile augmentent en fonction de la profondeur, on remarque que le pourcentage des éléments fins présents dans ces dépôts est nettement plus élevé que celui observé dans les sondages To 10 et To 4. (cette granulométrie met en évidence deux phases de sédimentation).

1.3.2 - Caractéristiques hydrodynamiques.

Le tableau ci-dessous montre les propriétés hydrodynamiques de ces sols.

Sondage : Sc - A 5			Vitesse de filtration après 3 h. K ₂ cm/s	Densités apparentes		Capacité de rétention		Indice de compacté	
Profondeur des horizons en cm	éléments grossiers pour 100	terre fine %		Vergières	partielle	au densitomètre	Heq %		mm/cm
			(ou estimation)						
0 - 10	3	97		1,6		18	2,8	0	
10 - 60	1	99	0	1,62		1,61	19	3,0	0
60 - 90	3	97		1,6		1,85	23	3,6	0
90 - 120	-	100		1,8		2,14	24	4,32	0

Après 3 heures de mise en eau, l'eau n'a pas percolé à travers le cube Vergières. La mesure a été effectuée sur l'échantillon prélevé dans le deuxième horizon uniquement.

L'indice de compacité est zéro dans tout le profil. Ces sols sont donc très peu perméables ; ils ont une capacité de rétention très élevée (329 mm pour une épaisseur de 100 cm correspondant à une dose pratique maximum de 100 mm).

L'épaisseur utile de ces sols est limitée à 100 cm de profondeur à cause des caractères très accentués d'endohydromorphie.

1.3.3. - Analyse chimique

Le taux de calcaire augmente avec la profondeur : calcaire total de 15 à 20 % et calcaire actif de 3 à 9 %.

Le rapport C/N = 9,2 dans le premier horizon et 10 dans le deuxième.

La valeur de P_2O_5 varie entre 45 et 48 ppm pour les deux premiers niveaux.

1.3.4 - Conclusion

Du point de vue agronomique ces sols entrent dans la catégorie des sols profonds, moyennement calcaires.

Ils présentent en profondeur de forts caractères d'endohydromorphie qui imposent de limiter leur épaisseur utile ; leur vitesse de filtration est très mauvaise ; l'indice de compacité traduit que des phénomènes d'asphyxie totale sont possibles.

Pendant les mois pluvieux, les eaux de ruissellement de surface issues des ruisseaux stagnent en surface de ces sols et il se produit un phénomène d'engorgement temporaire.

Il faut avant tout prévoir un système de drainage collectant les eaux de ruissellement et améliorer les conditions d'aération des horizons profonds.

1.4 - SOLS LEGEREMENT BRUNIFIES D'APPORT ALLUVIO-COLLUVIAL SUR SOL BRUN CALCAIRE A ACCUMULATION CALCAIRE

Au centre du secteur et au Sud de la Bastide de nombreux petits ruisseaux constituent des affluents du ruisseau de la Jourre, collecteur principal des eaux de ruissellement de la plaine alluviale d'Escales.

Les sols que nous allons étudier se trouvent de part et d'autre de la Jourre et se situent topographiquement dans une zone sub-plane.

L'état de surface de ces sols est battante et l'on y rencontre des réseaux polygonaux de fentes de retraits.

Deux sondages ont été effectués pour déterminer les principales caractéristiques de ces sols :

Lc 13 ; x = 632,00 ; y = 102,98 ; altitude 52 m ;

Es 9 ; x = 631,46 ; y = 102,840 ; altitude 50 m

Les descriptions du profil du sondage Lc 13 est la suivante :

Etat de surface : battante ; réseau polygonal de fentes de retrait ; légèrement motteuse.

0-15 10 YR 7/2 texture : limon argileux. réaction à ClH 1/2 forte. Structure grumeleuse et continue motteuse. Macroporosité grossière. Nombreuses racines et radicelles du blé. Quelques débris de coquilles Hélix, débris de paille en décomposition.

15-55 10 YR 7/2 texture : limon argileux. R.A.* forte. Structure continue à tendance polyédrique, sous-structure prismatique. Porosité moyenne très bien répartie. Activité biologique moyenne assez bien répartie. Assez nombreuses racines. Quelques débris de coquilles Hélix elegans. Rares graviers à sable grossier. Quelques fentes de retrait.

55-75 10 YR 5/2 texture : limon argileux. R.A. forte. Structure prismatique ; sous-structure polyédrique grossière et cubique. Porosité faible à moyenne, très mal répartie. Très rares racines, quelques débris de coquilles Petites lentilles plus claires. Taches d'oxydes métalliques grises, brunes, rouille.

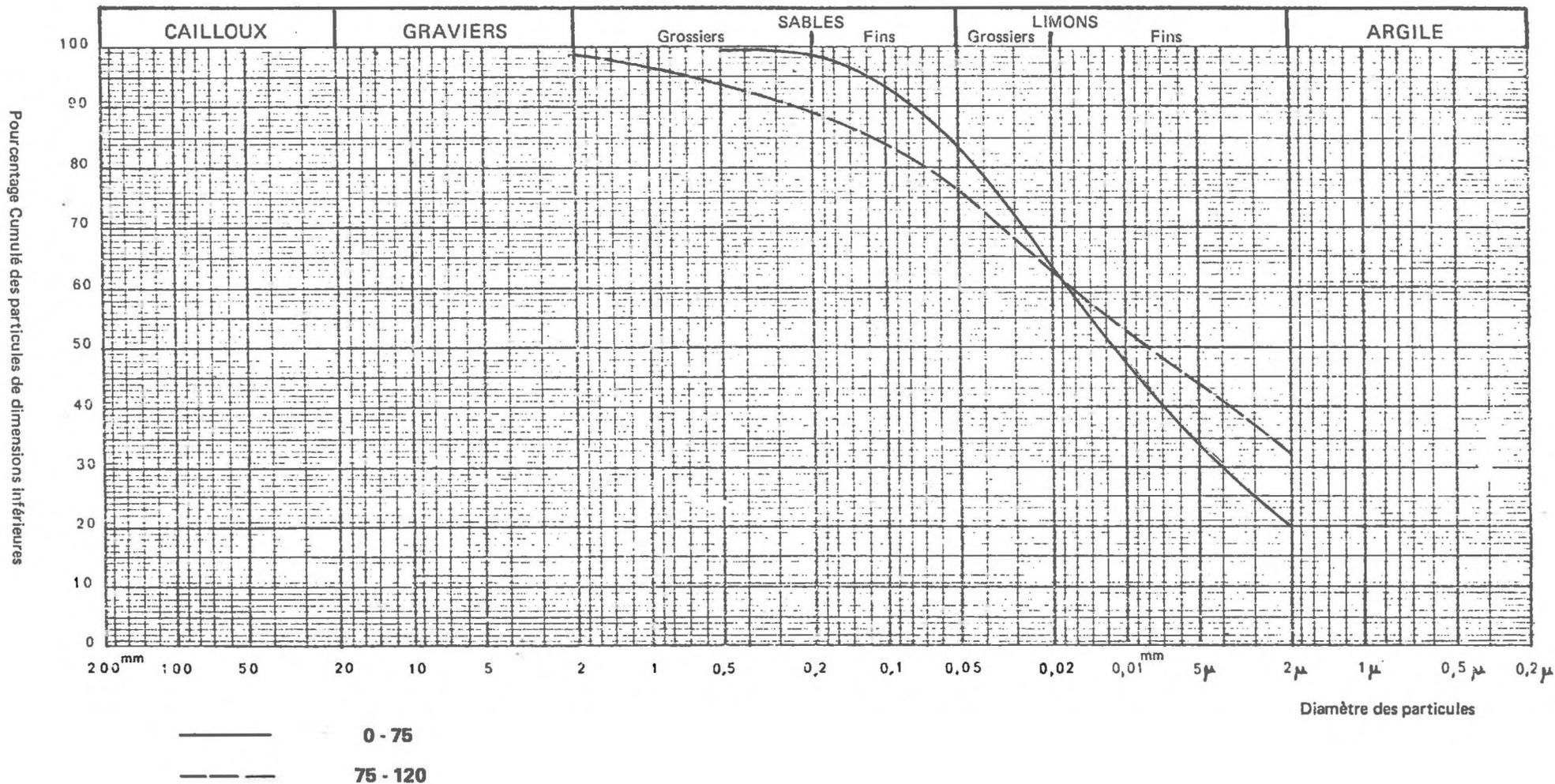
75-95 10 YR 4/1 texture : argile limono-sableux. R.A. forte. Structure prismatique sous-structure polyédrique grossière. Porosité faible à moyenne très mal répartie. Rares racines. Débris de coquilles. Taches dues à la réduction des hydroxydes métalliques. Placages limoneux plus clairs.

* R.A. = Réaction à ClH 1/2

COURBES GRANULOMÉTRIQUES (1.4.1.)

Profil : 708 Lc 7/8 Lc 13

Type de sol : Sol légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial sur sol brun calcaire à accumulation calcaire



95-120 10YR 5/1 Texture argile limono-sableuse. Structure polyédrique à polyédrique mal définie, à tendance prismatique. Réaction à ClH 1/2 très forte. Porosité moyenne assez bien répartie. Activité biologique faible à moyenne, très mal répartie. Racines très rares. Rares graviers à sable grossier. Quelques débris de coquilles. Nombreuses taches rouille, brunes, grises d'oxydes métalliques. Matériau devenant gris à la dessiccation.

L'observation du profil montre un sol brun calcaire à accumulation calcaire en profondeur. On rencontre une structure grumeleuse et continue à tendance polyédrique dans les niveaux supérieurs ; alors que dans des horizons inférieurs elle a tendance à devenir prismatique. L'endohydromorphie est très accentuée en profondeur. L'épaisseur utile a été estimée sur le terrain à 100 cm. Les conditions de drainage sont mauvaises.

1.4.1 - Granulométrie, courbes granulométriques cumulées et profil granulométrique.

Le tableau ci-dessous résume le résultat de l'analyse mécanique. Le profil granulométrique a été présenté en-tête du chapitre - figure 4 (voir les courbes granulométriques 1.4.1).

Sondage : L C 13		Sables					Limons		Argile
Profondeur des horizons en cm	terre fine %	Sables grossiers		Sables fins			grossier	fins	
		1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,002	
0 - 15	100	tr	tr	1	6	8	21	42	21
15 - 55	100	tr	tr	1	6	10	21	42	20
55 - 75	100	tr	tr	1	6	8	21	42	22
75 - 95	99	1	2	4	5	7	14	33	32
95 - 120	99	1	3	5	5	8	15	29	33

Les résultats de l'analyse mécanique mettent bien en évidence la texture défavorable de ces sols, la figure 4 (en-tête du chapitre) montre que 80 à 85 % des matériaux ont un diamètre inférieur à 50 microns : c'est la fraction limoneuse qui présente le pourcentage le plus élevé ; le taux d'argile augmente avec la profondeur ; tandis que celui des limons décroît.

La richesse des éléments en sable limoneux et en limons (compte tenu de la faible teneur en matière organique) favorise le compactage des horizons.

1.4.2 - Les caractéristiques hydrodynamiques

Le tableau suivant montre les principales caractéristiques hydrodynamiques de ces sols.

Sondage : L C 13			Vitesse de filtration après 3 h K ₂ cm/s	Densités apparentes		Capacité de rétention		Indice de compacité	
Profondeur des horizons en cm	éléments grossiers pour 100	terre fine pour 100		Vergières (ou estimation)	partielle	au densitomètre	H _{eq} %		mm/cm
0 - 15	-	100		(1,5)			22	3,3	3
15 - 55	-	100		(1,5)		1,76	22	3,3	3
55 - 75	-	100		(1,6)		1,81	21	3,4	2
75 - 95	1	99		(1,7)	(1,68)	1,92	24	4,0	0
95 - 120	1	99		(1,6)	(1,59)	1,82	22	3,5	0-1

La capacité de rétention, pour l'épaisseur utile envisagée, présente une valeur très élevée (417 mm) et la dose pratique d'arrosage est de 125 mm.

L'essai de perméabilité n'a pas été effectué mais, par comparaison avec celui qui a été pratiqué pour un sondage voisin, ces sols entrent dans la catégorie "moyennement perméable" (voir l'échelle de perméabilité (2ème partie chapitre I - tableau 2.2.1.2)).

L'indice de compacité montre qu'il peut se produire un asphyxie totale ou partielle dans ces sols.

1.4.3 - Analyse chimique

Les résultats de l'analyse chimique sont les suivants :

Calcaire total varie entre 25 et 35 %
Calcaire actif : varie entre 4 et 11 %
pH eau : varie entre 8,1 et 8,6
pH ClK : varie entre 7,4 et 8

Le rapport C/N = 12,1 dans le premier horizon ; et 11,8 dans le deuxième.
La quantité de phosphore est faible (9 ppm).

La capacité totale d'échange varie entre 10 et 15 meq pour 100 grammes de sol, et le complexe absorbant est principalement saturé par Ca⁺⁺

1.4.4 - Conclusion

Ces sols dont les conditions de drainage sont très mauvaises (forts caractères d'endohydromorphie en profondeur) et dont la texture est défavorable, sont sensibles au compactage, l'indice de compacité montre qu'il peut se produire des phénomènes d'asphyxie totale ou partielle.

Il faudrait donc avant tout envisager un réseau de drainage dont le collecteur principal serait la Jourre.

De plus, l'apport d'amendements phosphatés semble être nécessaire.

1.5 - Sols légèrement brunifiés d'apport colluvial

Ces sols sont développés dans les colluvions issues des formations calcaires de l'Eocène ; on les rencontre dans le secteur étudié sous forme de nombreuses surfaces disséminées. Ces colluvions ne contiennent pratiquement pas d'éléments grossiers ; elles constituent des sols profonds de texture moyenne sur l'ensemble du profil (parfois de texture légère sur moyenne) ; le taux de calcaire total en surface varie de 10 à 20 %.

On peut dire que les propriétés de ces sols sont en général moyennes. La vitesse de filtration varie entre 10^{-4} - 10^{-3} cm/s (sols "moyennement perméables") ; cependant on rencontre également des sols très peu perméables.

Leur épaisseur utile peut être limitée par certains accidents pédologiques ; tels que l'accumulation de calcaire, les caractères accentués d'endohydromorphie etc...

L'évolution pédogénétique de ces sols est plus avancée par rapport aux sols de même classe d'origine alluvio-colluviale ; ces sols ont en général tendance à devenir des sols plus évolués (tendance brun calcaire ainsi que le montre la structure de ces sols).

Les tranchées ouvertes sur ces sols ont mis en évidence l'existence de sols bruns calcaires en profondeur ; ceci se produit assez souvent.

Nous avons implanté quatre sondages dans les zones où l'on trouve ces sols.

Ro - M3 : x = 626,04 ; y = 101,42 ; altitude : 81 m
Cas 8 : x = 626,92 ; y = 102,82 ; altitude : 60 m
StC- A4 : x = 625,880 ; y = 100,07 ; altitude : 72 m
Es 11 : x = 628,63 ; y = 102,2 ; altitude : 85 m

Nous présenterons ci-dessous l'observation du terrain et les résultats analytiques du profil St Couat d'Aude, situé à l'Est de ce village, lieu-dit Cardanes :

L'état de surface motteuse et battante.

- 0-20 10 YR 5/6. Texture sableuse. Réaction à ClH 1/2 moyenne. Structure continue à tendance particulaire. Cohésion des éléments structuraux faible. Porosité moyenne à forte très bien répartie. Consistance friable à peu résistant. Rares racines et radicelles de vigne. Activité biologique moyenne, assez nombreux débris de coquilles. Quelques racines pourries de vigne, éparses dans l'horizon. Nombreux petits graviers à sable grossier
- 20-40 10 YR 5/6. Texture limon argilo-sableux. Réaction à ClH 1/2 moyenne. Structure continue, très compacte. Porosité très faible. Consistance : meuble à friable. Quelques racines et radicelles de vigne.
- - - - - Semelle de labour - - - - -
- 40-60 7,5 YR 5/6. Texture limon argilo-sableux. Réaction à ClH 1/2 moyenne à forte. Structure continue à tendance micropolyédrique fine par place. Cohésion des éléments structuraux faible à moyenne. Porosité moyenne, très bien répartie. Nombreuses racines et radicelles de vigne. Activité biologique moyenne à forte. Débris de coquilles. Quelques coquilles

entières d'*Hélix elegans*. Quelques graviers siliceux de moins de 2 cm de diamètre. Lacunes et canalicules.

60-80 7,5 YR 5/6. Texture sable argilo-limoneux. Structure polyédrique sub-anguleuse. Porosité moyenne très bien répartie. Consistance friable, assez nombreuses racines et radicelles de vigne. Quelques coquilles entières d'*Hélix*. Débris de coquilles assez nombreux. Quelques graviers de moins de 2 cm de diamètre. Activité biologique moyenne à forte. Lacunes et canalicules. Quelques racines pourries. Taches diffuses d'hydroxydes métalliques.

 2 cm - Croûte calcaire discontinue à pate gréseuse, fine

80-120 10 YR 5/6. Texture sable argilo-limoneux. Structure continue figée par le calcaire par place. Porosité moyenne très bien répartie. Consistance friable. Quelques veines rouges à structure polyédrique fine. Assez nombreuses racines et radicelles de vigne. Racines pourries éparées dans l'horizon. Activité biologique faible à moyenne. Rares débris de coquilles. Paillettes brillantes. Quelques concrétions calcaires très dures (dans la masse). Taches diffuses d'hydroxydes métalliques.

A partir de 80 centimètres de profondeur, l'épaisseur utile est limitée par l'accumulation calcaire sous forme d'un léger concrétionnement et par des taches diffusées d'hydroxydes métalliques.

Les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols sont en général moyennes.

Sondage : Sc - A			Vitesse de filtration après 3 h K ₂ cm/s	Densités apparentes			Capacité de rétention		Indice de consistance
Profondeur des horizons en cm	élem. gros-siers pour 100	terre fine pour 100		Vergières (ou estimation)	partielle	ou densitomètre	Heq %	mm/cm	
			0 - 20						3
20 - 40	3	97	1,7 · 10 ⁻³	1,51	1,46	2,03	15	2,2	5
40 - 60	1	99	1,7 · 10 ⁻⁴	1,63	1,61	1,74	17	2,7	3
60 - 80	2	98	6,7 · 10 ⁻⁴	1,47	1,44	1,59	19	2,7	4
80 - 120	1	99	3,3 · 10 ⁻⁴	1,46	1,44	1,66	19	2,7	4

La capacité de rétention cumulée jusqu'à une profondeur de 100 cm est de 211 et la dose pratique maximum est de 63 mm.

Résultats de l'analyse chimique :

Profondeur des horizons en cm	Calcaire %		C	N	P Truog ppm
	total	actif			
0 - 20	10	2	0,57	0,08	60
20 - 40	11	3	0,78	0,09	18
40 - 60	16	6	0,68	0,07	17
60 - 80	29	11			
80 - 120	32	11			

Le taux de calcaire actif augmente en fonction de la profondeur jusqu'à la valeur de 11 % aux niveaux inférieurs.

La composition granulométrique de la terre fine est la suivante :

Sondage : S ₄ - A 4		Sables					Limens		Argile
Profondeur des horizons en cm	terre fine %	Sables grossiers		Sables fins			grossier	fins	
		1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,002	
0 - 20	97	3	5	23	21	14	11	12	10
20 - 40	97	2	4	13	14	14	18	20	14
40 - 60	99	tr	3	10	13	16	17	23	17
60 - 80	98	2	4	12	15	17	15	20	14
80 - 120	99	1	3	11	16	19	15	17	16

Le pourcentage des sables est important dans tout le profil et, d'après l'échelle de texture, le profil présente une texture grossière sur moyenne.

En résumé : Il n'y a pas de problème particulier de mise en valeur ; l'indice de compacité est assez favorable et il varie entre 3 et 8 ; le complexe absorbant est saturé et le pourcentage de P_2O_5 est suffisant.

Certaines surfaces occupées par ces sols présentent des caractères d'endohydromorphie dus à l'existence d'horizons plus compacts, ou à une situation topographique particulière ; et il faudra le cas échéant y penser lors de la généralisation de l'irrigation.

1.6 - SOLS LEGEREMENT BRUNIFIES D'APPORT ALLUVIO-COLLUVIAL SALES SUR UN SOL SALIN FAIBLEMENT A ALCALIS

Au cours de la prospection de surface, nous avons rencontré quelques petites taches de salure dans le secteur.

L'étude de ces sols ne peut être abordée sans un rappel préalable sur le phénomène de salinité. Ce rappel permettra la classification et la caractérisation de sols salés observés.

1.6.1 - Généralité

La gènèse et l'évolution des sols salés dépendent de plusieurs facteurs, notamment, la situation topographique, la nature des sols etc...

Dans les régions tempérées, les sels solubles présents dans des formations géologiques et des matériaux des sols sont transportés vers les nappes phréatiques et ensuite entraînés vers des régions lointaines et vers les mers. C'est pour cela qu'il ne se forme pratiquement pas de sols salés dans les climats humides sauf dans des conditions particulières ; par exemple si le sol se trouve dans une zone basse au-dessous du niveau de la mer ou si le sol a été en contact avec l'eau de mer etc...

La formation des sols salés dans les régions arides et semi-arides à partir des sels d'origine géologique peut se produire à condition qu'il n'y ait pas de drainage profond.

Dans ces régions, l'absence ou l'insuffisance de drainage fait que le niveau des nappes phréatiques s'élève rapidement lors des pluies. Si une texture ou une structure défavorable ou si une situation topographique particulière empêchent la circulation de la nappe, si d'autre part il n'y a pratiquement pas d'exutoires naturels, on aboutit dans ces conditions à un engorgement temporaire et les sols sont inondés pendant une certaine période de l'année. Elles sont les facteurs de la pédogènèse des taches de salure du secteur.

On a rencontré des zones salées dans les bas-fonds où les eaux de ruissellement s'accumulent et où par conséquent le niveau de la nappe monte (engorgement temporaire).

La carte d'égale profondeur de la nappe (au dessous du terrain naturel) établie pour la période de basses eaux montre cette corrélation : les sols salés là où la nappe est la plus proche du sol ; nous y reviendrons (IIIème partie, chapitre 2).

1.6.2 - Méthodes de classification des sols salés

D'après la classification française (1967) la classe des sols sodiques est définie de la façon suivante :

"Sols dont l'évolution est dominée : soit par la présence de sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates, bicarbonates de sodium ou de magnésium) dont la teneur élevée peut les rendre apparents à l'examen visuel et provoque une modification importante de la végétation. La conductivité de leur extrait de pâte saturée est supérieure à 7 mmhos/cm à 25° ce chiffre doit intéresser l'ensemble du profil pendant une partie de l'année.

- ...soit par la présence de sodium échangeable (ou par le magnésium) avec apparition d'une structure massive diffuse et une compacité élevée. Le sodium occupe plus de 10 % de la capacité d'échange (lorsque le magnésium est dominant ce chiffre peut être supérieur).

Lorsque les sels solubles de sodium ou bien le sodium échangeable sont en quantité suffisante pour être notés, mais inférieurs aux chiffres indiqués ci-dessus, ils conduisent à classer les sols dans les unités inférieures d'autres classes.

Les sols dont la texture trop légère ne permet pas la confection d'une pâte saturée, n'appartiennent pas à la classe des sols sodiques. (Les sels solubles sont facilement éliminés, la capacité d'échange est très faible).

Par ailleurs dans la terminologie américaine ; le terme "salé" est utilisé pour les sols dont la conductivité de l'extrait aqueux de saturation

est supérieure à 4 mmhos/cm à 25° C et le pourcentage de sodium échangeable présent dans l'extrait inférieur à 15. Ces sols correspondent aux sols à alcalins blancs de Hilgard (1906) et aux Solontchak des techniciens russes des sols.

Si la conductivité de l'extrait de saturation est supérieure à 4 mmhos/cm à 25° C et le pourcentage de sodium échangeable supérieur à 15, on utilise le terme de "Sols salés à alcalis" .

Le terme de "sols non salés à alcalis" est appliqué aux sols pour lesquels le pourcentage de sodium échangeable est supérieur à 15 et la conductivité de l'extrait de saturation inférieur à 4 mmhos/cm à 25° C.

Le tableau 1.6.2 résume la classification américaine des sols salés à partir de la conductivité électrique de l'extrait de saturation et du pourcentage de sodium échangeable.

Type des sols salés	Conductivité de l'extrait de saturation en mmhos/cm à 25° C	% de Sodium échangeable
Sols salés	> 4	< 15
Sols salés à alcalis	> 4	> 15
Sols non salés à alcalis	< 4	> 15

Tableau 1.6.2 : Critères de la classification des sols salés.

On voit que lorsque le pourcentage du Sodium échangeable présent dans l'extrait de saturation prend des valeurs importantes, le sol est dit "à alcalis" pour estimation de ce Sodium échangeable à partir des données de l'extrait aqueux de saturation ; on utilise le S.A.R. (Sodium adsorption ratio).

$$S.A.R. = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}{2}}$$

Les ions sont exprimés en milliéquivalents.

On estime le degré de l'alcalinisation à partir des valeurs du S.A.R.

Tableau 1.6.2.a

S.A.R.	Degré d'alcalinisation
< 4	Pas d'alcalinisation
4 à 8	Faible alcalinisation
8 à 12	Alcalinisation moyenne
12 à 18	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

On peut également classifier les sols salés en tenant compte de la valeur du S.A.R. et de la conductivité de l'extrait aqueux de saturation.

Tableau 1.6.2.b

Conductivité de l'extrait aqueux de saturation en mmhos/cm à 25° C	S.A.R. = $\frac{\text{Na}}{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}$		
	0 à 4	4 à 10	Supérieur à 10
0 - 2		Sol non salin faiblement à alcalis	Solonetz ou non saline alcalis
2 - 4	Sol faiblement salin	Sol faiblement salin faiblement à alcalis	ou Sol à alcalis
> 4	Sol salé (Solontchak)	Sol salin faiblement à alcalis	Solontchak - Solonetz ou saline alcalis sol salin à alcalis

L'U.S. salinity Laboratory propose la définition d'une échelle de salure en fonction uniquement de la valeur de la conductivité de l'extrait aqueux de pâte saturée :

Tableau 1.6.2.c

Conductivité de l'extrait aqueux de saturation en mmhos/cm à 25°	Importance de la salinité
< 2	Sol non salé
2 - 4	Sol faiblement salé
4 - 8	Sol moyennement salé
8 - 16	Sol fortement salé
> 16	Sol excessivement salé

Des chercheurs, tels que Sadonirov, G. Nivanova et A.N. Rosanov, ont essayé à la lumière de certains rapports anionique et cationique de préciser la nature et le type de la salinisation. Les tableaux 1.6.2.d et 1.6.2.e montrent le mode de classification des sols salés basé sur les rapports anionique et cationique de l'extrait aqueux de pâtes saturées, proposé par ces chercheurs :

Tableau 1.6.2.d :
Type anionique de salinisation de SADONIKOV

$\frac{Cl^-}{SO_4}$	Type de salinisation
> 5	Salinisation chlorurée
1 à 5	Salinisation chlorurée-sulfatée
0,2 à 1	Salinisation sulfato-chlorurée
< 0,2	Salinisation sulfatée

Tableau 1.6.2.e
Type cationique de salinisation de ROSANOV

$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$	Type de salinisation
> 4	Salinisation sodique
1 à 4 avec Ca < Mg	Salinisation sodico-magnésienne
1 à 4 avec Ca > Mg	Salinisation sodico-calcique
< 1 avec Ca > Mg	Salinisation calcique

1.6.3 - Application dans le cadre de cette étude

L'observation de terrain et le dépouillement des résultats analytiques des trois sondages effectués sur les sols salés du secteur, compte tenu des considérations que nous venons d'exposer, nous a permis de classer ces nombreuses taches de salure et de déterminer leurs principales caractéristiques.

Les numéros d'inventaire de ces sondages sont les suivants :

- . Es 8 : x = 630,620 ; y = 102,780 ; altitude de 52 m
- . Es 15 : x = 630,680 ; y = 103,690 ; altitude de 53 m
- . Cas 7 : x = 628,340 ; y = 103,28 ; altitude de 57,5 m

1.6.3.1 - Description du profil : Es 8

Ce sondage a été effectué dans un lieu dit "Salanblanc" au Sud-Ouest de la Bastide. Topographiquement, la zone où se trouve le sondage forme une cuvette. On observe :

- 0-20 2 YR 6/2 . Texture limon argilo-sableux. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance peu résistant. Structure continue. Porosité moyenne, assez bien répartie. Activité biologique faible à moyenne, très mal répartie. Très nombreuses racines et radicules de végétation spontanée, très bien répartie. Quelques petits graviers à sable grossier. Débris de coquilles Hélix. Turricules de lombrics.
- 20-35 10 YR 6/3. Texture sable argileux. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance peu résistant à résistant. Structure continue très bien répartie. Porosité moyenne assez bien répartie. Quelques mica blanc.
- 35-70 2,5 Y 5/4. Texture argileuse. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance très résistante. Structure prismatique larges sommets arrondis des prismes, à tendance colonnaire et cubique. Sous-structure polyédrique. Porosité faible très mal répartie. Fentes de retrait. Assez nombreuses racines de végétation spontanée. Rares graviers à sable grossier. Pseudomycélium salin abondant. Très nombreuses taches brunes, rouille d'oxydes métalliques.
- 70-85 2,5 Y 4/4. Texture : argile limoneuse. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance résistante. Structure prismatique peu nette. Sous-structure polyédrique grossière mal définie. Porosité faible, très mal répartie. Rares racines de végétation spontanée. Rares graviers à sable grossier. Pseudomycélium salin. Débris de coquilles Hélix. Petites lentilles plus claires, plus limoneuses. Nombreuses taches brunes rouille grises d'oxydes métalliques.