

85-105 10 YR 5/2. Texture argileuse. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance résistante. Structure polyédrique mal définie. Porosité faible à moyenne. Pas de racines. Débris de coquilles. Nombreuses taches d'oxydes métalliques, grises, rouille, brunes.

105-120 10 YR 3/2. Texture argileuse. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance résistante. Structure polyédrique mal définie. Porosité faible. Plaquettes obliques mal caractérisées. Pas de racines. Débris de coquilles. Taches dues à la réduction des hydroxydes.

Les principales espèces végétales rencontrées sont :

- Suaeda fruticosa
- Plantago lanceolata
- Daucus carotta
- Helminthia echinoides
- Aster trifolium
- Agropyrum campestre
- Atriplex hastata

Les deux premières espèces sont caractéristiques des stations peu salées mal drainées ; les autres sont accompagnatrices.

On rencontre dans le profil une structure prismatique large, passant au sommet, à une structure colonnaire et cubique à sous-structure polyédrique (type de structure que l'on rencontre dans certains sols salés).

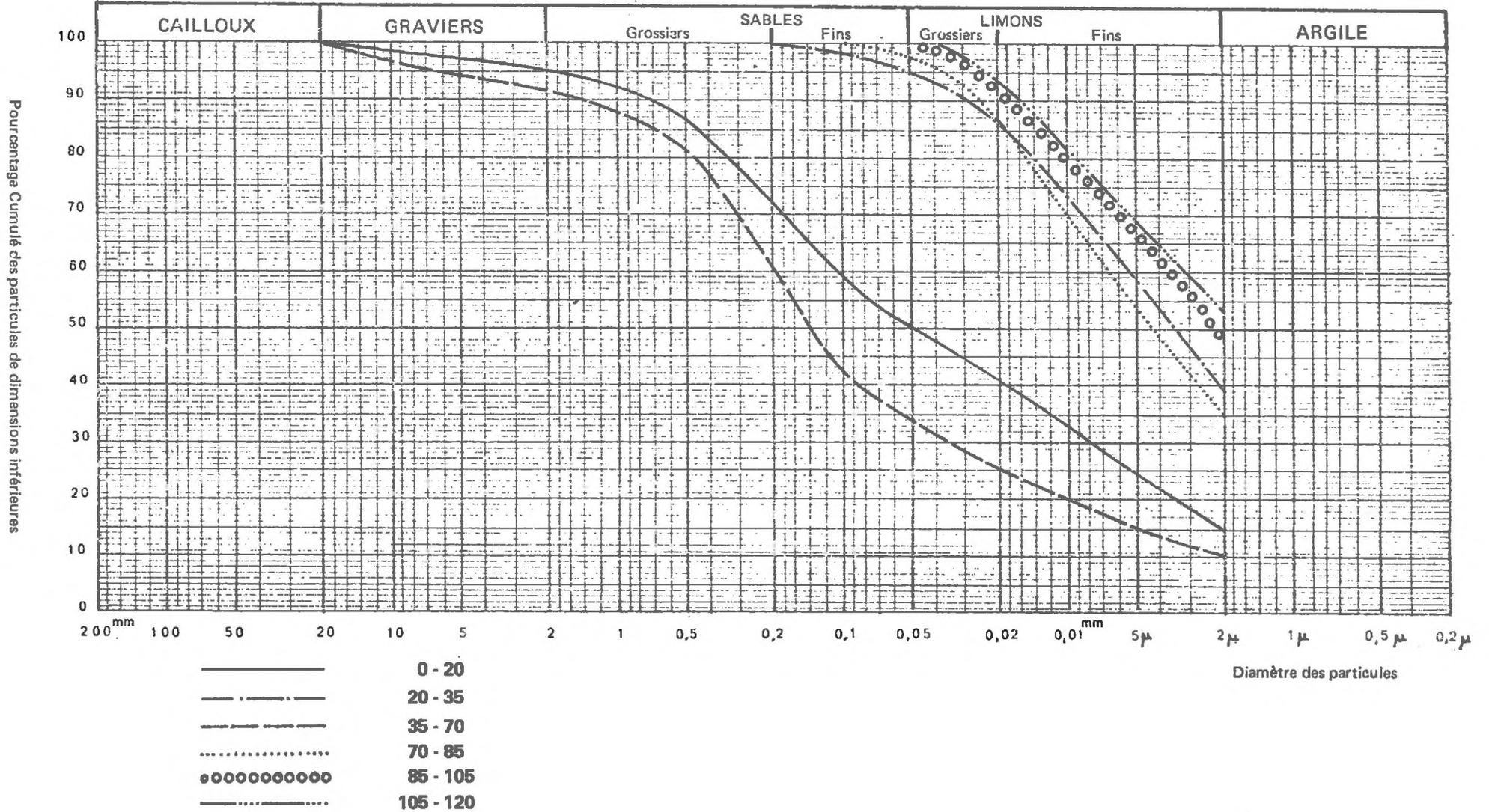
1.6.3.2 - Granulométrie, courbes granulométriques cumulées, profil granulométrique

Le résultat de l'analyse mécanique est représenté dans le tableau suivant.

COURBES GRANULOMÉTRIQUES (1.6.3.2 - a)

Profil : 708 Lc 7/8 ES 8

Type de sol : Sol légèrement brunifié d'apport alluvio-colluvial salé sur sol salin faiblement à alcalis



Sondage : E S B		Sables					Limon		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	96	2	6	17	13	7	12	26	16
20 - 35	93	3	7	24	19	9	8	17	12
35 - 70	100	tr	tr	tr	1	1	9	47	40
70 - 85	100	tr	tr	tr	tr	1	10	52	36
85 - 105	100	tr	tr	tr	tr	1	7	43	48
105 - 120	100	tr	tr	1	1	1	4	40	52

L'échelle des textures et l'analyse granulométrique mettent en évidence une texture moyenne sur fine. Le pourcentage des sables grossiers est de 25 % au premier niveau et de 34 % dans le deuxième horizon, alors que, dans les niveaux inférieurs, il n'y a plus de sables grossiers.

Le pourcentage de l'ensemble des fractions comprises entre 0,05 et 2 mm décroît* depuis les horizons supérieurs jusqu'aux horizons inférieurs et à partir de 70 centimètres on ne rencontre plus de fraction sablonneuse ; par contre, le taux d'argile et de limons (L.f + L. g) croît et le taux d'argile qui n'est que 16 % en surface, par exemple, atteint 52 % en profondeur (voir profil granulométrique : figure 5 en-tête de chapitre, et courbes granulométriques cumulées 1.6.3.2.a).

1.6.3.3 - Caractéristiques hydrodynamiques

Le tableau suivant montre les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols.

* changement brutal

Sondage : E S 8			Vitesse de filtration après 3 h. K ₂ cm/s	Densités apparentes			Capacité de rétention		Indice de compacité
Profondeur des horizons en cm	élém. grossiers pour 100	terre fine 100		Vergières	partielle	ou densi- tomètre	Heq %	mm/cm	
			(ou estimation)						
0 - 20	4	96	1,7 · 10 ⁻⁴	1,68	1,65	1,76	17	2,7	2
20 - 35	7	93	1,3 · 10 ⁻⁴	1,70	1,58	1,76	13	2,1	4-5
35 - 70	-	100		(1,7)		1,68	28	4,8	0
70 - 85	-	100		(1,6)		1,70	26	4,2	0
85 - 105	-	100	- 4 10	1,56		1,75	36	5,6	0
105 - 120	-	100		1,56		-	32	5,0	0

La perméabilité est de l'ordre de $1,7 \cdot 10^{-4}$ cm/s (sols moyennement perméables ; l'indice de compacité est inférieur à 6 pour les deux premiers horizons et égal à zéro pour les niveaux inférieurs. Les sols ont une capacité de rétention très élevée (de l'ordre de 400 mm pour une épaisseur de 100 cm).

L'analyse chimique donne les résultats suivants :

- taux de calcaire total : 20 à 25 %
 - taux de calcaire actif : 4 à 12 %
 - rapport C/N = 11,2 pour le premier horizon et 9 pour le deuxième
 - taux de p₂O₅ est faible (3 à 4 ppm pour les deux premiers horizons).
- } Dans l'ensemble du profil

1.6.3.4. - Calcul du S.A.R. et pourcentage de bases échangeables (b.e.)

Les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Profondeur des horizons	100 Na/T	100 Mg/T	Conductivité en mmhos/cm 25° C	S.A.R.	Capacité d'échange T en méq %
0 - 20	1,8	28,5	1,17	0,343	7,82
20 - 35	2	48,5	3,99	1,28	6,33
35 - 70	10,2	49,2	14,97	4,65	19,37
70 - 85	12,5	46,5	13,97	5,06	19,54
85 - 105	13,3	52,5	14,73	5,04	19,89
105 - 120	11	48,5	15,15	4,70	24,84

Tableau 1.6.3.4. : Pourcentage du Sodium et du Magnésium échangeable pour les différents horizons ; la conductivité de l'extrait aqueux (E.A.) et coefficient de S.A.R.

Le tableau ci-dessus résume les données essentielles pour permettre de classer les sols étudiés.

D'après la classification française (2ème partie - chapitre III 1.6.2) les valeurs de la conductivité et du pourcentage de Na échangeable ne nous permettent pas de placer ces sols dans la classe des sols sodiques ; par contre à partir du niveau 35 cm les valeurs trouvées permettent de classer ces sols dans la catégorie "sols salins faiblement à alcalis". (Voir 2ème partie - chapitre III - tableau 1.6.2.b).

L'étude de la stabilité structurale (2ème partie - chapitre I - 2.2.1.4) a été faite pour ces sols et les résultats figurent dans le ta-

bleau 1.6.3.4.a ci-dessous.

Profondeur des horizons en cm	log 10S	log 10K
0 - 20	1,13	1,322
20 - 35	1,308	1,052
35 - 70	2,025	0,144
70 - 85	2,212	0,228
85 - 105	1,88	0,112
105 - 120	1,77	0,58

L'instabilité structurale évolue parallèlement à la présence de niveaux "salés" à partir de 35 cm de profondeur.

Les valeurs obtenues se localisent dans la zone 4 du schéma de Hénin (2ème partie - chapitre I 2.2.1.4)

La destruction des agrégats est due à la présence des ions Na^+ qui favorisent la dispersion des argiles et provoquent la formation d'horizons compacts (indice de compacité = 0 à partir de cm) ; il en résulte une insuffisance d'aération et une résistance du sol à la pénétration des racines.

Une deuxième tache de salure a été rencontrée à l'Est de Castelnaud d'Aude ; l'extention de celle-ci est plus importante que celle du "Salan-Blanc"

L'analyse des échantillons prélevés dans un profil ouvert sur ces sols, nous a permis de calculer le S.A.R. et le pourcentage des bases échangeables .

Tableau 1.6.3.4.b

Profondeur des horizons en cm	% de Na échangeables	% de Mg échangeables	Conductivité de l'E.A.S. en mmhos/cm à 25°C	S.A.R.	Capacité d'échange T en meq %
0 - 25	0,6	2,76	2,79	0,033	15,26
25 - 65	0,35	47	7,27	1,73	17,09
65 - 100	4,6	72	9,51	1,97	13,67
100 - 120	7,5	80	7,70	1,59	13,67

A partir du deuxième horizon la valeur de S.A.R. et de la conductivité électrique de l'extrait de pâtes saturées permettent de classer ces sols parmi les sols "faiblement salins" à "sols salés" (Solontchak). (Voir 2ème partie - chapitre III - tableau 1.6.2.b).

Parmi les caractéristiques hydrodynamiques : la perméabilité est très faible et ils entrent dans la catégorie des sols très peu perméables.

L'indice de compacité est inférieur à 3 dans l'ensemble du profil. La capacité de rétention est très élevée (400 mm pour une épaisseur de 100 cm) (pour d'autres indications voir fiche de sol : sondage Cas 7).

1.6.3.5 - Conclusion

L'observation du terrain, la description du profil, les résultats de l'analyse de laboratoire nous ont permis à partir des échelles précédemment exposées de classer les taches de salure rencontrées et de diagnostiquer l'importance de leur salinité.

L'assainissement et l'installation d'un réseau de drainage sur ces zones en grande partie incultes doivent être envisagés.

En effet la structure de ces sols est très mauvaise, l'indice de compacité défavorable, les conditions d'aération ne sont pas satisfaisantes : ces sols tels qu'ils sont actuellement ne peuvent pas être cultivés ; mais un réseau de drainage profond peut les améliorer et les rendre cultivables.

- SOLS CALCIMAGNESIQUES

S o l s c a r b o n a t é s

Les sols carbonatés occupent une très grande partie du secteur étudié ; ils constituent un ensemble homogène à rares niveaux caillouteux développés à partir des matériaux d'apport calcaire de l'Eocène inférieur et moyen ; parfois ces types de sols fossilisent les paléosols tronqués des terrasses alluviales caillouteuses de l'Aude (les matériaux d'apport de l'Aude et de l'Orbieu sont assez abondants dans ces sols).

On étudiera successivement :

- Sols bruns calcaires d'alluvio-colluvions
- Sols bruns calcaires à accumulation calcaire de même matériaux originaux que les sols précédents
- Sols bruns calcaires à accumulation calcaire d'origine colluviale
- Sols bruns calcaires d'horizon Bt - Bc et Cca des sols fersiallitiques de la terrasse alluviale de l'Aude.

2.1 - SOLS BRUNS CALCAIRES D'ORIGINE ALLUVIO-COLLUVIALE

Les alluvions quaternaires récentes de l'Aude et de l'Orbieu et les colluvions des terrains calcaires proches ont donné naissance à ces types de sols.

Le taux de calcaire de ces sols est très variable (10-40 % de calcaire total en surface), leur texture également peut être très variable (4 - 5 - 6 - 8).

On rencontre ces sols au Nord de Lézignan entre la limite orientale du périmètre d'étude et le massif calcaire de l'Eocène moyen, au centre du périmètre étudié ; au Nord-Ouest de Tourouzellet et au Sud entre Montbrun des Corbières et St Couat d'Aude.

Les sondages qui ont été effectués en vue de leur connaissance sont inventoriés sur nos cartes de la façon suivante :

Lc 15 ; Lc 10 ; Mt-C 2 ; To 1 ; To 2 ; To 3 ; To 6 ; Es 15.

L'observation du terrain et les résultats analytiques des échantillons prélevés dans ces sondages nous permettent d'avoir une vue d'ensemble sur ces types de sols.

Deux de ces sondages ne sont d'ailleurs pas représentatifs d'une grande surface, mais en raison des particularités qu'ils présentent, ils méritent d'être étudiés ici : Lc 10 et Mtc 2 ; le premier se trouve dans une zone inculte hydro-morphisée, au lieu-dit "La Broutillasse" (Entre Sérème et Bastide) et l'autre à l'Ouest de la commune de Montbrun des Corbières à proximité du domaine dit "La Grange".

2.1.1. - Profils Lc 15, To 1, To 2, To 3, To 6

Les sols correspondant à ces profils constituent la principale zone agricole du secteur étudié.

Dans l'ensemble des profils, on ne trouve pratiquement aucun élément grossier.

DESCRIPTION D'UN PROFIL REPRESENTATIF : To6

Etat de surface : motteuse et battante.

0-15 . 10 YR 7/2 : texture de limon argileux à limoneux. Réaction à Cl H 1/2 forte. Consistance : peu résistant et meuble. Structure continue motteuse et grumeleuse ; macroporosité grossière. Rares racines de vigne très mal réparties. Quelques graviers à sable grossier. Quelques débris de coquilles Helix.

SEMELLE DE LABOUR

15-50. 10 YR 6/3 : texture de limon argileux. Réaction à ClH 1/2 forte. Consistance : peu résistant à très résistant. Structure polyédrique mal définie à continue à tendance polyédrique. Cohésion moyenne des éléments structuraux. Porosité moyenne à forte très bien répartie. Activité biologique moyenne assez bien répartie, et fentes de retrait. Assez nombreuses racines et radicelles de vigne, très bien réparties. Rares graviers à sable grossier. Quelques débris de coquilles Helix. Turricules de lombrics. Petites lentilles plus claires de limon. Quelques racines pourries.

50-85. 10 YR 6/3 : texture limoneuse. Réaction à Cl H 1/2 forte. Consistance : résistant. Structure prismatique. Sous structure polyédrique à polyédrique mal définie. Cohésion des éléments structuraux moyenne à forte. Porosité moyenne à forte très bien répartie. Activité biologique moyenne assez bien répartie, et fentes de retrait. Assez nombreuses racines de vigne. Quelques débris de coquilles Helix. Rares graviers à sable grossier. Quelques petites veines brunes. Quelques turricules de lombrics.

85-95. 10 YR 5/4 : texture limono-argilo-sableuse. Réaction à ClH1/2 forte. Consistance résistant. Structure prismatique peu nette. Sous-structure polyédrique mal définie à continue. Cohésion des éléments structuraux moyenne. Porosité moyenne assez bien répartie. Rares à assez nombreuses racines. Rares graviers à sable grossier. Quelques débris de coquilles Helix. Nombreuses taches brunes d'oxydes métalliques. Petites lentilles plus calcaires limoneuses. Racines de vigne pourries.

95-120. 2,5 Y 3/2 : texture limono-argilo-sableuse. Réaction à ClH forte. Structure prismatique. Sous-structure polyédrique mal définie à continue. Cohésion moyenne. Porosité faible à moyenne assez bien répartie. Activité biologique faible à moyenne assez bien répartie et quelques fins canalicules. Très rares racines très mal réparties. Quelques petits graviers à sable grossier (quartz à pellicules calcaires. Débris de coquilles Helix. Quelques lentilles jaunes limoneuses. Racines de vigne pourries. Très nombreuses taches brunes, rouille, grises d'oxydes métalliques.

L'analyse granulométrique de la terre fine montre que c'est la fraction limoneuse qui prédomine ; l'argile n'est pas abondante et la fraction sableuse est constituée en général de sables fins. Ce sont donc des sols sensibles à l'érosion et au compactage.

Leur perméabilité n'est pas bonne ; ils sont très peu perméables ou moyennement perméables.

Le défaut majeur de ces sols est l'endohydromorphie qui devient parfois très importante.

Le seul profil qui montre un taux de calcaire élevé dès la surface du sol (Lc 15) se trouve dans une zone d'influence alluviale de l'Orbieu : le taux de calcaire total pour l'ensemble du profil va de 10 à 30 % et celui du calcaire actif de 2 à 7 %.

La capacité d'échange, par exemple du profil Lc 15, est faible et jusqu'à 80 cm de profondeur, elle est de 4 à 6 meq/100 g de sol. A partir de ce niveau elle augmente pour atteindre jusqu'à 17 meq/100 g de sol.

Le rapport (en meq) : Mg échangeable / K échangeable est toujours supérieur à 2 dans tous les profils. (Or on sait que lorsque ce rapport est inférieur à 2 l'apport des amendements magnésiens doit être envisagé).

En résumé : Sols profonds, texture moyenne, structure généralement bonne, réserve en eau facilement utilisable élevée ; caractères accusés d'hydromorphie en profondeur.

2.1.2 - Profil Lc 10

2.1.2.1 - Description

En surface on rencontre des réseaux polygonaux des fentes de retrait.

0-30 5 Y 6/1. Texture argileuse. Réaction à ClH 1/2 moyenne. Consistance : résistante. Structure prismatique. Sous-structure polyédrique grossière. Porosité faible à moyenne, très mal répartie. Activité biologique moyenne. Fentes de retrait. Nombreuses racines et radicules de végétation spontanée. Rares galets. Quelques graviers à sable grossier. Débris de coquilles. Taches grises et brunes d'oxydes métalliques.

30-50 2,5 YR 3/2. Texture argileuse. Réaction à l'acide moyenne. Consistance résistante. Structure prismatique. Sous-structure polyédrique grossière. Porosité faible à moyenne, très mal répartie. Activité biologique moyenne. Fentes de retrait. Rares racines. Rares galets. Quelques graviers à sable grossier. Quelques débris de coquilles. Taches brunes, rouille d'oxydes métalliques. Placages limoneux plus clairs.

50-70 5 Y 3/1. Texture argileuse. Réaction à ClH 1/2 forte. Structure type poudingue à matrice fine abondante. Sous-structure polyédrique. Porosité faible à moyenne. Pas de racines. Galets siliceux (quartz-quartzites). Petits amas blanchâtres très clairs. Quelques débris de coquilles.

70-120 5 Y 6/8. Texture argileuse. Réaction à ClH 1/2 : très forte. Structure prismatique peu nette se désagrégant en polyédrique grossière mal définie. Porosité faible, très mal répartie. Pas de racines. Amas blanchâtres de calcaire friable. Rares traces de pseudomycélium. Très nombreuses taches rouille, brunes.

PROFILS GRANULOMÉTRIQUES DES SOLS CALCIMAGNÉSIQUES DE LA RÉGION DE LÉZIGNAN-CORBIÈRES

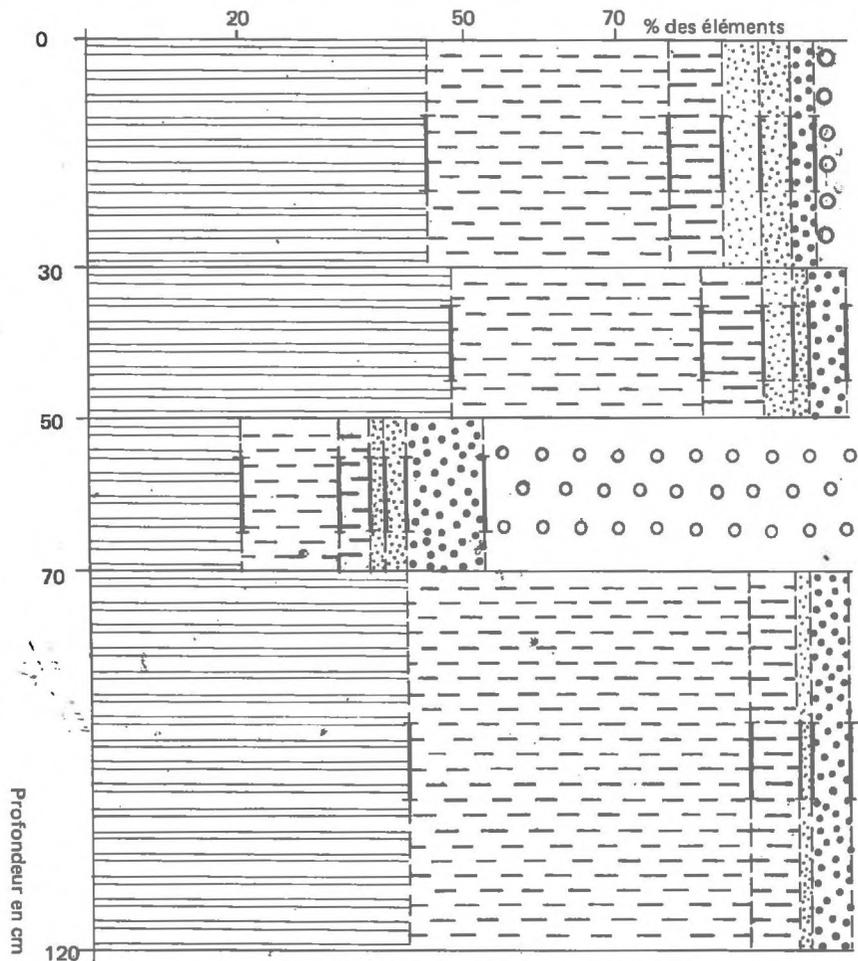


Fig. 1 ; Lc 10 : Sol brun calcaire hydromorphisé sur sol salé ou solontchak

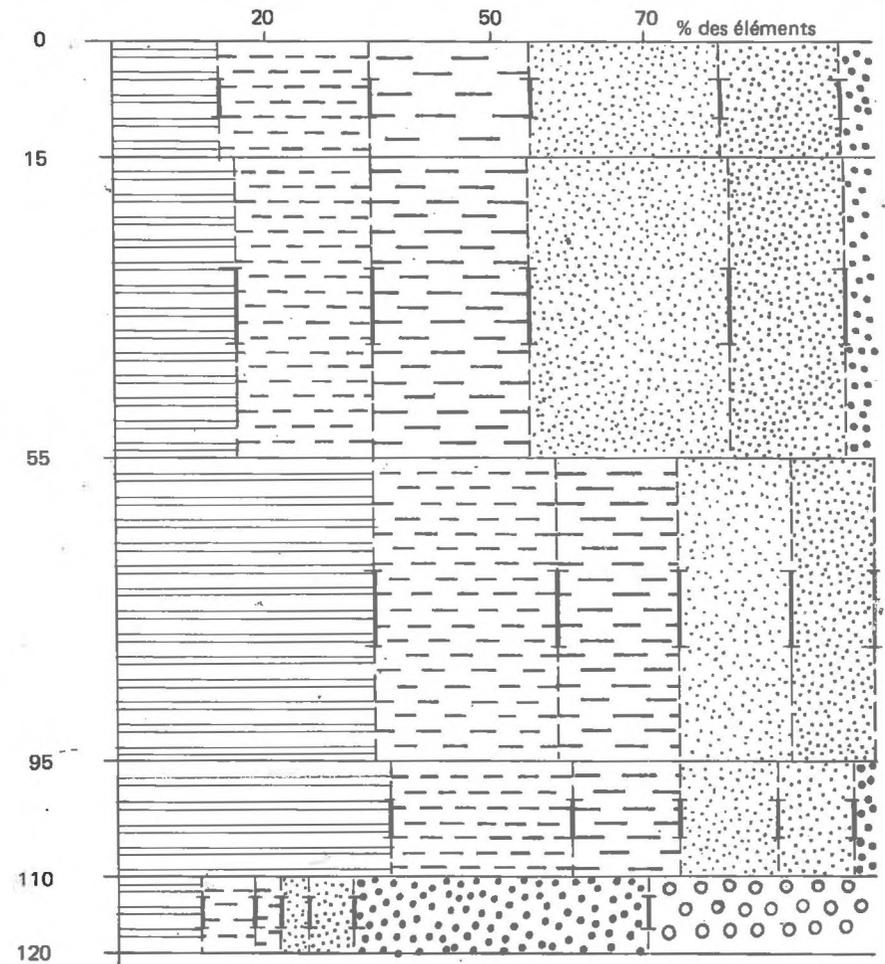
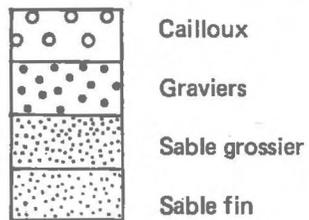
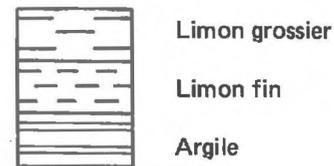


Fig. 2 : To 5 : Sol brun calcaire sur sol brun calcique



On observe dans le profil une structure prismatique sauf dans le 3ème horizon où elle est de type poudingue ; les galets siliceux tels que les quartz, les quartzites rencontrés dans la tranchée proviennent des matériaux de la terrasse alluviale caillouteuse de l'Aude. La terrasse se trouve au voisinage immédiat du profil étudié.

On a rencontré les espèces végétales suivantes :

- Daucus carotta
- Helminthia echioïdes
- Lolium perenne (Ray grass)
- Rumex crispus
- Linaria spuria
- Inula viscosa
- Anthemis cotula
- Dipsacus
- Beta maritima
- Lactua saligna

2.1.2.2 - Granulométrie

Le tableau suivant montre le résultat de l'analyse mécanique de ces sols et la figure 1 ci-contre celui du profil granulométrique.

Sondage : L C 10		Sables					Lims		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 - 30	96	1	1	2	2	3	8	33	47
30 - 50	97	tr	1	1	2	2	8	34	50
50 - 70	42	1	2	3	2	2	9	32	48
70 - 120	97	tr	tr	tr	tr	1	7	46	44

D'après les résultats de l'analyse mécanique on voit que sur l'ensemble du profil, presque 80 % des matériaux de la terre fine possèdent une dimension comprise entre 2 - 20 microns (A + LF). D'après l'échelle de texture ces sols ont une texture lourde (8).

Le profil granulométrique montre l'existence d'une quantité importante de cailloux au niveau 50 - 70 provenant de la terrasse alluviale caillouteuse de l'Aude (niveau de Serame).

2.1.2.3 - Les caractéristiques hydrodynamiques

Les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols ont été rassemblées dans le tableau suivant :

Sondage : L C 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	terre fine 100		Vergières (ou estimation)	partielle	au densitomètre	Heg %	mm/cm	
0 - 30					1,34		27	4,1	1
30 - 50					1,55		28	4,3	0-1
50 - 70					0,68		28	1,9	> 9
70 - 120			3,3 - 10		1,55		33	5,1	0

Le prélèvement Vergières n'a pas été effectué pour les horizons de surface mais, compte tenu des résultats analytiques et par comparaison avec la perméabilité du 4ème horizon, on peut classer ces sols au nombre des "moyennement perméables".

L'épaisseur utile est limitée à 70 cm de profondeur, la capacité de rétention cumulée de l'épaisseur utile est de 248 mm, la dose pratique d'arrosage est de 75 mm.

2.1.2.4.- Analyse chimique

Le taux de calcaire est de 13 % en surface (calcaire total) et il atteint 40 % en profondeur. Le taux de calcaire actif varie entre 5 % (en surface) pour atteindre 16 % en profondeur.

Le pH eau = 8,2 et il est constant dans l'ensemble du profil.

Le complexe absorbant est saturé.

Le tableau suivant montre les résultats de l'analyse des bases échangeables et ceux de l'analyse de l'extrait aqueux de pâtes de sols.

Profondeur des horizons cm	% de Na échangeable	% de Mg échangeable	Conductivité de l'extrait aqueux de pâtes saturées	S.A.R.	Capacité d'échange T en meq %
0 - 30	0,96	28,6	0,65	0,34	27,16
30 - 50	2,74	42	2,34	1,24	26,63
50 - 70	3,36	47	3,85	2,20	22,63
70 - 100	2,94	42	9,38	3,61	15,80

La valeur de la conductivité de l'extrait aqueux de pâtes de sols et le coefficient de S.A.R., nous montre qu'à partir du 2ème horizon la salure devient importante, et, surtout en profondeur, les sols sont fortement salés.

Il s'agit donc de sols bruns calcaires hydromorphisés sur un sol salé ou Solontchak, en profondeur.

2.1.2.5.- Conclusion

La surface correspondant à ces sols sur la carte pédologique doit être considérée comme une tache de salure continentale, exactement comme les sols qui ont été déjà étudiés par le dépouillement des résultats analytiques du profil Cas 7.

Nous avons rencontré sur ces sols des efflorescences salines blanches caractéristiques des solonthak en surface.

L'élimination du sel de ces sols ne pose pas de problème particulier. Une irrigation rationnelle et un réseau de drainage dont le collecteur principal serait la Jourre (situé tout à fait à coté), pourraient entièrement améliorer ces sols et les rendre cultivables.

Comme nous l'avons déjà signalé, parmi les sols calcimagnésiques de la région étudiée, les sols de la Broutillasse et de la Grange présentent des particularités si on les compare à tous les autres types des sols de cette classe : les sols de la Broutillasse par leur salure et leur texture exceptionnelle (fine), et les sols de la grange par leur teneur élevée en limon sont les seuls types de sols carbonatés du secteur qui ont une texture très défavorable.

L'analyse mécanique a donné les résultats suivants :

Sondage : Mt C 2		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	100	tr	tr	tr	1	7	28	45	18
10 - 55	100	tr	tr	tr	1	6	31	42	19
55 - 85	100	tr	tr	tr	1	4	37	45	22
85 - 120	100	tr	tr	tr	1	3	22	50	23

On remarque que les éléments en quasi totalité, ont un diamètre inférieur à 50 microns. Le pourcentage des limons atteint jusqu'à 70 % de la terre fine.

Etant données leur teneur élevée en limons, et relativement faible en argile, et leur pauvreté en matière organique, ces sols sont sensibles à l'érosion et au compactage.

2.2 - SOLS BRUNS CALCAIRES A ACCUMULATION CALCAIRE D'ORIGINE ALLUVIO-COLLUVIALE

Dans la classification française c'est au niveau du sous-groupe que ces sols se différencient des sols des groupes précédents.

La présence de l'accumulation calcaire que l'on rencontre parfois sous forme de nodules, de poches de calcaire farineux ou sous forme d'un léger encroûtement friable est due à un processus pédogénétique ancien, responsable de la décarbonatation des niveaux supérieurs de sols actuellement disparus.

Huit sondages ont été effectués sur ces sols, ce sont :

Lc 1, Lc 5, Lc 14, Lc 16, Mt C 1, Es 2, To 5, Es 12.

Certains de ces sondages ont rencontré les terrasses alluviales de l'Aude à quelques décimètres de profondeur. En effet ces terrasses parfois tronquées ont été fossilisées par un recouvrement postérieur à leur mise en place ; tel est, par exemple, le cas des sondages Lc 1 - To 5 - Lc 6.

D'une façon générale, ces sols comme les sols précédents, sont des sols profonds du secteur ; leur perméabilité varie de 10^{-4} à 10^{-3} (sols moyennement perméables) ; leur capacité de rétention est élevée.

On remarque dans certains de ces profils une décarbonatation régulière des niveaux supérieurs aux niveaux inférieurs.

Le taux de calcaire total peut varier de 5 à 20 % (en surface).

La capacité totale d'échange est faible ; elle n'est jamais supérieure à 7,5 meq/100 g de sol et elle peut atteindre jusqu'à 3 méq/100 g de sol dans certains profils.

A titre d'exemple, la composition granulométrique et le résultat de l'analyse chimique des échantillons prélevés dans le profil To 5 sont les suivants : (°)

Sondage : T O 5		Sables					Limon		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	97	2	3	11	12	15	22	20	14
15 - 55	96	2	3	11	12	15	21	19	16
55 - 95	99	2	2	7	6	8	16	24	34
95 - 110	97	1	2	7	6	7	14	25	37
110 - 120	31	8	6	5	5	5	11	21	38

D'après l'analyse granulométrique et l'échelle de texture le sol présente une texture moyenne/lourde.

Le profil granulométrique montre la diminution de la terre fine en fonction de la profondeur. Il montre aussi l'existence d'une fraction importante d'éléments grossiers en profondeur (70 %). Il s'agit en effet des ga-

(°) : le profil To5 est le seul du secteur où l'on ait trouvé un sol brun calcique fossilisé en profondeur.

lets siliceux tels que des quartzites et des galets calcaires très durs. On rencontre également des galets à gangue calcaire. (Voir profil granulométrique : figure 2 page 88).

D'après les analyses chimiques le taux de calcaire total et actif varie en fonction de la profondeur de la façon suivante :

Profondeur de l'horizon (cm)	0-18	18-55	55-95	95-110	110-120
Calcaire total %	18	17	tr	5	16
Calcaire actif %	3	4	non dosé		5

A partir de 55 cm de profondeur, on rencontre un sol brun décarbonaté. Il s'agit donc d'une superposition de deux matériaux qui, au point de vue pédogénèse, possèdent une évolution différente. (Voir la description des sols bruns calcaïques).

2.3 - SOLS BRUNS CALCAIRES A ACCUMULATION CALCAIRE D'ORIGINE COLLUVIALE

Profils représentatifs : Co-C 1 - Co-C 2 - Es 6 - Lc 3 - Es 14

On rencontre ces sols sur le massif de Léznigan-Montbrun au lieu dit "la Pierredroite" (altitude 184 mètres) ; aux environs de Conilhac-Corbières de Bastide et de Serame.

On peut distinguer deux catégories :

- les sols d'origine colluviale issus des formations calcaires de l'Eocène inférieur et moyen ;

- les sols colluviaux de même origine contenant des matériaux grossiers empruntés aux terrasses alluviales de l'Aude.

Les sols de la première catégorie se différencient par leur teneur en calcaire total en surface, par leur texture et par leur capacité totale d'échange .

D'après les résultats des analyses, les échantillons du sondage Co-C 1 montrent un taux de calcaire très faible (en surface). Une texture lourde et une capacité totale d'échange de 21 méq/100g de sol.

Par contre, l'analyse des échantillons du sondage Co-C 2 montre un taux de calcaire élevé (33 % en surface), une texture grossière et une capacité totale d'échange qui ne dépasse jamais de 7 méq/100 de sol.

L'indice de compacité dans le profil Co-C 1 est inférieur à 2 et dans le profil Co-C 2 entre 2-5.

La capacité de rétention cumulée jusqu'à 120 cm de profondeur pour le profil Co-C 2 est de 277 mm et, pour le profil Co-C 1 de 422 mm.

Les conditions de drainage de ces sols sont mauvaises ou moyennes.

Les sols de la deuxième catégorie présentent une texture en général plus favorable (4-5-6), leurs taux de calcaire actif ne dépassent jamais 10 % dans l'ensemble du profil. Le complexe absorbant est saturé principalement de Ca^{++} . Le tableau suivant montre le pourcentage des bases échangeables de différents horizons dans un profil représentatif de ces sols, Escales 14. La quantité de potassium échangeable est insuffisante (pour les cultures extensives cette valeur doit être à 3% de capacité totale d'échange et pour les cultures intensives de l'ordre de 5 %).

Le rapport (en meq) : Mg échangeable/K échangeable est toujours supérieur à 2.

2.4 - SOLS BRUNS CALCAIRES D'HORIZON Bt-Bc ET C-Ca DES PALEOSOLS DES TERRASSES ALLUVIALES CAILLOUTEUSES DE L'AUDE

Profils : Lc 4 - To 7 - Es 7 - Es 3 - Ro-M 1 - Lc 12 - Lc 2

Ces sols se rencontrent au voisinage des terrasses alluviales de l'Aude. Dès la surface, on observe une quantité importante de galets siliceux et calcaires. Le tamisage effectué sur le terrain montre le pourcentage des éléments grossiers (graviers et cailloux) qui atteint de 30 à 80 % de l'ensemble des matériaux en place.

Les paléosols sont souvent tronqués, il en reste comme témoin, des horizons d'accumulation argilique (Bt) ou Bc et C-Ca.

Les types des paléosols ont été déterminés généralement par comparaison avec les affleurements de ces anciens sols rencontrés aux environs des profils d'observation.

Les horizons supérieurs de ces sols sont constitués à partir des apports des formations calcaires de l'Eocène inférieur et moyen.

Le taux de calcaire total varie entre 2 et 20 % suivant l'importance des colluvions calcaires ou la présence de l'horizon Cca à faible profondeur. Dans les sondages ouverts, on rencontre des croûtes et encroûtements parfois très cohérents et qui sont caractéristiques de ces types de sols.

Ainsi on a distingué les différents types de sols suivants :

- . Sols bruns calcaires d'horizon C-Ca sous forme de croûte et encroûtement sévère d'un sol fersiallitique à réserve calcique (Lc 4 - Lc 2 - Lc 12 - Es 7).
- . Sols bruns calcaires sur horizon Bt de sol fersiallitique à réserve calcique (lessivé) à accumulation calcaire sous forme d'encroûtement (To 7).
- . Sols bruns calcaires anthropiques (fait aux dépens d'horizon Bc de sol fersiallitique à réserve calcique et de colluvions de matériaux proches /Bc et C-Ca affectant les marnes du même sol fersiallitique (Es 3).
- . Sols bruns calcaires d'horizon Bc et Cca (sous forme d'encroûtement sévère) d'un sol fersiallitique lessivé tronqué (Ro-M 1).

2.4.1 - Présentation d'un profil représentatif : To 7

2.4.2 - Description simplifiée du profil :

Etat de surface : caillouteuse (quartz - quartzite ...)

0-30 10 YR 4/4. Texture LAS. Consistance de l'horizon meuble. Structure du type poudingue. Sous-structure grumeleuse et continue. Macroporosité grossière.

30-55 7,5 YR 5/4. Structure type poudingue. Sous-structure continue et micropolyédrique. Porosité forte très bien répartie. Activité biologique moyenne.

55-70 7,5 YR 4/4. Structure type poudingue. Sous-structure micropolyédrique Porosité faible à moyenne. Quelques petites lacunes.

70-90 Structure type poudingue fortement encroûté. Sous-structure continue. Porosité faible à moyenne, très mal répartie. Rares lacunes.

90-95 10 YR 7/6. Structure type poudingue. Sous-structure pseudoparticulaire Porosité forte à très forte.

95-120 10 YR 7/6. Structure particulaire. Porosité forte à très forte, très bien répartie.

2.4.3 - Analyse granulométrique de la terre fine

Sondage : T 0 7		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 - 30	74	3	7	12	9	9	16	20	23
30 - 55	73	4	9	11	8	9	15	19	24
55 - 70	60	5	9	9	7	7	9	13	40
70 - 90	28	15	27	20	6	5	5	11	10
90 - 95	37	10	33	31	6	4	4	4	6
95 - 120	73	9	43	31	5	2	3	2	4

D'après le tableau, le sol présente une texture moyenne/grossière (4), les argiles prennent un pourcentage élevé entre 55 et 70 cm.

Le taux de limons décroît régulièrement alors que le taux des sables prend des proportions importantes en profondeur.

2.4.4 - Caractéristiques hydrodynamiques

Le résultat de l'analyse des caractéristiques hydrodynamiques de ces sols a permis de calculer la dose pratique maxima. Elle a été calculée pour une épaisseur de 120 cm (épaisseur utile après les façons culturales profondes). Elle est de 50 mm ou 500 m³ /ha.

2.4.5 - Analyse chimique

Le complexe absorbant est saturé. Le rapport Mg échangeable/K échangeable est toujours supérieur à 2. Le taux de P₂O₅ est de 66 ppm en surface et de 40 ppm entre 30 et 55 cm de profondeur (l'apport des amendements phosphatés doit être envisagé dans le cas de cultures d'arbres fruitiers).

2.4.6 - Conclusion

Ces sols présentent généralement une texture grossière ou moyenne sur grossière. Le taux de calcaire total est variable (2 à 20 %). La dose pratique maxima varie avec la granulométrie et la profondeur dans laquelle les niveaux cohérents de croûte et encroûtement se rencontrent.

3 - CLASSES DES SOLS SATURES ET DES SOLS BRUNIFIES

Ces sols n'occupent que quelques hectares de l'ensemble du périmètre étudié.

Nous ne reprendrons pas ici la description de ces sols et nous renvoyons le lecteur aux fiches de sols - voir :

Cas 9 = x = 628,18 ; y = 104,80 et To 9 = x = 633,80 ; y = 104,68

En ce qui concerne les sols bruns calciques nous avons rencontré deux affleurements de ces sols en surface et dans certains profils d'observation, on note également l'existence de ces sols qui ont été fossilisés par les apports postérieurs.

L'existence de ces sols bruns calciques indique peut-être une phase climatique particulière qui a pu décarbonater une grande partie des sols du périmètre et les apports postérieurs ont dû fossiliser ces sols ? Il faudra attendre les études de détail pour pouvoir mieux discuter de l'origine des matériaux qui ont donné naissance à ces sols ainsi que de leur étendue dans l'ensemble du périmètre.

4 - SOLS A SESQUIOXYDES DE FER ET DE MANGANESE

4.1 - SOLS FERSIALLITIQUES

4.1.1 - Généralités

La région de Lézignan-Corbières se trouve dans une zone climatique méditerranéenne ; c'est à dire une zone climatique marquée par les alternances d'une saison humide relativement froide et d'un été chaud et sec.

Ce climat est responsable de l'évolution des sols - sur certaines roches-mères - vers des sols fersiallitiques ; certes, les sols fersiallitiques les plus caractéristiques ne se trouvent pas dans la région méditerranéenne au sens géographique, mais ils sont typiques du climat dit méditerranéen.

L'exposé de toutes les évolutions fersiallitiques, de tous les phénomènes de rubéfaction dus à l'évolution particulière du fer ... sortirait du cadre de cette étude. Disons simplement qu'après le climat, c'est à partir de plusieurs roches mères qu'apparaissent les sols fersiallitiques : sur roches calcaires, en général, mais dans plusieurs autres cas aussi.

Dans le secteur étudié nous avons rencontré ces sols sur des grès calcaires (sur le massif de Lézignan à Moux), sur des poudingues (à Cavailhès, altitude 110 m, à mi-distance entre Roquecourbe et Montbrun) et surtout sur les terrasses caillouteuses de l'Aude.

Nous avons implanté 15 sondages sur les sols fersiallitiques :
StC A2 - Cas 1 - Cas 2 - Cas 4 - To 8 - Es 13 - Es 4 - Lc 11 - Mt-C3
Lc 9 - Lc 8 - Lc 7 - Es 1 - Mt-c 4 - Cas 6

Le sondage Mt-C 3 a été ouvert sur les sols développés sur les poudingues de l'Eocène moyen et celui de Mt-C 4 sur les grès calcaires de l'Eocène inférieur.

Les sols correspondant à ces deux profils ne représentent pas de grandes étendues et ne sont pas non plus intéressants du point de vue agronomique (zones non irrigables). Leur épaisseur utile est de 40 cm ; le pourcentage de la terre fine est de 50 % (MtC 3) et de 70 à 100 % (dans le profil MtC 4). La texture de la terre fine est : sable argileux à sable argilo-limoneux (voir fiches de sondages correspondantes).

Les sols fersiallitiques développés sur les terrasses sont de types différents . L'épaisseur de ces placages alluviaux anciens varie selon les niveaux des terrasses.

Ces cailloutis reposent soit sur les marnes de l'Yprésien soit sur les marnes du Lutétien ; ils sont généralement minces : on a rencontré les marnes à 1 mètre de profondeur dans le sondage To 8, et à 2 mètres de profondeur dans le sondage Es 4 (épaisseur maximum dans les profils ouverts).

Le pourcentage de cailloux atteint à 80 % dans certains sondages (en général 50 à 60 %).

On peut généralement distinguer deux parties dans les profils : une partie supérieure (au dessus de croûte et encroûtement) et une partie inférieure ; le niveau induré est en général à 50-60 cm de profondeur.

On trouvera sur les fiches de sol (fascicule annexe), la description des sondages avec leur caractéristiques les plus importantes, pour les différents niveaux de terrasses.

Nous présenterons cependant ci-dessous deux types de sols fersiallitiques développés respectivement sur le plus haut et sur le plus bas niveau de terrasse dans le secteur.

4.1.2 - Les sols fersiallitiques lessivés modaux du Quaternaire moyen (Mindel) niveau du "Le Plô" - profil représentatif : Stc-A 2

4.1.2.1 - Description du profil

Etat de surface : caillouteuse : quartz - quartzites - schistes ...

0-15 5 YR 5/8. Texture LAS. Réaction à l'acide chlorhydrique 1/2 nulle (tout le long du profil). Structure type poudingue, sous-structure micropolyédrique. Forte macroporosité grossière. Nombreux galets siliceux. Rares racines de vigne. Consistance de l'horizon meuble à friable.

15-55 2,5 YR 4/0. Texture LAS. Consistance : peu résistant à résistant. Structure type poudingue à matrice fine, assez abondante, sous-structure micropolyédrique et continue (poches) à polyédrique mal définie. Porosité moyenne à forte, assez bien répartie. Racines de vigne nombreuses. Nombreux galets (quartz-quartzites-schistes).

----- Défoncement -----

55-120 2,5 YR 4/8. Texture AS. Consistance : résistant. Structure type poudingue, sous-structure micropolyédrique. Porosité faible à moyenne. Rares lacunes. Racines de vigne, très rares. Nombreux galets siliceux (quartz quartzites, schistes et taches rouille brunes d'oxydes métalliques). Cailloutis très cohérent à 130 centimètres.

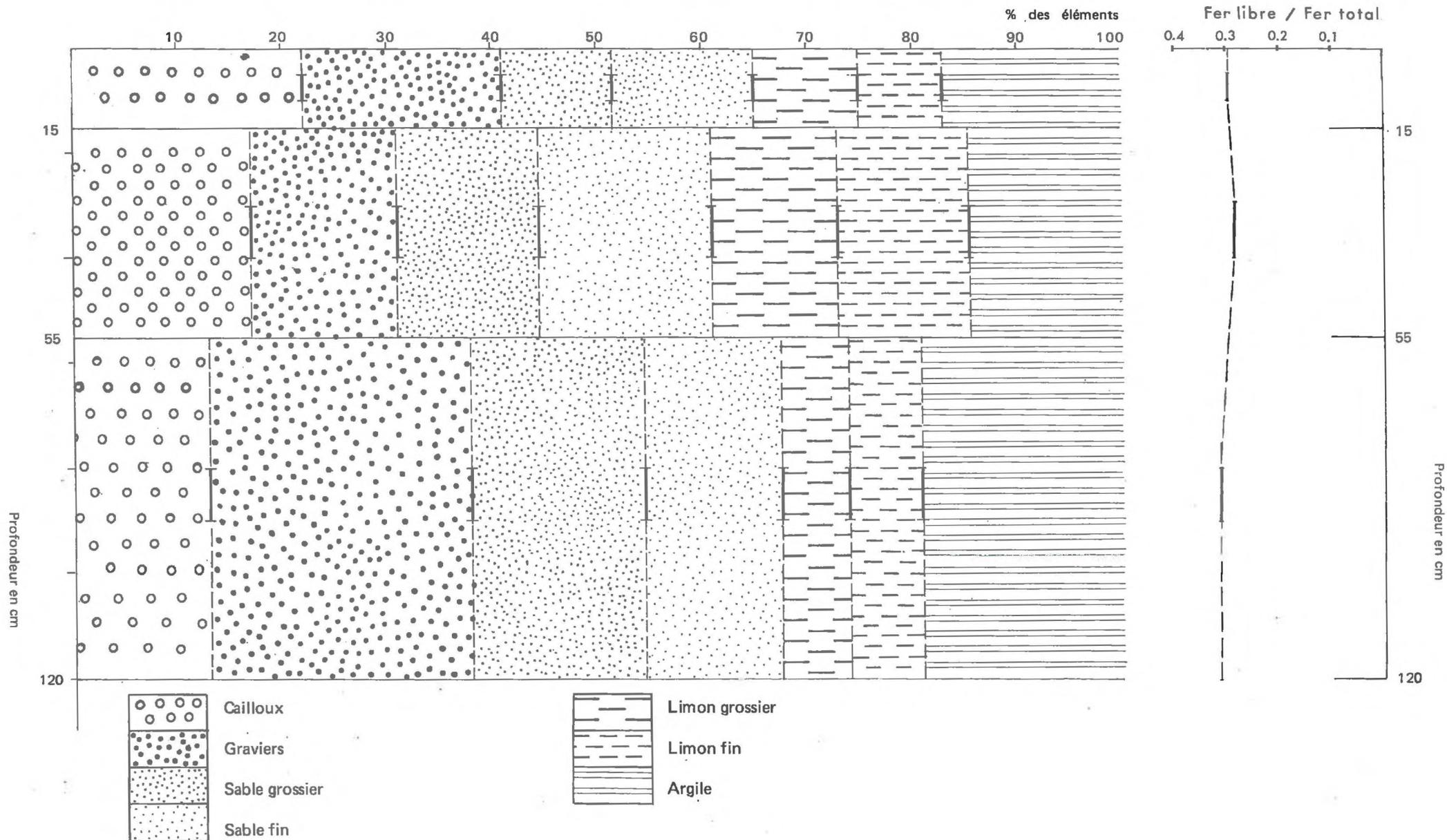
4.1.2.2 - Analyse granulométrique

Le tableau suivant résume le résultat de l'analyse granulométrique de la terre fine.

Sondage : SSt - A 2		Sables					Lims		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	59	3	5	10	10	13	17	14	27
15 - 55	69	3	7	10	10	14	17	15	24
55 - 120	62	11	11	9	8	9	10	11	29

PROFIL GRANULOMÉTRIQUE (4.1.2.2.) D'UN SONDAGE REPRÉSENTATIF DES SOLS FERSIALLITIQUES

LESSIVÉS MODAUX DES TERRASSES ALLUVIALES CAILLOUTEUSES DE L'AUDE DU QUATERNAIRE MOYEN (MINDEL)



L'échelle des textures classe ces sols parmi les sols à texture moyenne.

Le profil granulométrique (4.1.2.2. ci-contre) montre le pourcentage des différents éléments en fonction de la profondeur. Sur la même page figure la variation du rapport Fer libre /fer total au long du profil. On voit que ce rapport croît au niveau d'accumulation argileuse.

4.1.2.3 - Analyse chimique (sondage St CA 2)

Horizon	pH		Bases échangeables				S	T	$\frac{100 S}{T}$
	eau	KCl	Ca	Mg	K	Na			
1	4,5	4,2	6,47	1,25	0,42	0,11	8,25	12,76	64
2	5,6	5,2	9,71	1,71	0,27	0,16	11,85	12,14	97
3	5,3	5,8	12,9	2,17	0,23	0,21	14,79	14,79	100

On remarque le lessivage des bases échangeables au long du profil : le taux de saturation augmente avec le pH et il arrive à 100 % pour pH = 6,3. (Cette corrélation n'est pas générale et on note surtout qu'il n'existe pas de proportionnalité rigoureuse entre le taux de saturation et le pH, compris entre 4,5 - 5,5).

4.1.2.4 - Caractéristiques hydrodynamiques

La capacité de rétention cumulée est de 180 mm pour une épaisseur de 90 cm et la dose pratique d'arrosage pour la même épaisseur (épaisseur utile) est de 54 mm.

4.1.2.5 - Conclusion

Les niveaux supérieurs des sols étudiés sont très creux et plus ou moins profonds. Le pourcentage de la terre fine est moyen et elle présente

une texture limono-argilo-sableuse, alors que l'horizon profond est argilo-sableux et présente une porosité médiocre. L'existence d'un niveau caillouteux très cohérent constitue un niveau imperméable et limite l'épaisseur utile de ces sols à ce niveau ; des niveaux imperméables analogues retiennent ailleurs une nappe perchée, mais en l'absence d'apports d'eau, nous n'en n'avons pas observé.

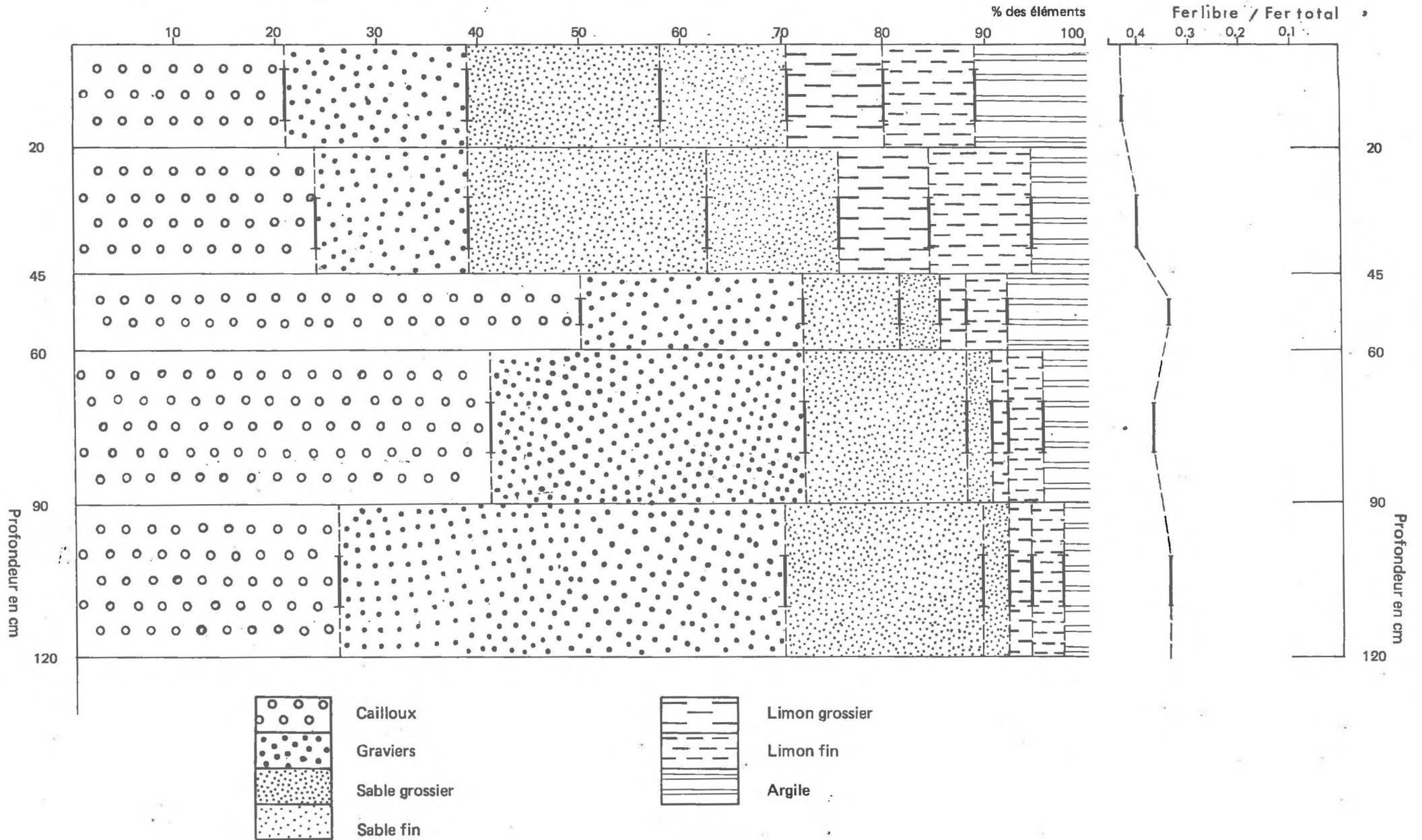
4.1.3 - Les sols fersiallitiques à réserve calcique modaux des terrasses alluviales de l'Aude du Quaternaire récent (Würm) (niveaux de la Gaudière) : profil Cas 1.

4.1.3.1 - Description du profil

Etat de surface: assez caillouteuse (quartz-quartzites-schistes-rare galets calcaires).

- 0-20 7,5 YR 4/4. Texture Sal. Réaction à l'acide nulle. Structure du type poudingue à matrice fine abondante, sous-structure grumelleuse et micropolyédrique. Macroporosité grossière. Nombreux galets siliceux. Rares galets à gangue calcaire.
- 20-45 10 YR 6/3. Texture Sl. Réaction à l'acide nulle à très faible. Structure type poudingue à matrice fine abondante, sous-structure continue et polyédrique par place. Porosité moyenne à forte, assez bien répartie. Nombreuses racines de vigne. Poches de matériaux rouges, assez nombreux galets siliceux.
- 45-60 5 YR 4/8. Texture AS. Consistance : résistant. Structure type poudingue sous-structure micropolyédrique. Porosité faible à moyenne. Galets siliceux et calcaires. Quelques galets légèrement polarisés.
----- Encrouêtement -----
- 60-90 5 YR 3/4. Texture Sa. Réaction à l'acide forte. Structure type poudingue, sous-structure continue figée. Porosité nulle et moyenne. Nombreux galets siliceux. Galets à gangue calcaire.
- 90-120 5 YR 6/4. Texture S. Réaction à l'acide forte. Structure type poudingue sous-structure pseudoparticulaire agrégée. Porosité moyenne, assez bien répartie. Galets siliceux. Galets à gangue calcaire surtout sous forme de polarisation.
Continuation du cailloutis à 140 centimètres.

**PROFIL GRANULOMÉTRIQUE (4.1.3.2) D'UN DES SONDAGES REPRÉSENTATIFS
DES SOLS FERRIALITTIQUES A RÉSERVE CALCIQUE DES TERRASSES ALLUVIALES CAILLOUTEUSES
DE L'AUDE DU QUATERNAIRE RÉCENT (WURM) - NIVEAU DE LA GAUDIERE**



4.1.3.2. - Analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique de la terre fine sont représentés dans le tableau suivant :

Sondage : Cas 1		Sables					Limos		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 - 20	61	5	13	13	9	12	15	15	17
20 - 45	61	8	16	15	9	12	15	15	9
45 - 60	28	9	14	11	7	8	9	14	27
60 - 90	38	22	26	10	4	4	6	12	15
90 - 120	40	20	30	15	5	4	6	11	8

D'après l'échelle des textures ces sols possèdent une texture moyenne sur grossière. On remarque que dans les niveaux supérieurs le pourcentage de la terre fine dépasse celui des éléments grossiers (voir profil granulométrique 4.1.3.2. ci-contre). Par contre, aux niveaux inférieurs c'est l'inverse qui se produit. Dans la plupart des sondages ouverts sur ces sols, on trouve le même profil granulométrique.

4.1.3.3 - Analyse chimique

Le pH des horizons varie entre 7,6 (en surface) et 8,2 (en profondeur). Le complexe absorbant est pauvre (sauf pour le niveau d'accumulation argileuse) et il est saturé par le calcium. Le taux de calcaire total atteint jusqu'à 20 % dans les niveaux inférieurs (calcaire actif 3-4 % dans les mêmes niveaux).

Le rapport de Fer total/Fer libre croît sensiblement en fonction de la profondeur.

4.1.3.4 - Caractéristique hydrodynamique

L'épaisseur utile est d'environ 60 centimètres (jusqu'au niveau de l'encroûtement) ; pour cette épaisseur la dose pratique maximum est faible (30 mm).

4.1.3.5 - Conclusion

Les racines sont arrêtées par l'encroûtement et n'exploitent pratiquement pas les niveaux inférieurs ; les eaux, par contre, ne peuvent pas être retenues et on n'observe pas de table d'eau perchée.

5 - LES SOLS HYDROMORPHES

5.1 - LES SOLS HYDROMORPHES CALCIMORPHES

On rencontre des sols hydromorphes près de Sérane à environ 45 m d'altitude au lieu-dit "La Seingne", au Sud de la terrasse de l'Aude du même nom. Leur faible étendue - environ 6 ha - correspond à un ancien exutoire naturel de la nappe phréatique de la plaine d'Escales, attesté par la présence de tufs calcaires ; l'exutoire naturel actuel passe à l'aval, immédiatement au Sud de ces sols hydromorphes : c'est le ruisseau de la Jourre, qui dit-on, est permanent. En effet son débit durant les mois d'Août et Septembre 1970 n'a jamais été inférieur à 6 litres/seconde.

La situation topographique et la position de ces sols par rapport à ces deux exutoires naturels sont les principales responsables de l'hydromorphie de cette zone.

Un sondage a été ouvert sur ces sols ; il s'agit du sondage inventorié Lc 5 : $x = 633,86$; $y = 103,340$; altitude 45 m.

Nous renvoyons le lecteur à la fiche de sol correspondante pour y observer les caractéristiques de ces sols hydromorphes-calcimorphes. On note dans le profil l'existence de petites concrétions calcaires de 5 à 10 cm et de nombreuses taches rouille, brunes, grises d'oxydes métalliques. Le taux de calcaire total atteint jusqu'à 40 % aux niveaux où on observe les concrétions.

Ces sols doivent être drainés, la Jourre sera le collecteur principal du réseau de drainage (°).

(°) Pour la description des sols sodiques voir pages 73 et 89

6 - MISE EN VALEUR

Les principaux facteurs de la mise en valeur sont indiqués sur la carte des caractéristiques des sols. Les caractéristiques favorables ou défavorables ont été indiquées comme on vient de le voir pour chaque type de sol.

Dans les paragraphes ci-dessous nous étudierons la mise en valeur des cinq catégories figurant sur la carte des caractéristiques des sols en tenant compte essentiellement des propriétés hydrodynamiques et physico-chimiques, de la nature des sols et de la pente, facteurs qui conditionnent les possibilités de mise en valeur aussi bien à court terme qu'à long terme.

6.1 - SOLS PROFONDS

3 388 ha

Ces sols se trouvent disséminés dans l'ensemble de la région intéressée ; ils se localisent surtout dans la plaine d'Escales, à la périphérie du secteur étudié, aux environs de Montbrun-les-Corbières et même sur le massif de Lézignan à Moux.

Si l'on peut rencontrer des hétérogénéités de matériaux à l'intérieur d'une parcelle agricole, l'ensemble des sols classés : sols profonds, est relativement homogène.

Ces sols se sont développés d'une part sur les matériaux empruntés aux formations calcaires proches et d'autre part sur les cailloutis d'origine lointaine. Ainsi on peut distinguer deux séries de sols :

- Sols profonds constitués de matériaux fins
- Sols profonds constitués de matériaux grossiers.

les sols profonds constitués de matériaux fins sont calcaires et même parfois très calcaires, mais leur taux en calcaire actif est souvent inférieur à 10 % en profondeur, dans certains profils on observe un taux de phosphore Truog inférieur à 10 ppm et donc l'apport des amendements phosphatés doit être envisagé.

Ces sols présentent souvent des caractères d'hydromorphie, exohydromorphie et endohydromorphie, qui peuvent parfois limiter leur profondeur utile.

La texture de ces sols est très variable. On note souvent la richesse des matériaux de ces sols en limon et en sable fin, ce qui, aggravé par l'absence de matières organiques, est un risque de compactage et d'érosion.

L'indice de compacité de ces sols n'est pas souvent satisfaisant, et il indique qu'il peut se produire des phénomènes d'asphyxie totale ou partielle.

Un débit d'aspersion de 10 mm/h (en moyenne) peut convenir à ces sols sauf sur les pentes.

La presque totalité de ces sols est irrigable, excepté ceux dont la pente est supérieure à 15 % et pour des raisons techniques ceux qui sont situés à une altitude élevée.

Ces sols conviennent aux cultures intensives ; ils sont généralement bien exposés sauf dans les parties basses où on doit faire attention aux gelées tardives de printemps.

L'arboriculture à pépins (surtout pommiers, poiriers) convient bien ; l'arboriculture à noyaux (pêchers, pruniers, cerisiers, oliviers) est possible.

Ces sols sont riches en calcaire mais leur hydromorphie empêche que l'on utilise l'amandier-pêcher comme porte-greffe des pêchers.

Les sols profonds constitués de matériaux grossiers ne couvrent que 150 ha, ils sont développés sur les terrasses caillouteuses de l'Aude, et ils sont parfaitement décarbonatés.

Leur richesse en éléments grossiers oblige au seul emploi de l'irrigation par aspersion ; le pourcentage de la terre fine est moyenne en général, la porosité est satisfaisante.

Il y aura lieu de s'assurer en magnésium échangeable et en acide phosphorique qui peuvent être bloqués par la présence de fer.

L'arboriculture à noyaux (pêchers) est possible à condition d'irriguer ces sols et d'en améliorer le drainage.

6.2 - SOLS APPROFONDISSABLES

164 ha

Ils se trouvent sur les terrasses caillouteuses du secteur ; ils sont souvent complètement décarbonatés ou peu calcaires.

L'existence d'horizons indurés limite la profondeur utile de ces sols mais les travaux culturaux peuvent les faire disparaître.

La texture de ces sols est en général moyenne. La porosité est satisfaisante ; la dose d'arrosage varie de 30 à 50 mm pour l'épaisseur utile.

Ces sols se trouvent sur des pentes inférieures à 5 % et ils sont irrigables ; l'arrosage doit s'effectuer par aspersion.

L'apport d'amendements magnésien et phosphaté doit être envisagé.

6.3 - SOLS PEU PROFONDS

918 ha

On a distingué deux catégories :

- Sols peu profonds calcaires
- Sols peu profonds non calcaires

Les sols peu profonds calcaires se trouvent souvent dans des situations en pentes fortes et par conséquent sont très sensibles à l'érosion. Une partie de ces sols n'est pas irrigable.

Ces sols doivent être réservés à la culture de la vigne.

Les sols peu profonds non calcaires constituent des zones non irrigables soit en raison de leur pente soit en raison de leur situation topographique.

Ces sols ne sont exploitables que sous forme de parcours.

6.4 - SOLS MINCES

2 920 ha

En raison de leur situation topographique ces sols ne sont pas irrigables et ils ne présentent pas un intérêt agricole considérable.

6.5 - SOLS PROFONDS A ASSAINIR

54 ha

Ces sols se situent dans les dépressions de la plaine d'Escales. Ils sont en grande partie incultes et cela en raison de leur hydromorphie et de leur salure ; l'assainissement y joue le rôle le plus important dans les travaux de mise en valeur.

Ces sols peuvent être utilisés pour des cultures fourragères et céréalières.

° °
°

7 - DRAINAGE

Les zones qui doivent être drainées ont été signalées lors de la description des sols (chapitre III - 3ème partie). Nous avons également délimité les surfaces où l'assainissement est absolument nécessaire à la mise en valeur (voir la carte des caractéristiques des sols).

Nous exposons ci-dessous les modalités de drainage des principaux types de sols du secteur étudié.

7.1 - Les sols sodiques et hydromorphes

D'une superficie d'environ 50 ha, ils sont disséminés dans la plaine d'Escales, sous forme de petites dépressions arrondies. Un drainage profond est indispensable pour réaliser le dessalage et améliorer les caractères physiques de ces sols.

On pourra calculer l'écartement des drains par la formule de M. Guyon adoptée par la méthode dite de rabattement de nappe.

Dans le cas, par exemple, des cultures céréalières, on pourra prendre les données suivantes :

- profondeur moyenne des drains : 1,10 m ;
- pente : 2/100 ;
- diamètre : on pourra commencer à 0,05 m et éventuellement augmenter le diamètre suivant la longueur des drains et le débit à assurer.
- hauteur de rabattement : 0,50 mètres pour trois jours ;
- porosité utile : nous ne disposons pas de chiffre, mais en se référant à des sols salés assez comparables, on peut adopter les valeurs de 3 à 4 % ;
- vitesse de filtration : 0,12 m/jour, environ.

ϕ = terme complémentaire fonction de l'écartement^{des} drains et de la profondeur de l'imperméable (abaque).

En appliquant la formule de Guyon, avec ces données, on aura par approximations successives un écartement de l'ordre de 11 mètres. Il serait bon de prévoir un enrobage des drains de façon à limiter le colmatage et d'accroître le diamètre utile : soit avec graviers pris à proximité, (carrière de la Gaudière), soit matériaux fournis avec le drain.

Le coût d'investissement de l'équipement des drains peut être estimé de l'ordre de 120 000 F (coût de ml avec fibre de coco de 1,40 F à $\emptyset = 40$).

Il va sans dire qu'il sera nécessaire d'aménager des collecteurs pour recueillir l'eau écoulée par les drains, de préférence des fossés, afin de contrôler le fonctionnement des drains enterrés, et ^{de} permettre essentiellement leur nettoyage.

7.2 - Sols légèrement brunifiés d'apport alluvio-colluvial

L'excès d'eau dont souffre une partie de ces sols (voir carte des caractéristiques des sols), nécessitera des solutions diverses suivant la situation topographique.

Les zones inondables ne pourront être protégées et assainies à l'échelle de la parcelle, tant qu'une solution d'ensemble ne sera pas réalisée : endiguement, création de collecteurs avec ouvrage de protection contre les crues assurant l'écoulement des zones basses entre le bourrelet fluvial et les collines.

Il serait vain d'étudier un drainage à la parcelle avant la réalisation de cet équipement de base.

Dans le cas d'hydromorphie accusée des sols situés à proximité de la commune de St Couat d'Aude (Stc-A5), il faudra curer les fossés existants, et éventuellement en créer de nouveaux pour permettre le drainage de zones déprimées actuellement sans exutoire suffisant. Etant donné la forte compacité des matériaux on ne peut songer à installer des drains enterrés.

Les sols situés au centre du secteur (plaine d'Escales, profil Es 9, Lc 13 ...) reposent sur la nappe de graviers, qui peut remonter lorsque la pluie est abondante. Il apparaît que les perméabilités, sans être fortes, permettent l'installation de drains enterrés avec chance de succès. Il serait utile de multiplier les mesures de vitesses de filtration afin de mieux apprécier la possibilité d'installation de drains enterrés (mesure en place durant l'hiver et le printemps). Il serait utile, également, d'apprécier la porosité utile des sols, afin de calculer l'écartement des drains suivant la méthode de rabattement de nappe. Bien entendu, un curage général des fossés existants est nécessaire.

7.3 - SOLS LEGEREMENT BRUNIFIES D'APPORT COLLUVIAL ET SOLS CALCIMAGNESIQUES.

Pas d'intervention d'assainissement à la parcelle, remise en état des émissaires.

7 - CONCLUSION A L'ETUDE PEDOLOGIQUE

Les études pédologiques de la région de Lézignan-Corbières (cartographie, description de 64 sondages, analyses des sols et interprétation de ces analyses), ont été entreprises en vue de l'aménagement pour l'irrigation. Elles ont abouti à l'établissement de deux cartes :

- Carte pédologique
- Carte des caractéristiques des sols.

Sur la carte pédologique figurent les divers types de sols classés selon la classification française des sols d'Aubert et Duchauffour, et les normes mises au point par la commission de pédologie et cartographie des sols.

En nous référant à cette classification, nous avons groupé ces différents types de sols en 8 classes :

- Sols minéraux bruts
- Sols peu évolués
- Sols calcimagnésiques
- Sols saturés (neutres)
- Sols brunifiés
- Sols à sesquioxydes de Fer et de Manganèse
- Sols hydromorphes
- Sols sodiques

La carte des caractéristiques des sols a un aspect plus pratique ; comme nous l'avons déjà dit, elle est utilisée par des Ingénieurs agronomes et hydrauliciens pour la réalisation des projets d'irrigation.

Compte tenu d'une part de leurs principales caractéristiques et d'autre part de leur valeur agronomique, ces sols ont été ordonnés en cinq catégories :

- Sols profonds
- Sols approfondissables
- Sols peu profonds
- Sols minces ou squellettiques
- Sols dont l'assainissement est nécessaire

Les principales données qui interviennent pour répartir ces sols dans telles ou telles catégories sont :

La pente qui est un facteur important du point de vue de l'aptitude des sols à l'irrigation ; par exemple les sols à pente supérieure à 15 % ne sont pas irrigables ; pour les sols à pente inférieure à 15 % la pluviométrie des asperseurs sera diminuée.

La texture, toucher du sol, qui dépend de la granulométrie ; elle correspond à un certain nombre de propriétés, en particulier hydrodynamiques ; elle conditionne également le comportement des sols à l'irrigation (rétention, perméabilité etc...).

Le calcaire, qui détermine l'aptitude des sols du point de vue de la mise en valeur pour certaines cultures.

La R.F.U., qui est un paramètre nécessaire pour le calcul rationnel des besoins en eau, de la dose pratique d'arrosage etc....

La profondeur utile, qui conditionne le choix des cultures.

La carte des caractéristiques des sols montre les limites de la surface dont la mise en irrigation par aspersion ne pose pas de problème particulier.

On peut résumer les caractères de ces sols :

Leurs textures, riches en limons, sont généralement moyennes ; les sols de texture fine (dépressions localisées) ou grossières (quelques vallons) sont exceptionnels. Les sols caillouteux sont ceux des terrasses (leur terre fine est généralement de texture grossière sur moyenne).

Les structures, en particulier sous les semelles de labour, sont favorables. Il s'ensuit que la réserve en eau est facilement utilisable mais les textures étant souvent à base de limons, les indices de compacité révèlent une prédisposition des sols limoneux à l'asphyxie partielle ou totale en cas d'irrigation trop abondante .

En raison de leur pauvreté systématique en matière organique et de leur richesse en limon, ces sols sont érodables même sur pente faible (les sols peu évolués d'alluvions fines de l'Aude, d'alluvio-colluvions au Nord-Ouest de Montbrun-des-Corbières peuvent être cités en exemple).

Les caractères d'hydromorphie : la carte des caractéristiques des sols montre qu'ils sont fréquents, voir systématiques en profondeur, mais les zones où l'assainissement est impératif sont peu étendues (environ 50 ha dans la plaine d'Escales).

L'aptitude culturale de ces sols est variable :

Sur les sols situés dans la périphérie du secteur et compris entre le château de Sérème et St Couat d'Aude en passant par Tourrouzelle, Castelneau et Requecouble-Minervoïs, la culture des arbres fruitiers (pommiers, pêchers, cerisiers ...) est possible.

Les cultures fourragères et les céréales d'été ou d'hiver peuvent se pratiquer dans les petites dépressions de la plaine d'Escales.

Les cultures maraichères (asperges, artichaut, tomates...) sont possibles dans la plaine d'Escales.

Des études complémentaires sur le plan agronomique et économique sont nécessaires pour modifier le plan cultural actuel, constitué par la monoculture de la vigne et pour établir un programme d'orientation agricole d'avenir.

La phase suivante des études pédologiques comportant le creusement de sondages pédologiques beaucoup plus nombreux (un pour 20 à 25 ha) pourra mieux préciser les caractéristiques des sols du secteur étudié.

T R O I S I E M E P A R T I E



troisième partie

HYDROGEOLOGIE

chapitre premier

Hydrologie de surface - facteurs externes

1 - CADRE DE L'ETUDE	113
2 - LES MILIEUX AQUIFERES	113
3 - ETABLISSEMENT DU BILAN HYDROLOGIQUE	
3-1 - Calcul de l'E.T.P. selon la formule de THORNTHAITE	114
3-2 - Application des données du bilan dans la région étudiée	115
4 - FACTEURS AGISSANT SUR LA NAPPE	116

chapitre deuxième

Hydrologie souterraine

1 - GENERALITES	118
2 - ETABLISSEMENT DES CARTES PIEZOMETRIQUES	119
2-1 - Cartes piézométrique des basses eaux	120
2-2 - Carte piézométrique d'une nappe moyenne	121
3 - ESSAI DE DEBIT	
3-1 - Essai de débit d'Escales	121
3-2 - Essai de débit de la Boulandière	125
3-3 - Essai de débit de la Bastide	127
3-4 - Essai de débit de la Commune de Montbrun des Corbières	128

chapitre troisième

Hydrochimie

1 - GENERALITES	131
2 - FAMILLES D'EAUX	133
3 - CARTE DE RESISTIVITE	137
4 - EVOLUTION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU DANS LA PLAINE ALLUVIALE D'ESCALES	138

5 - UTILISATION DES EAUX POUR L'IRRIGATION	
5-1 - Critères de la classification de la qualité des eaux d'irrigation	139
5-2 - Application aux conditions locales	141
6 - CONCLUSION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE	143

Troisième partie HYDROGÉOLOGIE

Chapitre premier

Hydrologie de surface - facteurs externes

1 - CADRE DE L'ETUDE

L'étude hydrogéologique intéresse particulièrement le comblement alluvial caillouteux de la plaine d'Escales, entre la terrasse de la Gaudière et le château de Serame.

Il existe dans cette plaine de nombreux petits ruisseaux, affluent d'un grand ruisseau appelé La Jourre qui constitue le collecteur principal de toutes les eaux de ruissellement provenant des massifs de Tourouzelle et de Lézignan à Moux situés respectivement au Nord et au Sud de la plaine alluviale d'Escales.

2 - LES MILIEUX AQUIFERES

Ils sont constitués :

d'une part par des cailloutis quaternaires reposant sur les marnes de l'Ypresien et du Lutétien ;

d'autre part par les matériaux fins, généralement limoneux, issus de formations géologiques de notre secteur qui reposent sur les marnes rouges du Lutétien comme nous l'avons indiqué au début de ce travail.

Il existe donc deux nappes dans l'ensemble du périmètre étudié :

- nappe de graviers
- nappe de limons

Nos études concernent essentiellement la nappe la plus importante en débit, c'est à dire la nappe des graviers (voir essais de débit, chapitre 2-2.3).

La nappe de limons ne constitue pas une réserve intéressante et elle n'est exploitée que pour des usages domestiques).

3 - ETABLISSEMENT DU BILAN HYDROLOGIQUE

L'équation générale du bilan hydrologique exprime l'égalité des apports et des pertes.

Nous utiliserons la relation suivante pour estimer l'ordre de grandeur des différents éléments du bilan dans la région étudiée :

$$P = E + R + I \quad \text{avec :}$$

P = hauteur de précipitation en mm ; E = évapotranspiration réelle en mm ;
R = ruissellement de surface en mm ; I = infiltration en mm.

Parmi ces éléments nous ne possédons que la moyenne de la pluviométrie mensuelle et annuelle et la moyenne de l'évapotranspiration réelle annuelle (voir climatologie, première partie, chapitre 2) ; nous nous trouvons donc dans un cas très complexe avec deux inconnues dans l'équation du bilan.

La détermination de ces deux éléments inconnus sera possible en utilisant la méthode de Thornthwaite et Serra. Le calcul du bilan par cette méthode est basé sur l'évaluation empirique de l'E.T.P.M. (l'évapotranspiration potentielle mensuelle) ; ensuite en tenant compte de la capacité de rétention des sols, on détermine les autres éléments du bilan hydrologique.

3.1 - CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE SELON LA FORMULE DE THORNTHWAITE

Par un ajustement statistique des mesures expérimentales d'E.T.P. obtenues sur cases lysimétriques, aux données climatologiques de température, Thornthwaite aboutit à la formule empirique suivante :

$$E.T.P. = 16 \frac{(10t)^a}{I} - F(\lambda) \quad \text{dans laquelle :}$$

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE A OLONZAC

FORMULE DE THORNTHWAITE

MOIS	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	TOTAL ANNUEL
Températures moyennes	6,32	7,26	10,35	12,79	16,57	19,64	22,93	22,35	19,61	15,28	10,17	7,35	
i	1,42	1,77	2,99	4,15	6,15	7,91	10,08	9,62	7,91	5,44	2,94	1,85	$\sum i =$ 62,23
E.T.P. non corrigée	0,5	0,7	1,1	1,5	2,4	2,8	3,6	3,4	2,8	2,0	1,1	0,7	
correction saisonnière de latitude	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77	
E.T.P. journalière en mm	0,405	0,574	1,10	1,68	3,00	3,584	4,644	4,08	2,912	1,90	0,891	0,539	
E.T.P. mensuelle en mm	12,15	17,22	33,3	50,4	90,00	107,52	139,32	122,4	87,36	57	26,73	16,17	760,00

CALCUL DE L'E.T.P. QUOTIDIENNE ET MENSUELLE

t est la température moyenne de la période considérée.

a est une fonction complexe de l'indice I

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,49$$

I représente un indice thermique annuel, somme de douze indices thermiques

$$\text{mensuels } i : I = \sum_1^{12} i$$

chaque indice mensuel étant calculé par la formule : $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{2,514}$

t = la température moyenne de la période considérée.

Il existe des tableaux qui donnent ; la valeur de i, indice mensuel, en fonction de la température moyenne en degrés celsius ; ensuite l'évapotranspiration potentielle non corrigée est donnée en fonction de I (I = $\sum i$) et de la température moyenne ; le coefficient de correction F (λ) est donné en fonction de l'atitute (voir annexe I).

A partir des données climatologiques de la Station d'Olonzac, nous avons calculé l'E.T.P. quotidienne et mensuelle ; elles sont présentées dans le tableau ci-contre : tableau a

Sur le tableau b, nous avons calculé les éléments du bilan ; les résultats se résument ainsi :

$$P = 590 \text{ mm (100 \%)} = \text{E.T.P. } 500 \text{ mm (84,7\%)} + R : 83 \text{ mm (14,1 \%)} + I : 7 \text{ mm (1,2\%)}$$

$$\text{Le coefficient de ruissellement est de : } 83/590 = 0,14$$

Sur le diagramme C, on donne une représentation graphique du bilan hydrique.

3.2 - APPLICATION DES DONNEES DU BILAN DANS LA REGION ETUDIEE

La nappe en question (nappe des graviers) se trouve dans la plaine alluviale d'Escales, laquelle constitue un bassin versant bien délimité dont le cours important est le ruisseau de la Joure.

TABLEAU b

ÉTABLISSEMENT DU BILAN HYDRIQUE (Station d'Olonzac 1926-1968)

FORMULE DE THORNTHWAITE

P : : précipitation
 ETP : évapotranspiration potentielle
 ETR : évapotranspiration réelle

Mois Éléments du bilan	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL ANNUEL
	P	28	58	47	49	39	22	23	36	74	79	73	61
ETP	12	17	33	50	90	108	139	122	87	57	27	16	758
P-ETP	+ 16	+ 41	+ 13	- 1	- 52	- 86	- 116	- 86	- 13	+ 22	+ 46	+ 45	- 170
STOCK	100	100	100	99	47	0	0	0	0	22	68	100	
Excédent	16	41	13									13	83
Déficit						39	116	86	13				254
ETR	12	17	33	50	90	69	23	32	74	57	27	16	500
Écoulement	11,2	26,1	19,5	9,75	4,87	2,43	1,21	0,6	0,3	0	0	6,5	83

La superficie de ce bassin versant est de 2 580 hectares (voir les cartes piézométriques sur lesquelles, on trouvera la limite du bassin versant de la Jourre). On aura donc, par an :

- . Quantité de précipitation : $25\ 800\ 000\ m^2 \times 0,590\ m = 15,222$ millions de m^3
- . E.T.P. : $25\ 800\ 000\ m^2 \times 0,500\ m = 12,900$ millions de m^3
- . Quantité d'eau ruissellée : $25\ 800\ 000\ m^2 \times 0,083\ m = 2,141$ millions de m^3
- . Quantité d'eau infiltrée : $25\ 800\ 000\ m^2 \times 0,007\ m = 0,1806$ millions de m^3

En supposant qu'on ait choisi d'exploiter de la nappe la quantité d'eau qu'elle reçoit annuellement, on peut capter un débit de $20,93\ m^3$ /heure pendant toute l'année :

$$\frac{180\ 600}{30 \times 12 \times 24} = 20,92\ m^3/\text{heure}$$

En exploitant uniquement pendant les 6 mois d'irrigation, on aura un débit de $20,93 \times 2 = 41,86\ m^3$ /heure pour 6 mois et en irrigant par exemple 20 heures par jour, on aura un débit de :

$$41,86\ m^3 \times 1,2 = 50,232\ m^3/\text{heure soit environ } 50\ m^3/\text{heure}$$

En se basant sur l'E.T.R. de Turc, on estime une valeur de l'infiltration double, ce qui correspond à un débit de $50 \times 2 = 100\ m^3$ /heure qui nous paraît d'un ordre de grandeur plus significatif.

4 - FACTEURS AGISSANT SUR LA NAPPE

Les divers facteurs pouvant avoir une influence sur la nappe de la plaine d'Escales (nappe de graviers) sont d'une part, ceux susceptibles d'alimenter la nappe :

- les pluies,
- les apports,

et d'autre part, ceux pouvant être considérés comme des pertes :

- le drainage naturel
- les pompages

BILAN HYDRIQUE

STATION D'OLONZAC 1926-1968

P et ETP en mm.

150

140

130

120

110

100

90

80

70

60

50

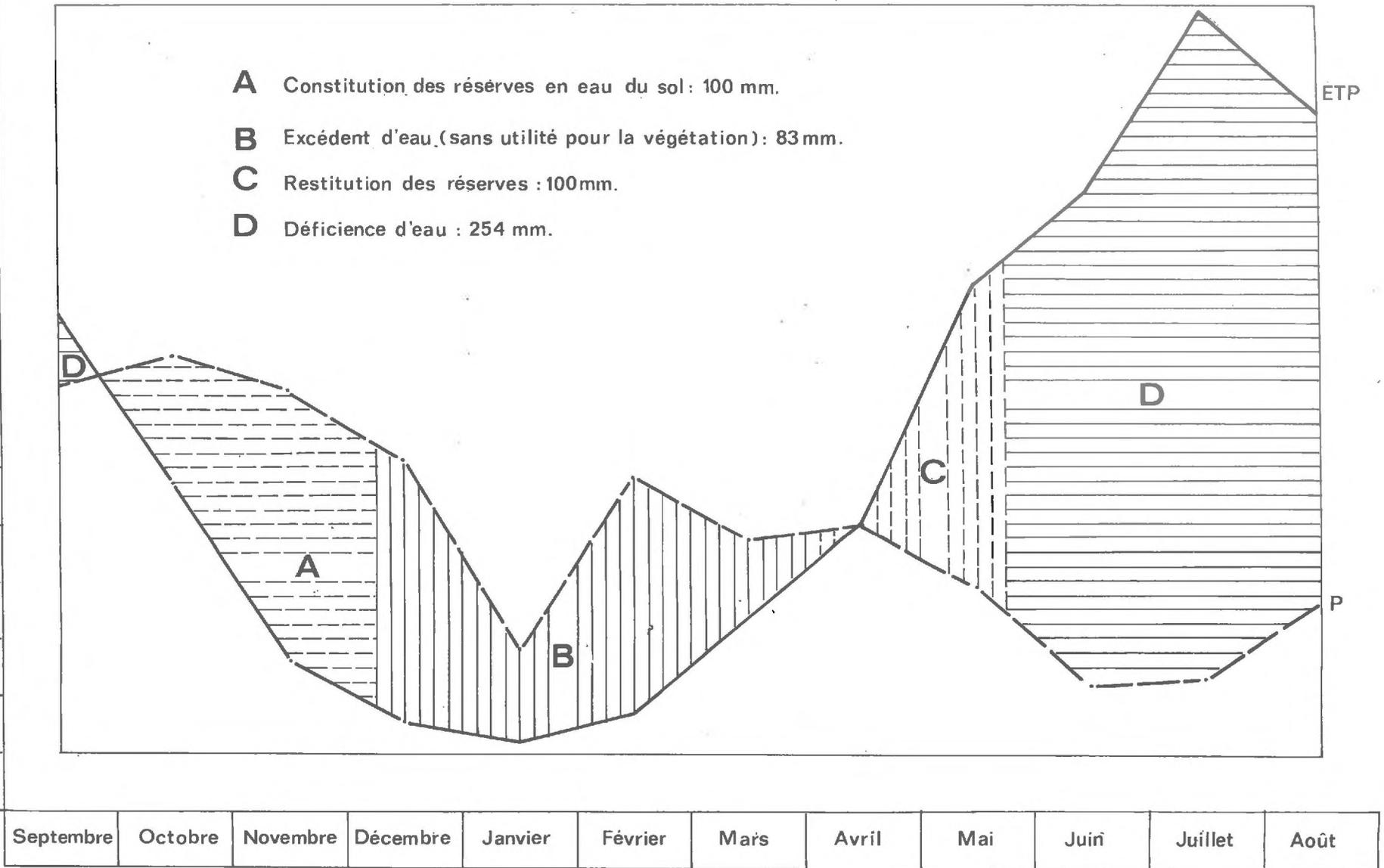
40

30

20

10

0



4.1 - FACTEURS D'ALIMENTATION

4.1.1 - La pluviométrie

Dans le chapitre climatologie nous avons étudié en détail les données météorologiques de la région étudiée. La moyenne pluviométrique annuelle pour une période de 42 ans est de 590 mm ; en 1970 la pluviométrie de la station de Serane a été de 360 millimètres ; les extrêmes sont de 298 mm (en 1934 A Olonzac) et de 1 072 mm (en 1930 dans la même station).

L'année 1970 a été une année sèche. Les mois les plus pluvieux ont été les mois d'Octobre (142 mm), Mai (44 mm), Août (35 mm), Janvier (33 mm). Les mois les plus secs étant les mois de Juillet (0 mm) et Septembre (3 mm). En l'absence d'environnement karstique, la pluviosité est dans le bassin, presque le seul facteur d'alimentation des nappes étudiées.

En ce qui concerne la nappe de graviers nous avons chiffré l'infiltration à 7 mm, ce qui correspond à une quantité d'eau de l'ordre de 200 000 m³ qui entrent annuellement dans la nappe en question (chiffre moyen sur 42 ans).

4.1.2 - Les apports

En dehors du bassin versant que nous avons délimité ; les pluies tombées sur les collines de Tourouzelle et Lézignan peuvent également participer à l'alimentation de la nappe. Ces apports apparaissent sous forme de petites sources temporaires dont les débits sont extrêmement faibles ; on les rencontre toujours à la suite des fortes pluies, survenant dans le secteur étudié. En certains points l'émergence n'est pas strictement localisée et on peut parler de mouillères.

4.2 - FACTEURS DE DRAINAGE

L'agent le plus important du drainage de la nappe de graviers, est le ruisseau de la Journe constituant un exutoire naturel de la nappe phréatique de la plaine d'Escalles. Il existe également de nombreux canaux d'assainissement dans cette plaine, mais leur rôle dans le drainage de la nappe est très limité.

Les eaux de cette nappe sont utilisées en de nombreux points pour l'irrigation de la vigne ; ainsi les pompages effectués peuvent également jouer un rôle plus ou moins important dans l'évacuation des eaux de la nappe.

C h a p i t r e d e u x

H y d r o l o g i e s o u t e r r a i n e

1 - GENERALITES

Au cours des chapitres précédents nous avons parlé de la géologie, morphologie, climatologie, pédologie et hydrologie concernant le secteur étudié. Ces études permettent maintenant d'aborder les problèmes relatifs à l'hydrologie souterraine.

L'ordre chronologique des différentes formations rencontrées dans cette région est le suivant :

- matériaux fins généralement limoneux
- cailloutis continental
- marnes rouges argileuses d'intercalation des grès et des poudingues.
- grès grossiers superposés sur les marnes bleues généralement limoneuses.

Parmi ces différentes séries lithologiques ; seul le cailloutis continental présente un intérêt hydrogéologique certain ; par contre les matériaux limoneux d'épaisseur variable (maximum 13 m) qui constituent également un niveau aquifère (nappe de limon) et dont la perméabilité est très faible, ne présente qu'un intérêt très limité (usages domestiques).

La situation du cailloutis en fond de cuvette, sur un substratum marneux en fait un receptacle naturel pour les eaux de ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique des coteaux avoisinants constitués de roches imperméables. Cette cuvette présente une légère pente dans son axe longitudinal avec un exutoire naturel, à la cote approximative de 40 mètres, près du château de Sérame.

Nous avons tenté d'établir une carte (en courbes d'égale profondeur) du substratum marneux sur lequel repose la nappe ; mais cela n'a pas été pos-

sible car les puits fermiers ne permettent pas l'observation de ce substratum d'une façon précise, soit qu'ils ne l'atteignent pas, soit qu'ils y pénètrent sur une profondeur non négligeable mais difficile à estimer. A défaut de carte, dont la précision serait illusoire, on a relevé et porté sur les tableaux des mesures piézométriques la profondeur des puits (voir annexe II).

2 - ETABLISSEMENT DES CARTES PIEZOMETRIQUES

La carte piézométrique exprime la morphologie de la surface de la nappe à une époque déterminée. L'établissement d'une telle carte nécessite un inventaire aussi complet que possible de tous, les puits, forages, sondages etc. atteignant le niveau piézométrique de la nappe.

Durant l'année 1970 nous avons procédé à un inventaire systématique de tous les points d'eau existant dans la région étudiée.

On a distingué, par des symboles, les différents types de points d'eau observés, et identifié chaque point d'observation par un numéro d'ordre précédé, pour aider à se situer, de l'abréviation de la commune (*).

Au total 84 puits ont été inventoriés. Les résultats des mesures piézométriques ont été présentés sous forme des tableaux (voir annexe II). Pour chaque point d'eau on a porté : les coordonnées Lambert, la profondeur du puits, la hauteur et la cote NGF de sa margelle, la profondeur et la cote NGF de la nappe. Les mesures altimétriques des puits ont été effectués par le Service Etude des Sols de la B Rh. L.

La Campagne piézométrique a été entreprise à trois époques différentes : du 27 au 29 Mai 1970, les 8 et 9 Septembre 1970 et les 23, 24 Mars 1971.

(*) Lc = Lézignan-Corbières ; St C-A = St Couat d'Aude ; Ro - M = Requesoub Minervoïs ; Es = Escales ; Co-L = Conilhac des Corbières ; Cas = Castelneau d'Aude ; Mt-C = Montbrun des Corbières ; Mx = Moux.

2.1 - CARTE PIEZOMETRIQUE DES BASSES EAUX

Dans la plaine d'Escales, la carte piézométrique met en relief une ligne de crête sensiblement Nord-Sud passant aux puits Gas 50 et Gas 51 ; à l'Est de cette ligne l'écoulement a une direction générale vers l'Est et à l'Ouest, vers l'Ouest.

L'examen de cette carte met bien en évidence d'une façon certaine que l'Aude n'alimente absolument pas la nappe de graviers mais au contraire la draine à l'Ouest comme à l'Est.

Dans l'ensemble, la surface piézométrique n'est pas régulière et présente une forme assez complexe, l'écoulement de direction générale Ouest-Est n'est pas uniforme. L'espacement des courbes piézométriques (équidistance : à 1 mètre) est en relation directe avec la perméabilité. En outre, on remarque que le niveau piézométrique est en relation avec la forme topographique du terrain naturel.

Les gradients hydrauliques de la nappe de graviers sont variables, ils sont de l'ordre de 2 % entre la ligne de crête et le puits ES 39 et de l'ordre de 3 % entre le puits TO 5 et le puits LC 1 ; le gradient hydraulique moyen est de l'ordre de 2,5 % pour la nappe de graviers.

La carte piézométrique montre également la zone la plus favorable au pompage dans la nappe.

Dans le cas de la nappe des limons, l'espacement des courbes hydrobachyses diminue, l'écoulement de cette nappe a une direction générale d'Est en Ouest et il est dirigé vers l'Aude.

Nous avons dressé une carte d'égale profondeur de la nappe en dessous du terrain naturel pour la période des basses eaux, (carte qu'il est intéressant de comparer avec la carte piézométrique). Elle fait apparaître des zones où l'assainissement jouera un rôle important dans la mise en valeur ; bien que l'année 1970 ait été une année sèche (360 mm) et que ce relevé ait été fait au moment des plus basses eaux, dans des dépressions, le niveau statique de la nappe se trouve à 1 mètre sous la surface du sol.

On remarque que les sols salés de cette région se rencontrent dans des endroits où la surface de la nappe est la plus proche de la surface du

sol ; avec la forte évapotranspiration de cette région, on aboutit à l'augmentation de la salinité, provoquée par la nappe de graviers qui est d'ailleurs assez chargée en sels comme on le verra (chapitre 3, hydrochimie).

2.2 - CARTE PIEZOMETRIQUE D'UNE NAPPE MOYENNE

Les mesures effectuées sont celles de fin Mai 1970. Cette carte peut être considérée comme une carte des moyennes eaux pour l'année 1969 ; les courbes piézométriques présentent grosso-modo les mêmes allures qu'en basses eaux et l'écoulement se fait dans les mêmes directions.

La différence de cote entre les deux états de la nappe est de l'ordre de 1 à 1,50 m, sauf au bord des côtes où l'on observe une différence plus importante de l'ordre de 2 à 3 mètres, ce qui serait dû à la perméabilité restreinte de la nappe dans ces zones par rapport aux autres.

L'année 1970 ayant été, comme nous l'avons déjà signalé une année sèche, les mesures effectuées fin Mars 1971 ne peuvent pas présenter l'état de la nappe du secteur en hautes eaux.

On peut tout de même signaler que l'état de la nappe du mois de Mars 1971 est en général identique à celui du mois de Mai 1970 (voir les tableaux des mesures en annexe II).

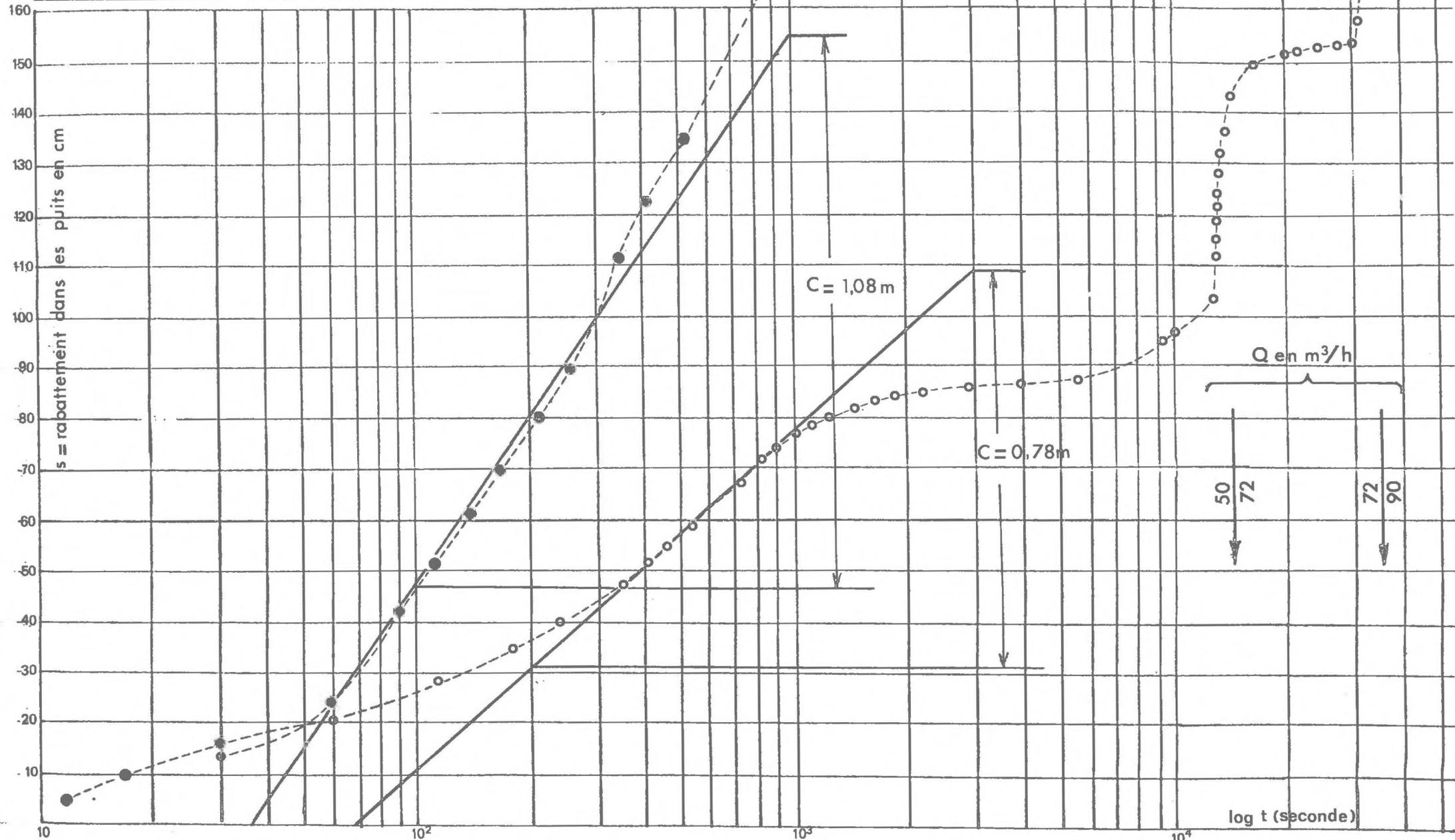
3 - ESSAIS DE DEBITS

L'exploitation de la nappe dépend de ses caractéristiques hydrodynamiques : la transmissivité, le coefficient d'emménagement etc... ; la détermination de ces paramètres se fait selon diverses méthodes.

Nous avons employé la méthode de Jacob ou encore la méthode dite de régime transitoire ; l'équation de celui-ci est la formule d'approximation logarithmique qui est rappelée dans la page 123.

Nous avons utilisé également la méthode Porchet qui permet de déterminer le débit de la nappe dans les puits en fonction du débit de la pompe.

	Descente $\circ-\circ-\circ$	Remontée $\bullet-\bullet-\bullet$
Q	$1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$	$2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
C	0,78 m	1,08 m
T	$3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$



ESSAI DE DEBITS DE LA COMMUNE D'ESCALES

N° Inventaire : ES 29

Graphique 2.1

Nos moyens étant limités, nous avons effectué seulement 4 essais de débit ; nous n'avons pas pu calculer les coefficients d'emmagasinement sur les puits d'essais ; les essais ont été entrepris durant la saison d'irrigation des vignobles et à partir de puits en service.

Etant seul durant ces mesures, nous n'avons pas pu surveiller la descente de l'eau dans les puits voisins.

On a utilisé une sonde électrique pour les mesures de rabattement dans le puits d'essais. Les pompes utilisées sont des pompes rotatives à moteurs thermiques.

Trois essais de débit concernent la nappe de graviers dans la plaine alluviale d'Escales, et le quatrième, la nappe de limons.

3.1 - ESSAIS DE DÉBIT D'ESCALES

Le pompage a été effectué dans le puits ES 29 (X = 630.300 Y = 103.700) ; la profondeur du puits est de 5,18 m et son diamètre est de 2 mètres.

L'essai a commencé le 8.7.70 à 7 h 20 et s'est terminé le soir à 19 heures, après 11 h 40 de pompage sans interruption.

Comme nous l'avons déjà signalé, il s'agit d'une nappe dont les matériaux sont constitués de graviers, de sables, et de galets (alluvions caillouteuses de l'Aude), recouverte par des matériaux fins limoneux de perméabilité variable 10^{-4} cm/s à 10^{-3} cm/s ; l'épaisseur de cette couverture limoneuse est environ 1,50 m à 2 mètres ; l'épaisseur de formations aquifères est donc de 3 à 4 mètres.

Les résultats suivants donnent une idée de l'évolution de la nappe au cours du pompage : après 3 h 46 minutes de pompage le rabattement est de quelques centimètres pour un débit de $50,4 \text{ m}^3 / \text{s}$; à ce moment là le débit a été augmenté à $72 \text{ m}^3 / \text{s}$ ce qui a provoqué une descente rapide et ensuite une stabilisation ; nous avons augmenté ensuite le débit ($90 \text{ m}^3 / \text{s}$) et on a observé une descente rapide suivie d'une remontée et ensuite d'une stabilisation. On trouvera en annexe III les résultats détaillés et ci-contre, leur représentation graphique

Nous avons porté en ordonnées le rabattement du puits en centimètres et en abscisses le logarithme du temps en secondes.

3.1.1 - Interprétation de l'essai de débit

Après une demie heure de pompage avec un débit de 50 m³/heure, on observe une stabilisation relative ; puis le niveau dynamique continue à descendre très lentement : le rabattement observé pour cette première demie heure est de 85 centimètres, alors qu'ensuite, pendant 3 heures, le rabattement n'est que d'une dizaine de centimètres.

L'augmentation du débit après 3 h 45 de pompage provoque une descente rapide du niveau dynamique de la nappe, ce qui fait apparaître un deuxième palier identique au premier.

C'est le troisième palier qui est le plus intéressant (pour un débit de 90 m³/h) mais malheureusement l'irrigant s'est refusé à continuer le pompage.

L'amorce de la stabilisation de ces différents paliers est le trait le plus caractéristique de l'essai.

Il est à remarquer qu'il a fallu uniquement 2 heures pour que la nappe reprenne pratiquement son niveau initial (voir le tableau des mesures).

- Calcul de la transmissivité : T

Rappelons que la droite, rabattement en fonction du temps est en réalité la droite représentative de la formule d'approximation logarithmique suivante :

$$s = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{2,25 Tt}{d^2S} \quad \text{dans laquelle :}$$

s = rabattement en m en un temps donné

Q = débit en m³/s

T = la transmissivité en m²/s

t = temps de pompage en secondes

d = distance du piézomètre au puits

S = coefficient d'emmagasinement

Cette formule peut s'écrire :

$$s = \frac{0,183 Q}{T} \left(\log \frac{2,25 T}{d^2 S} + \log t \right)$$

Pour un débit constant, s est fonction de t car T, S, d sont constants. C'est donc une fonction de la forme suivante :

$y = a (\log b + \log x)$ dans laquelle :

$a = \frac{0,183}{T}$ qui représente le coefficient angulaire de la droite représentative.

Les variables sont : $Y = s$ et $\log x = \log t$

On peut écrire :

$$\frac{0,183 Q}{T} = \frac{dy}{dx} = \frac{ds}{d(\log t)}$$

La valeur de $\frac{ds}{d(\log t)}$ est donnée par l'accroissement du rabattement

s dans un cycle logarithmique, c'est à dire dans un intervalle c séparant une valeur quelconque de t , d'une valeur 10 fois plus grande. Comme le logarithme de dix est égal à un ; on peut écrire alors :

$$\frac{0,183 Q}{T} \dots ds = C \text{ ou } T = \frac{0,183 Q}{C}$$

Ici, pour la courbe de descente : $C = 0,78 \text{ m}$ et $Q = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{d'où } T = \frac{0,183 \times 1,4 \cdot 10^{-2}}{0,78} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Pour la courbe de remontée : $Q = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ et $C = 1,08 \text{ m}$

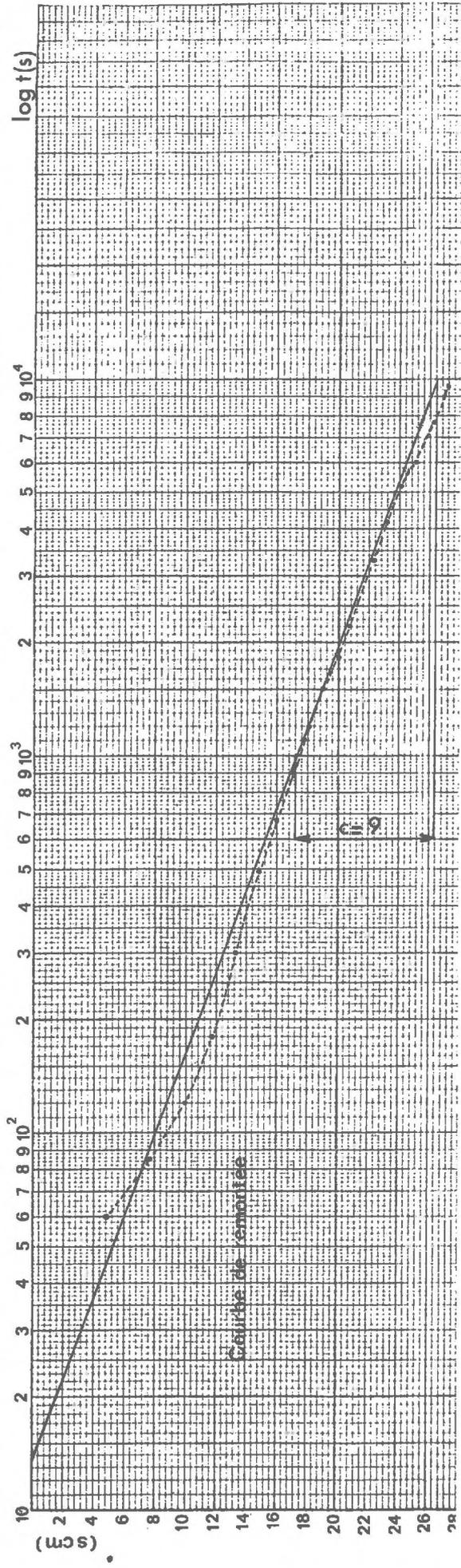
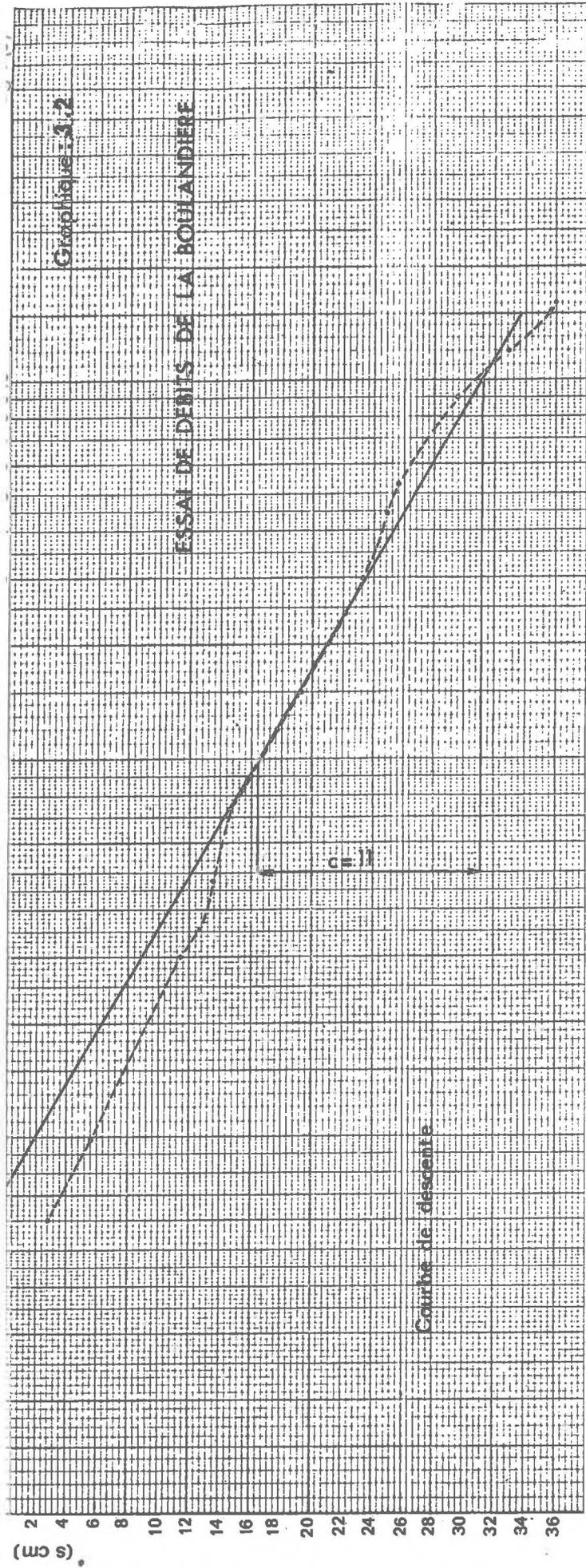
$$\text{d'où } T = \frac{0,183 \times 2,5 \cdot 10^{-2}}{1,08} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Nous pouvons calculer la perméabilité K en prenant une épaisseur d'aquifère de 3 mètres.

$$T = KH \quad K = \frac{T}{H} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}}{3} \neq 10^{-3} \text{ m/s}$$

ou encore $3,6 \text{ m/h}$ $86,4 \text{ m/jour}$

ESSAI DE DÉBITS DE LA BOULANDIÈRE



	DESCENTE	REMONTÉE
Q	$120 \text{ m}^3/h = 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/s$	$120 \text{ m}^3/h = 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/s$
C	0,11 m	0,09 m

3.2 - ESSAIS DE DEBIT DE LA BOULANDIERE

Puits inventorié : To 10 : x = 632.060 Y = 103.780

Le pompage a commencé le 28.5.70 dans la matinée et s'est terminé au même jour le soir, durant une irrigation d'une vigne, la durée du pompage a été de 4 h 30 selon un débit constant de 120 m³/h, vérifié plusieurs fois par nous même. Le résultat des mesures est donné en annexe III.

Le terrain aquifère est constitué comme dans le cas précédent, de graviers, de sables et de galets, recouverts par une couche de matériaux fins limoneux, moyennement perméables (de l'ordre de 10⁻⁴ - 10⁻³ cm/s).

- Calcul de la Transmissivité

- Courbe de descente (graphique ci-contre)

$$T = \frac{0,183 Q}{C} \text{ avec } Q = 120 \text{ m}^3/\text{h} = 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} \text{ et } C = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{d'où } T = \frac{0,183 \times 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}}{0,11} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

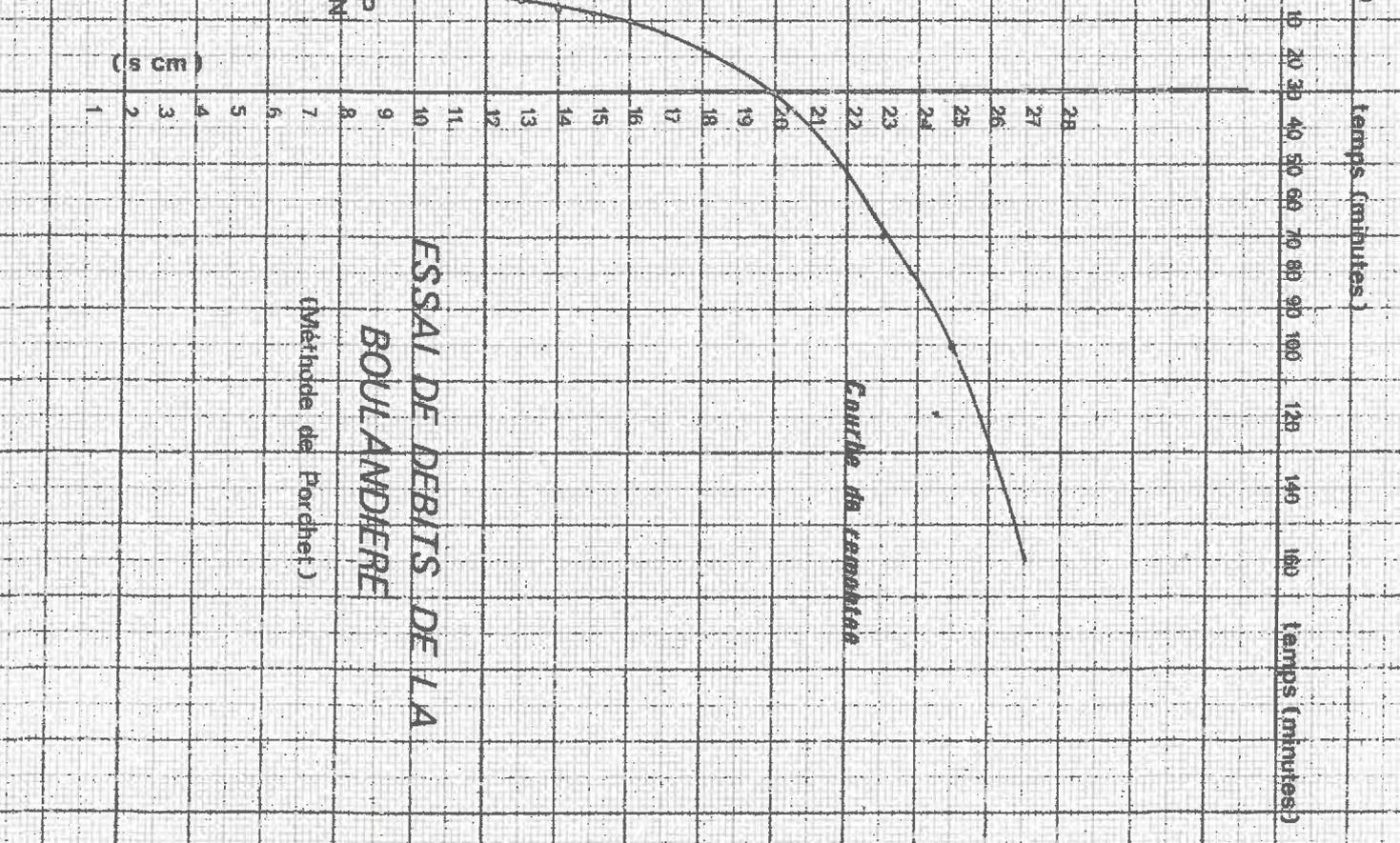
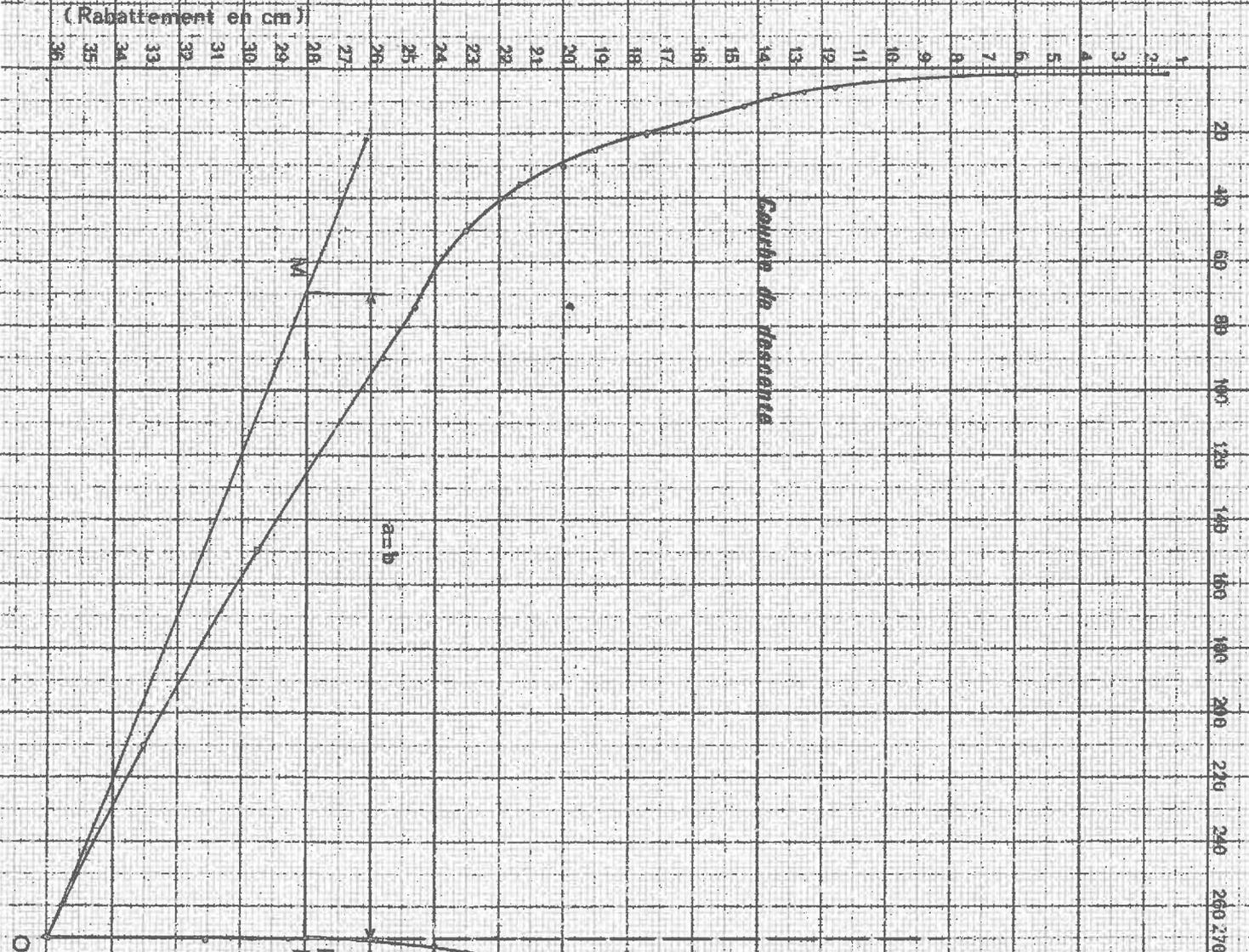
Le coefficient de la perméabilité calculé à partir de la transmissivité pour une épaisseur d'aquifère de 3 mètres, sera :

$$K = \frac{T}{H} = \frac{5,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}{3 \text{ m}} = 1,83 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

ou encore 65,88 m/h 1581 m/jour

L'importance du débit de pompage et le faible rabattement observé (36 cm pendant 4 h 30, avec un débit de 120 m³/h, la hauteur d'eau dans le puits étant de 4 mètres), sont donc confirmés par les fortes valeurs de la transmissivité et de la perméabilité des formations aquifères.

Il est à remarquer que la remontée de la nappe, comme dans le cas précédent, est également très rapide (voir tableau des mesures).



**ESSAI DE DEBITS DE LA
BOULANDIERE**
(Méthode de Porchet)

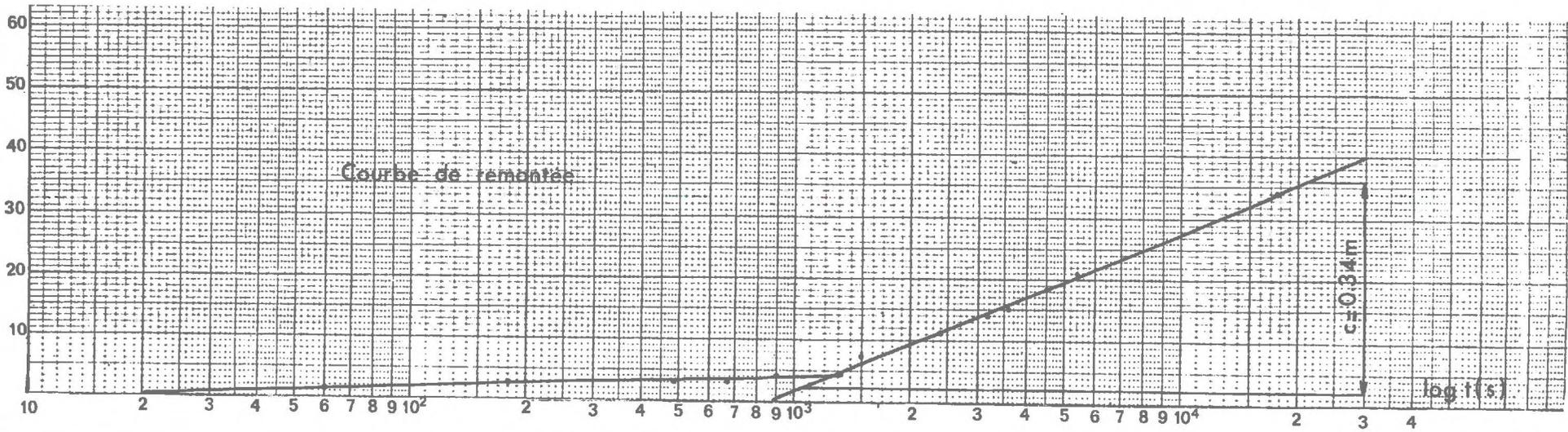
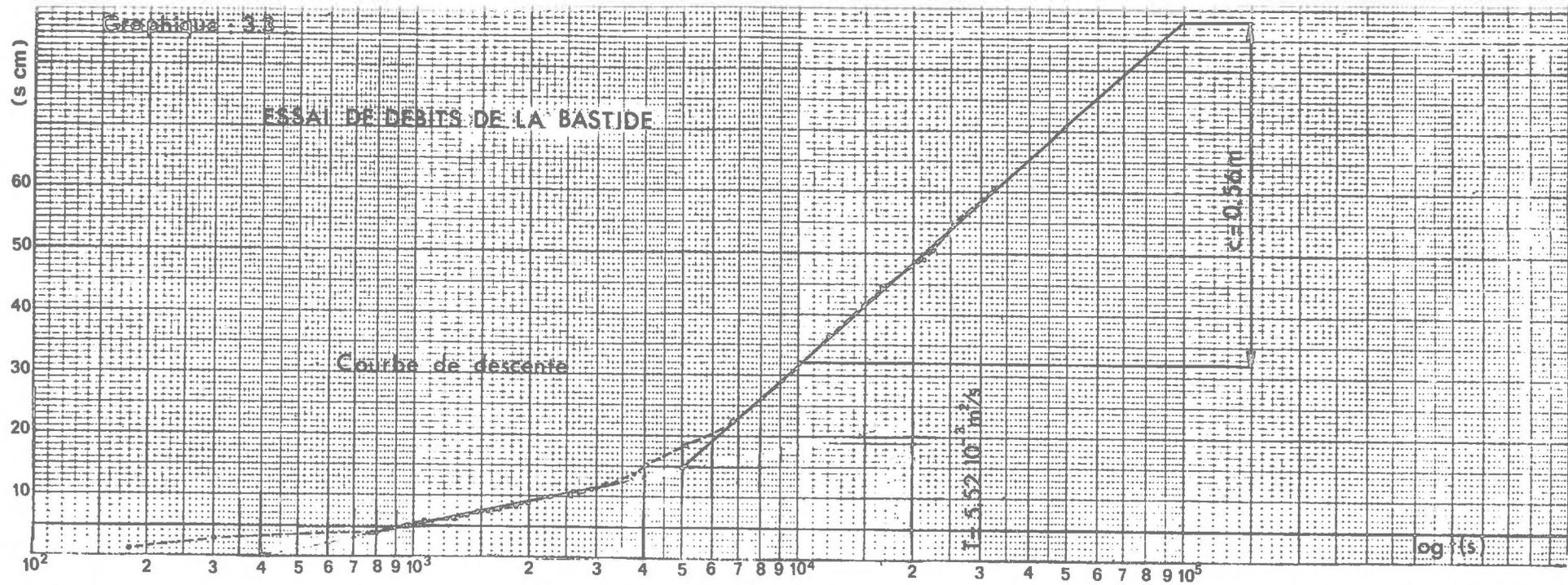
Nous avons appliqué la méthode de Porchet pour estimer le débit de la nappe dans le puits d'essais.

Sur un papier arithmétique, on porte en abscisses les temps, et en ordonnées les rabattements. On construit ensuite la courbe de remontée de la même façon, et on démontre que le débit de la nappe aux environs du puits est égal au débit de la pompe x MN/MP . (voir ci-contre)

Soient M et P les intersections des tangentes à chacune des deux courbes au point O, avec une perpendiculaire quelconque à l'axe des profondeurs; N l'intersection de cette perpendiculaire avec la perpendiculaire à l'axe des temps passant par O. Pour l'essai de la Boulandière N et P sont pratiquement confondus : la remontée de la nappe après l'arrêt du pompage est très rapide : d'après la méthode de Porchet, le débit de la nappe dans le puits est au moins égal au débit de la pompe.

On conçoit donc que le débit maximum de la nappe sera bien supérieur à 120 m/h. Il serait donc intéressant d'entreprendre l'essai du débit avec une pompe plus puissante en effectuant un essai sur une plus longue durée et de suivre l'évolution de la nappe au pompage.

ESSAI DE DEBITS DE LA BASTIDE



	Descente	Remontée
Q	$0,69 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$	$0,69 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
C	0,56 m	0,34 m
T	$2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

3.3 - ESSAI DE DÉBIT DE LA BASTIDE

Cet essai a été effectué dans un fossé de 25 mètres de longueur et 3 à 4 mètres de largeur, près de Bastide à 200 mètres au Nord Ouest du puits ES 39 (X = 611,4 ; Y = 103,2).

Le pompage a commencé le 3.6.70 à 9 h 27 et s'est terminé le même jour à 18 h 30 après 9 heures de pompage.

Dans les parois de ce fossé, on observe les matériaux du terrain aquifère (galets de quartz, quartzites, schistes, granites, calcaires des graviers, des sables etc.... : matériaux caillouteux de l'Aude).

La coopérative de la Bastide irrigue depuis quelques années ses cultures avec l'eau de ce fossé (le puits ES 39 est équipé d'une station de pompage appartenant à cette coopérative, mais elle ne fonctionne pas actuellement).

Nous avons entrepris cet essai de débit avec une moto-pompe ; le débit de la pompe a été vérifié plusieurs fois par nous même. Il est de 23 m³/heure.

Pendant 9 heures de pompage (à 23 m³/h) nous avons abaissé le niveau de l'eau de 60 centimètres. Ce rabattement correspond à 30 % du rabattement maximum.

La remontée de la nappe a été assez lente et jusqu'à 4 h du matin du lendemain (le 4.6.70), nous avons eu 54 centimètres de remontée de la nappe (voir les tableaux de Mesures, annexe III).

A l'aide des courbes ci-contre nous avons calculé la transmissivité de la couche aquifère : (°)

- Courbe de descente

$$T = \frac{0,183 Q}{C} \quad \text{on a :}$$

$$Q = 0,69 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

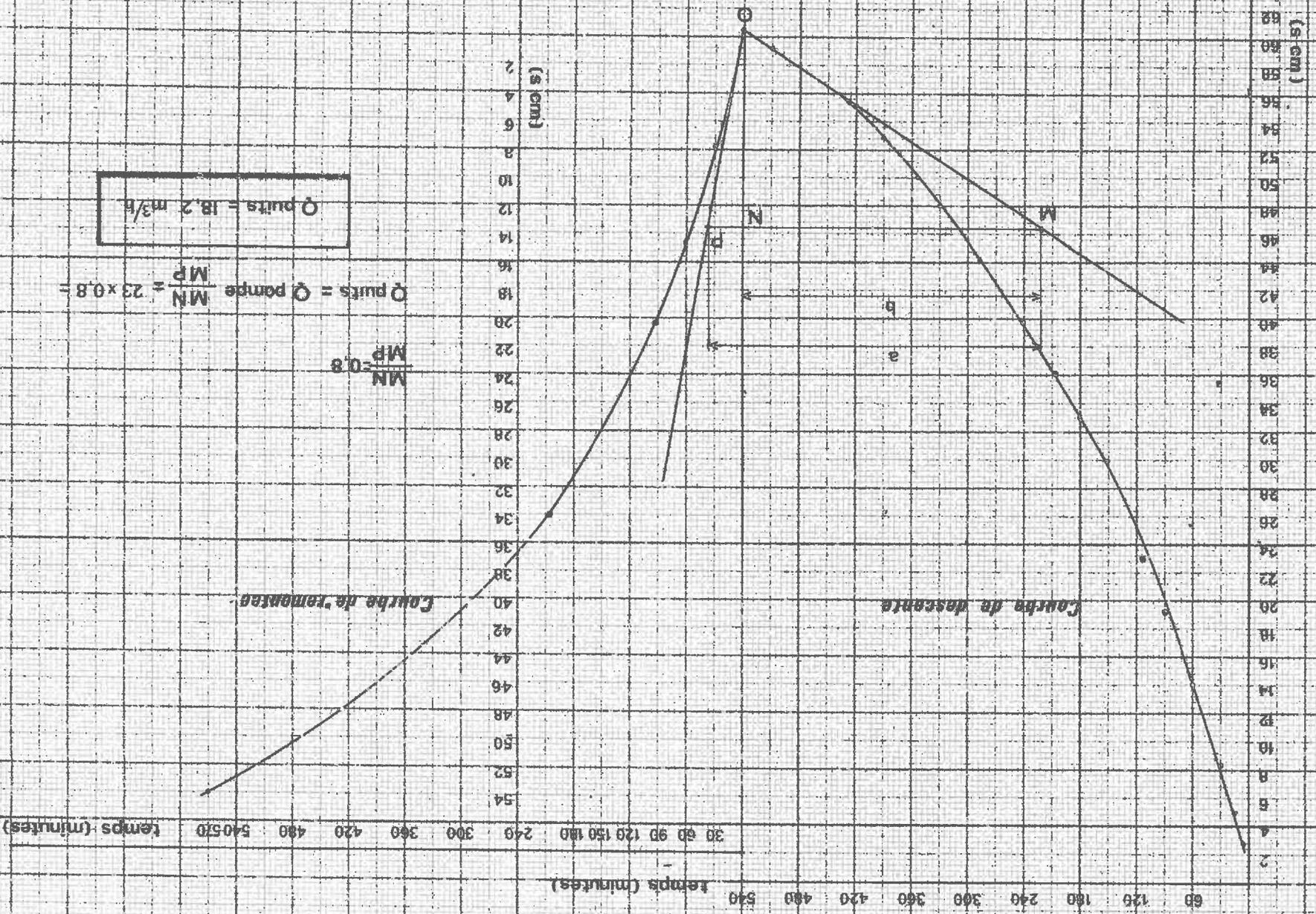
$$C = 0,56 \text{ mètres}$$

$$T = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

(°) Le pompage dans cette tranchée ne devrait pas être interprété par la relation de Jacob. Toutefois, nous espérons obtenir ainsi un ordre de grandeur de T.

ESSAI DE DEBIT DE LA BASTIDE

(Méthode de Forchet)



- Courbe de remontée

$$Q = 0,69 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$C = 0,56 \text{ mètres}$$

$$T = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

En prenant une couche d'aquifère de 2 mètres, la perméabilité sera :

$$K = \frac{T}{H} = \frac{2,25 \cdot 10^{-3}}{2} \neq 10^{-3} \text{ m/s}$$

La méthode de Porchet donne comme valeur du rapport de $\frac{MN}{MP}$: 0.8
et d'où le débit de la nappe aux environs du puits sera :

$$Q \text{ puits} = Q \text{ P coupe} \times \frac{MN}{MP} \quad (\text{Voir ci-contre})$$

$$Q \text{ puits} = 23 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,8 = 18,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{ou}$$

$$Q \text{ puits} \neq 18 \text{ m}^3/\text{h}$$

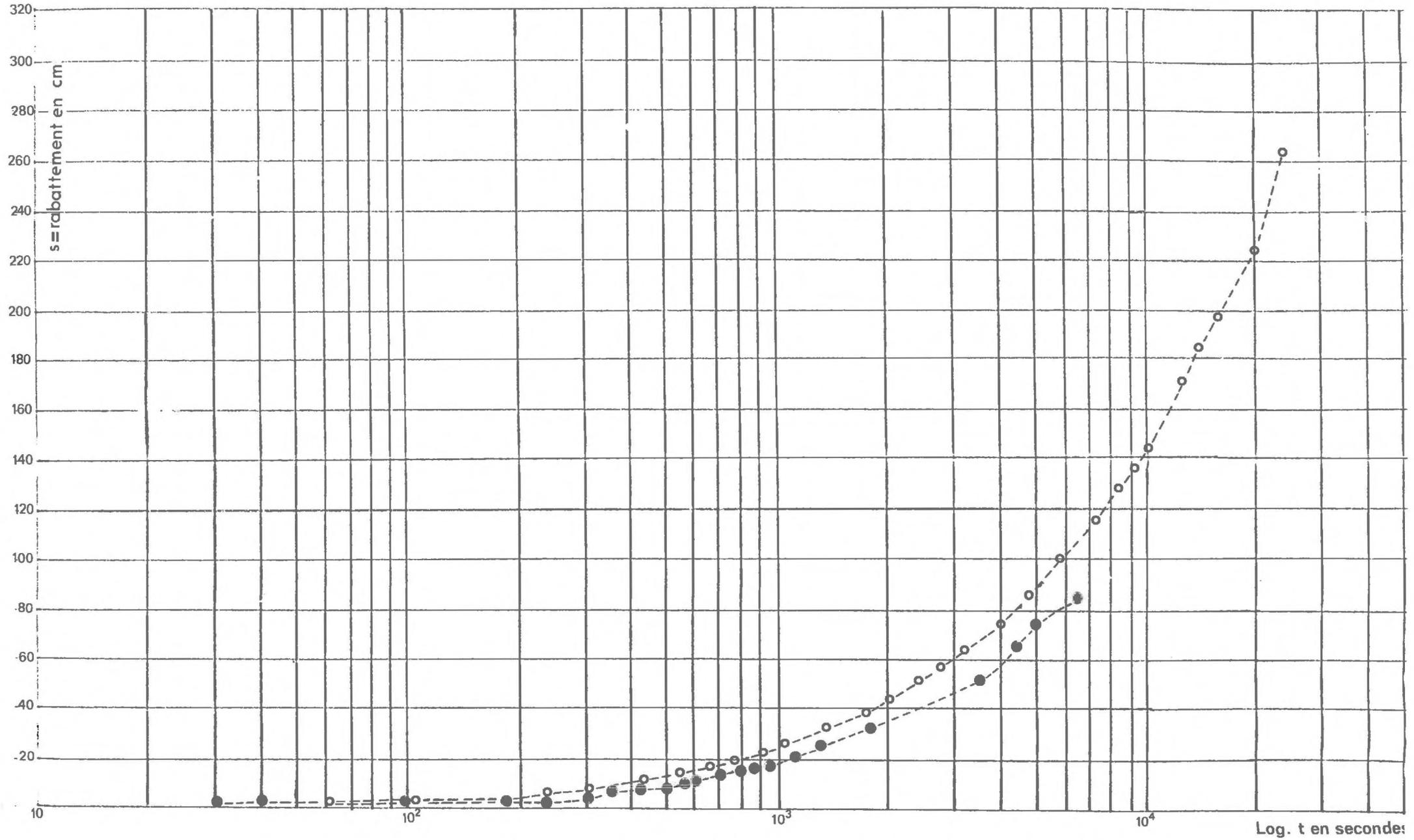
3.4 - ESSAI DE DEBIT DE MONTBRUN-LES-CORBIERES

Le pompage a été effectué sur un puits qui est destiné à l'alimentation en eau potable des habitants de la commune de Montbrun (X = 628,3 ; Y = 100).

L'accès à ce puits, en principe interdit, nous a été autorisé par la Mairie pour un essai de courte durée (7 h 13).

ESSAI DU DEBIT DE LA COMMUNE DE MONTBRUN-les-CORBIÈRES

Courbe de descente o---o---o Courbe de remontee ●---●---●



Ce puits est le seul aux environs de la commune qui soit équipé d'un groupe moto-pompe électrique, puisant dans la nappe de limons.

L'essai a commencé le 27/7/70, le matin à 10 h 42 pour se terminer à 17 h 55 le soir.

La profondeur du puits est de 7,23 m, le niveau du plan d'eau est de 1,80 m sous la surface du sol. Le diamètre du puits est de 2 mètres.

Le débit de la pompe est de 10 m³/h (débit constant donné par des ingénieurs du Génie Rural).

Les résultats de mesures de cet essai sont présentés sous forme d'un tableau en annexe III.

Après 7 heures de pompage nous avons un rabattement de 2,64 m qui représente environ 50 % du rabattement maximum (hauteur de l'eau dans le puits est de 5,40 m).

Il est intéressant de comparer les graphiques de cet essai avec ceux des essais dans la nappe des graviers.

La représentation du rabattement en fonction du log du temps, est ici une courbe régulière ; d'autre part la courbe de remontée est identique à celle de descente. (Voir ci-contre).

La représentation selon la méthode de Porchet donne une droite pour le rabattement, la nappe se comporte comme une citerne, ce qui indique que la perméabilité du terrain est faible.

La méthode de Porchet appliquée à cet essai donne les résultats suivants : (voir au verso).

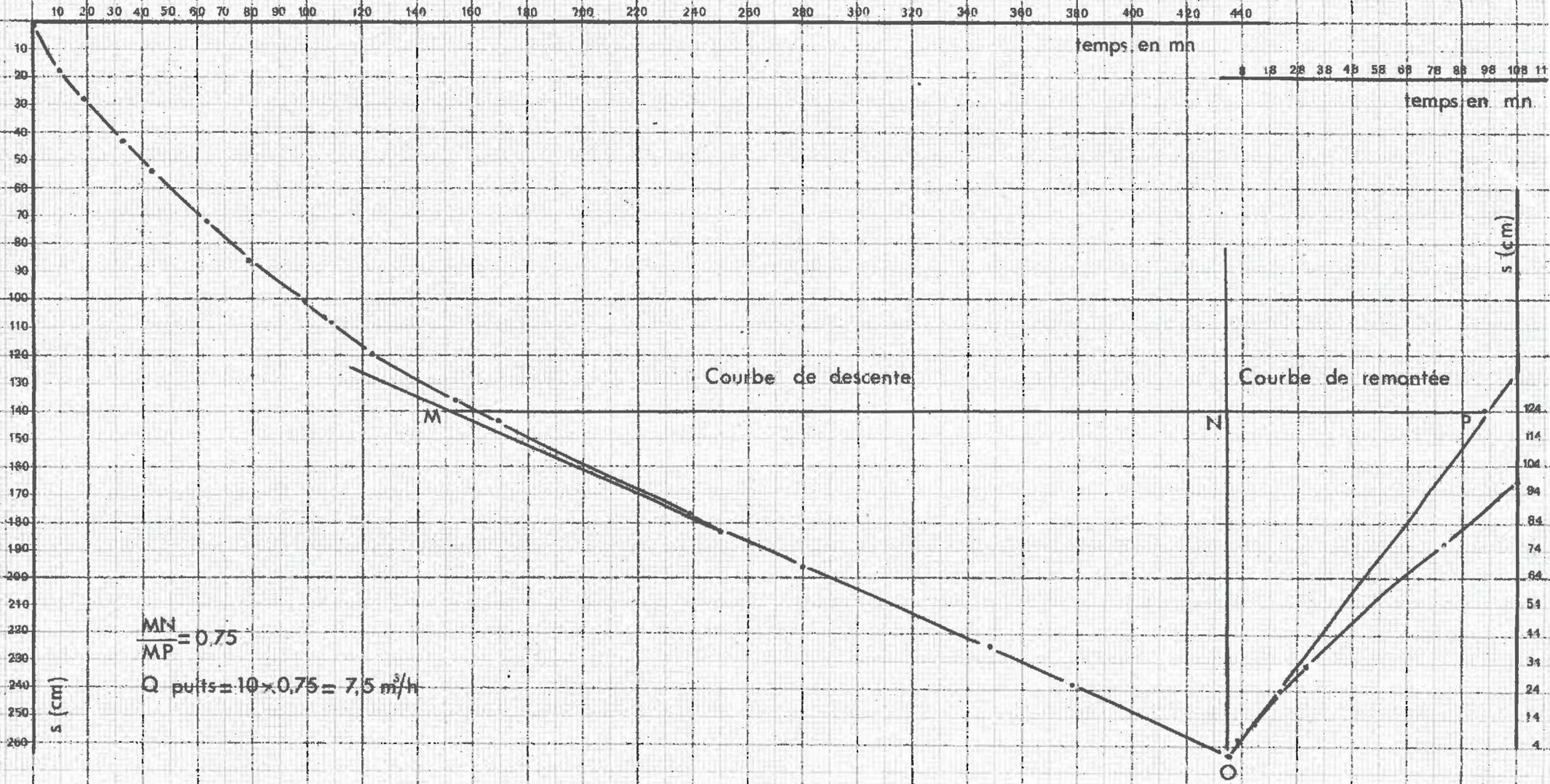
$$\frac{MN}{MP} = 0,75$$

Q de la nappe dans le puits = Q pompe x $\frac{MN}{MP}$ ce qui nous donne :

$$Q \text{ puits} = 7,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

ESSAI DE DÉBITS DE MONTBRUN LES CORBIÈRES

(Méthode de Porchet)



COEFFICIENT DE CORRECTION EN FONCTION DE LA LATITUDE

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.00	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

Annexe II.1 : Relevé des mesures piézométriques (en mètres)

Numéro d' inven- taire	Coordonnées Lambert X Y		Profondeur du puits margelle incluse	Margelle du puits au-dessus du terrain naturel	Cote N.G.F. du repère	27, 28 ou 29 Mai 1970		8 ou 9 Septembre 1970			23 ou 24 Mars 1971	
						Niveau du plan d'eau margelle incluse	Cote N.G.F. de la nappe	Niveau du plan d'eau (margelle incluse)	Profondeur de la nappe sous terrain naturel	Cote nappe	Niveau du plan d'eau (margelle incluse)	Cote N.G.F. de la nappe
Lc 1	634,240	104,140	3,30	0,36	43,05	1,73	41,32	1,83	1,47	41,22	1,35	41,70
Lc 2	633,740	103,740	4,55	0,43	40,205	2,30	43,905	2,88	2,45	46,325	2,23	43,975
To 3	631,910	103,460	6,01	-	52,38	1,17	51,21	2,35	2,35	50,03	1,20	51,18
To 4	632,240	103,260	5,03	-	52,11	0,83	51,28	1,73	1,73	50,38	0,50	51,61
To 5	632,132	103,110	5,54	0,20	51,55	0,91	50,64	2,40	2,20	49,15	0,54	51,01
To 6	631,900	103,440	3,12	0,405	52,41	1,20	51,21	2,34	1,93	50,07	1,30	51,11
To 7	632,080	103,530	6,00	-	53,12	1,54	51,58	2,70	2,70	50,42	1,65	51,47
To 8	632,040	103,640	5,82	-	53,19	1,59	51,60	2,76	2,76	50,43		
To 9	631,920	103,700	5,33	0,74	53,625	2,05	51,575	3,22	2,48	50,405	2,20	51,425
To 10	632,060	103,780			54,065						2,46	51,605
To 11	631,720	104,040	10,86	0,27	53,90	1,48	52,42	2,64	2,37	51,26	1,86	52,04
To 12	631,900	103,920	4,54	0,17	53,60	1,46	52,14	2,59	2,42	51,01	1,78	51,82
To 13	631,980	104,000	4,42	-	53,08	1,12	51,96	2,29	2,29	50,79		
To 14	631,700	104,200	4,42	0,60	55,29	1,72	53,57	3,37	2,57	51,92	3,02	52,27
To 15	631,900	104,340	5,47	0,73	55,115	2,43	52,685	3,59	2,86	51,525	3,02	52,095
To 16	631,980	104,100	5,37	-	53,72	1,27	52,45	2,44	2,44	51,28		
To 17	632,340	104,400	10,65	1,25	57,05	3,85	53,20	5,9	4,65	51,15	4,2	52,85
To 18	632,480	104,000	5,71	-	53,625	1,38	52,245	2,83	2,83	50,795	1,16	52,465
To 19	632,620	103,930	6,07	-	52,98	1,61	51,37	2,50	2,50	50,48	1,33	51,65
To 20	631,480	104,660	5,05	-	55,89	2,55	53,34	3,61	3,61	52,28	3,15	52,74
To 21	631,440	104,300	6,81	0,87	55,84	2,58	53,26	3,85	2,98	51,99	3,37	52,47
To 22	631,220	104,520	7,02	0,43	57,04	3,48	53,56	4,54	4,02	52,59	4,55	52,49
To 23	631,080	104,570	6,78	0,46	57,29	3,60	53,69	4,54	4,08	52,75		
To 24	631,000	104,650	5,83	-	56,75	3,00	53,75	3,93	3,93	52,82		
To 25	630,920	104,480	5,48	13	56,87	2,06	54,81	3,00	2,87	53,87		
Es 27	630,580	103,980	2,05	0,25	55,46	1,40	54,06	1,98	2,73	53,48	1,55	53,91
Es 28	630,580	103,830	7,40	0,41	54,91	1,08	53,83	1,49	1,08	53,42	1,16	53,75
Es 29	630,300	103,700	5,18	0,30	56,145	1,74	54,305	2,40	2,10	53,745	2,07	54,075
Es 30	629,980	103,380	5,96	0,45	58,09	2,34	55,75	3,33	2,88	54,76	2,85	55,24
Es 31	629,740	103,380	9,42	-	58,045	2,22	55,795	3,20	3,20	54,815	2,68	55,335
Es 32	629,580	103,600	5,69	0,375	57,67	1,78	55,89	2,68	2,30	54,99		
Es 33	629,440	103,340	10,17	0,40	57,87	2,00	55,87	2,97	2,57	54,90	2,39	55,48
Lc 34	634,000	103,160	4,95	0,63	48,585	3,42	45,165	3,80	3,17	44,785	3,38	45,205
Lc 35	633,560	102,840	3,87	0,72	49,06	2,37	46,69	3,18	2,46	45,88	3,00	46,06
Lc 36	633,280	102,710	5,71	0,645	49,31	2,65	46,66	3,16	2,51	46,15	3,00	46,31
Lc 37	633,120	102,640	5,95	0,63	50,29	3,14	47,155	3,69	3,06	46,605	3,50	46,79
Lc 38	633,320	102,360	10,28	0,90	55,475	8,40	47,075	8,97	8,07	46,505	8,87	46,605
Es 39	631,520	103,240	4,90	0,79	52,765	2,13	50,635	3,23	2,44	49,535	2,40	50,365
Lc 40	631,880	102,420	6,25	0,33	53,435	4,45	48,985	5,32	4,99	48,115	5,48	47,955
Es 41	631,300	102,240	6,27	0,167	64,485	2,72	61,765	2,91	1,24	61,575	0,80	63,685
Es 42	630,040	102,400	5,60	-	63,30	0,49	62,81	0,66	0,66	62,64	0,85	62,45
Es 43	631,320	102,800	4,54	0,28	57,65	1,32	56,33	2,48	2,20	55,17	1,20	56,45

Annexe II.2 : Relevé des mesures piézométriques (en mètres)

Numéro d' inventaire	Coordonnées Lambert X Y		Profondeur du puits margelle incluse			27, 28 ou 29 Mai 1970		8 ou 9 Septembre 1970			23 ou 24 Mars 1971			
						Margelle du puits au-dessus du terrain naturel	Cote N.G.F. du repère	Niveau du plan d'eau margelle incluse	Cote N.G.F. de la nappe	Niveau du plan d'eau (margelle incluse)	Profondeur de la nappe sous terrain naturel	Cote nappe	Niveau du plan d'eau (margelle incluse)	Cote N.G.F. de la nappe
Es 44	630,860	102,500	5,16	0,25	60,1	1,05	59,05	2,53	2,28	57,57	1,00	59,10		
Es 45	629,060	103,100	5,38	-	57,325	1,14	56,185	2,20	2,20	55,125				
Es 46	629,080	103,420	10,88	-	57,69	1,72	55,97	2,70	2,70	54,99	0,95	56,74		
Cas 47	628,960	103,820	6,10	0,30	58,62	2,14	56,48	3,04	2,74	55,58	2,65	55,97		
Cas 48	628,700	104,120	5,20	-	59,445	2,88	56,565	3,59	3,59	55,855	3,10	56,345		
Es 49	628,780	103,500	9,45	0,45	57,39	1,50	55,89	2,60	2,15	54,79	0,80	56,59		
Cas 50	628,680	103,780	3,61	0,71	58,825	2,20	56,625	2,93	2,22	55,895	2,26	56,565		
Cas 51	628,500	103,460	10,70	0,50	57,71	1,37	56,34	1,88	1,38	55,83	1,28	56,43		
Cas 52	628,000	104,120	4,68	0,64	57,425	1,65	55,775	2,28	1,64	55,145	0,90	56,325		
Cas 53	627,840	103,340	6,35	0,12	57,62	1,01	56,61	1,49	1,37	56,13	0,74	56,88		
Cas 54	628,520	103,140	4,36	0,36	58,66	2,08	56,58	3,11	2,75	55,55	2,05	56,61		
Es 55	628,880	102,850	10,13	0,70	61,04	2,46	58,58	4,00	3,30	57,04	2,07	58,97		
Cas 56	627,500	103,540	4,64	0,30	60,355	1,59	58,765	2,00	2,70	58,355	1,05	59,305		
Cas 57	627,200	103,060	5,87	-	62,075	0,96	61,115	1,77	1,77	60,305	1,50	60,575		
Cas 58	627,160	102,860	8,00	0,15	63,725	2,30	61,425	3,25	3,10	60,475	3,18	60,545		
Cas 59	626,760	103,000	2,85	0,16	62,48	1,12	61,36	2,00	1,84	60,48	1,70	60,78		
Cas 60	627,000	103,940	4,60	-	50,82	1,42	49,40	2,53	2,53	48,29	1,35	49,47		
Cas 61	627,180	104,130	5,00	0,19	49,65	1,93	47,72	3,45	3,26	46,20	2,90	46,75		
Cas 62	627,220	104,000	6,81	0,14	51,645	1,96	49,685	2,64	2,50	49,005	2,40	49,245		
Mt C 63	628,320	100,480	3,88	0,28	83,525	1,19	82,335	2,70	2,42	80,825				
Mt C 64	628,440	100,230	6,36	0,23	86,60	1,18	85,42	2,52	2,29	84,08	1,30	85,30		
Mt C 65	628,640	100,060	5,97	-	92,205	2,73	89,475	4,16	4,16	88,045				
Mt C 66	627,800	100,180	8,92	0,65	83,375	2,64	80,535	4,20	3,55	79,175	2,88	80,495		
Mt C 67	628,000	100,280	4,9	-	80,775	1,02	79,755	1,82	1,82	78,955	0,90	79,875		
Mt C 68	628,080	100,760	3,51	0,46	82,965	1,60	80,365	3,18	2,72	79,785	1,80	81,165		
Mt C 70	627,260	100,300	4,07	0,46	79,045	3,25	75,795	4,06	3,60	74,985	3,27	75,775		
Mx 71	625,880	99,380	3,72	0,12	67,625	1,55	66,075	3,15	3,03	64,475	1,62	66,005		
Mx 72	625,240	99,120	4,9	5,15	65,26	1,75	63,51	2,62	2,10	62,64	1,90	63,36		
Mx 73	625,120	99,360	3,88	0,60	63,115	1,52	61,595	2,18	1,58	60,935	1,40	61,715		
Mx 74	624,980	99,240	3,94	0,53	64,455	1,58	62,875	2,19	1,66	62,265	1,28	63,175		
Mx 75	624,780	99,800	4,86	-	59,93	1,69	58,24	2,58	2,58	57,55	0,80	59,13		
StC A 76	624,480	100,540	4,96	0,715	58,695	2,21	56,305	3,64	2,92	55,055	1,67	57,027		
StC A 77	624,620	100,700	3,58	-	58,825	0,87	57,955	2,22	2,22	56,605	0,83	57,995		
StC A 78	624,340	101,080	3,72	-	58,87	1,10	57,77	2,67	2,67	56,20	0,90	57,97		
StC A 80	623,660	101,580	5,0	-		3,70		4,00	4,00		3,76			
StC A 81	624,340	102,020	3,83	0,68	56,31	1,21	55,10	3,43	2,75	52,68	1,53	54,78		
Ro M 82	624,960	101,910	7,27	0,16	68,265	2,05	66,215	3,23	3,07	65,035	2,05	66,215		
Ro M 83	624,800	101,980	4,48	0,40	63,435	2,11	61,325	2,75	2,35	60,685	2,32	61,115		
Ro M 84	624,940	101,740	4,59	0,20	72,36	2,11	70,25	2,92	2,72	69,44	2,32	70,04		
StC A 85	624,820	101,600	5,69	-	73,085	1,46	71,625	2,80	2,80	70,285	2,00	71,085		
Mt C 88	629,900	101,040	4,34	-	101,745	1,43	100,315	3,59	3,59	98,155	1,50	100,245		
Es 89	630,000	101,420	2,8	0,35	107,75	2,30	105,45	2,85	2,50	104,9	1,71	106,04		

(6) = (3) - (4) (5) = (4) - (2)

Anrexe III : Essai du débit du puits de la commune d'Escales

DESCENTE

REMONTÉE

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit Q_m^3/h
	en mn	en s		
	t	t	s	
a	0,2	12	5	50,4
	0,3	18	10	
	0,5	30	15	
	1	60	20	
	2	120	20	
	3	180	34	
	4	240	40	
	5	310	44	
	6	360	47,5	
	7	420	51,5	
	8	480	55,5	
	9	540	59,0	
	10	610	62	
	11	660	65	
	12	720	67,5	
	13	780	69,5	
	14	840	71,5	
	15	900	73,0	
	16	960	74,5	
	17	1 020	75,5	
	18	1 080	76,5	
	19	1 140	77,5	
	20	1 200	78,5	
	21	1 260	79,5	
	22	1 320	80	
	23	1 380	80,5	
	24	1 440	81	
	25	1 500	81,5	
	26	1 560	82	
	27	1 620	82,5	
	32	1 920	84,0	
	37	2 220	85,0	
	42	2 520	85,5	

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit Q_m^3/h
	en mn	en s		
	t	t	s	
	47	2 820	86,0	72
	67	4 020	87,0	
	97	5 820	89,0	
	157	9 420	96,5	
	172	10 320	97,5	
	217	13 020	98,5	
	226	13 560	99	
b	231	13 860	103	
	232	13 920	111	
	233	13 980	115	
	234	14 040	118	
	235	14 100	121	
	236	14 160	123,5	
	237	14 220	126,0	
	238	14 280	131	
	239	14 340	132,5	
	240	14 440	134,5	
	241	14 460	136,0	
	242	14 520	137,5	
	243	14 580	138,5	
	244	14 640	139,5	
	245	14 700	140,5	
	246	14 760	141,5	
	247	14 820	142,5	
	252	15 120	145,5	
	257	15 420	147,0	
	262	15 720	148,0	
	267	16 020	149,0	
c	271	16 320	149,5	
	277	16 620	150	
	291	17 520	150,5	
	320	18 420	151	
	337	20 220	151,5	

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit Q_m^3/h
	en mn	en s		
	t	t	s	
	387	22 020	152	90
	397		153	
	517		154,5	
	520	30 200	154,5	
d	531	30 860	157,5	
	532	30 920	164,5	
	533	30 980	158,5	
	534	31 040	162,5	
	535	31 100	163	
	538	31 280	160,5	
	540	31 400	163,5	
	541	31 460	168,5	
	541	31 520	174,5	
	543		177,5	
	544	32 100	180,5	
	545		183,5	
	546		186,5	
	547		187,5	
	550		189,5	
	553		188,5	
	554		187,5	
	559		185,5	
	564		182,5	
	577		177,5	
	581		177,5	
	584		177,5	
	589		177,5	
	594		177,5	
	614		177,5	
	624		178	
	634		178	
e	693	41 580	178	

Repères	Temps		Remon- tée en cm
	en mn	en s	
	t	t	s
a	0,5	30	14
	1	60	24
	1,5	90	33
	2	120	42,5
	2,5	150	51,5
	3	180	59
	3,5	210	69
	4	240	76,5
	5	300	90,5
	6	360	102,5
	7	420	113,5
	8	480	124,5
	9	540	134,5
	10	600	142,5
	11	660	148,5
	12	720	154,5
	13	780	159,5
	15	900	166
	20	1 200	176
	25	1 500	180
	30	1 800	182,5
	45	2 700	186,5
	60	3 600	189,5
f	120	7 200	189,5

a : débit du pompage à 7 h 20

b : Changement de débit à 11 h 06 : l'eau devient trouble 2 minutes plus tard et redevient claire en (c), à midi

d : à 16 h 14, changement de débit

e : à 19 h, fin du pompage

f : on arrête les observations de remontée à 21 heures.

Annexe III : Essais de début de la Bouillandière

DESCENTE

REMONTÉE

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit Q_m^3/h
	en mn	en s		
	t	t	s	
4 h12	0	0	0	120
	1	60	3	
	2	120	6	
	3	180		
	4	240		
	5	300	11,5	
	6	360	12,5	
	7	420		
	8	480	13,5	
	9	540		
	10	600		
	11	660		
	12	720	14,5	
	15	780	16	
	20	1 200	17,5	
	25	1 500	19	
	30	1 800	20	
	35	2 100	21,5	
	40	2 400	22	
	50	3 000	23	
	75	4 500	24,5	
	90	5 400	25,5	

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit Q_m^3/h
	en mn	en s		
	t	t	s	
	115	6 900		120
	130	7 800		
	145	8 700		
	150	9 000	29,5	
	210	12 600	33	
	270	18 200	36	

Repères	Temps		Remontée en cm
	en mn	en s	
	t	t	s
	0	0	0
	1	60	5
	2	120	10
	3	180	12
	5	300	13
	7	420	14
	8	480	15
	11	660	16
	15	900	17
	20	1 200	18
	25	1 500	19
	30	1 800	20
	35	2 100	
	40	2 400	20,5
	55	3 300	22
	70	4 200	23
	85	5 100	24
	100	6 000	25
	130	7 800	26
	160	9 600	27

Annexe III : Essai du débit de la commune de Montbrun-les-Corbières

DESCENTE

REMONTÉE

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit $Q \text{ m}^3/\text{h}$
	en mn	en s		
	t	t	s	
10h42	1	60	1	10
	2	120	3	
	4	240	6	
	5	300	8,5	
	6	360	10,5	
	7	420	12,5	
11h50	8	480	14	
	9	540	15	
	10	600	17,5	
	11	660	19	
	12	720	20	
	13	780	21	
	14	840	22,5	
	15	910	23,5	
	16	960		
	17	1 020		
11h60	18	1 080	27,5	
	23	1 380	33	
	28	1 680	39	
	33	1 980	44	
	38	2 280	49,5	

Repères	Temps		Rabat. tement en cm	Débit $Q \text{ m}^3/\text{h}$
	en mn	en s		
	t	t	s	
	43	2 560	54	10
	48	2 880	58,5	
	53	3 180	63	
	58	3 480	67,5	
	63	3 780	71,5	
	68	4 080	76	
	73	4 380	79	
	78	4 680	85	
	98	5 880	100	
	108	6 480	108	
	123	7 380	116,5	
13h	138	8 280	128	
	153	9 180	135,5	
	168	1 008	143	
	238	1 428	175	
	248	1 488	184	
	278	1 668	197	
	348	2 088	224,5	
	378	2 268	237	
17h55	423	2 598	264	

Repères	Temps		Remontée en cm
	en mn	en s	
	t	t	s
	0,5	30	1
	1	60	2
	2	120	3
	3	180	4
	4	240	5
	5	300	6
	6	360	7
	7	420	8
	8	480	9
	9	540	10
	10	600	11
	11	660	12
	12	720	13
	13	780	14
	14	840	15
	15	900	17
	20	1 200	23,5
	25	1 500	27,5
	30	1 800	32,5
	60	3 600	52,0
	75	4 500	67
	80	4 800	77,5
	110	6 600	101,5

D O C U M E N T S A N N E X É S

1 - Fiches de description des sondages

2-1 Carte pédologique au 1/20 000e

2-2 Carte des caractéristiques des sols au 1/20 000e

2-3 Cartes piézométriques

2-31 du 27 au 29 Mai 1970

2-32 du 8 au 9 Septembre 1970

2-4 Carte d'égale profondeur de la nappe en dessous du terrain naturel

2-5 Carte de résistivité

2-6 Carte de "schéma hydraulique"

2-7 Courbe de $Q = f(S)$ établie par application de la formule de CLEMENT

2-8 Courbe caractéristique (prix en fonction de la hauteur de refoulement)