

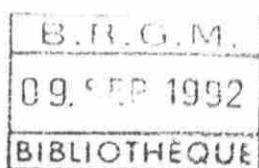


APPROCHE DE LA STRUCTURE  
DU SYSTEME KARSTIQUE  
DE LA FORÊT DE SAOU (26)



par

Ph.CROCHET  
B.MARSAUD  
Ph.RAZIN



R 35308 RHA 4S 92

Juillet 1992



**APPROCHE DE LA STRUCTURE  
DU SYSTEME KARSTIQUE  
DE LA FORÊT DE SAOU (26)**

par

**Ph.CROCHET  
B.MARSAUD  
Ph.RAZIN**

R 35308 RHA 4S 92

Juillet 1992

**BRGM - RHÔNE-ALPES**

29, boulevard du 11-Novembre - B.P. 6083 - 69604 Villeurbanne cedex, France  
Tél.: (33) 78.89.72.02 - Télécopieur : (33) 78.94.12.64 - Télex : 380 966 F

APPROCHE DE LA STRUCTURE ET DU SYSTEME KARSTIQUE  
DE LA FORET DE SAOU (DROME)

par Ph. CROCHET, B. MARSAUD, Ph. RAZIN

R.35308.RHA.45/92

RESUME

Le département de la Drôme est touché depuis quelques années par un contexte de pénurie en eau qui s'est traduit par des étiages sévères de la rivière Drôme allant jusqu'au tarissement de celle-ci.

Face à cette situation, le Conseil Général de la Drôme, représenté par le SMARD (Syndicat Mixte d'Aménagement Rural de la Drôme), le Ministère de l'Environnement et l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, ont chargé le B.R.G.M. d'évaluer la ressource de plusieurs aquifères, dont le karst de la forêt de Saoû.

L'étude présentée dans ce rapport a pour but d'appréhender la structure et le fonctionnement de ce système karstique afin de déterminer si celui-ci possède des ressources qui pourraient être exploitées lors des périodes d'étiage. Elle s'est appuyée sur différentes méthodes :

- définition des limites et de l'architecture de l'aquifère à partir d'une étude géologique détaillée ;
- approche de son fonctionnement à partir des chroniques de débits disponibles.

La structure géologique du massif de la forêt de Saoû est favorable à un stockage d'eau en profondeur : les épaisses formations calcaires du Cénomano-Turonien constituent en effet un vaste synclinal perché qui repose sur une assise marneuse imperméable. Ce réservoir potentiel ne peut cependant exister que si ces calcaires sont karstifiés en profondeur, ce qu'aucun indice de surface ne permet actuellement d'affirmer.

Les traitements effectués sur les chroniques de débit de la Vèbre n'ont fourni aucun résultat probant en raison de la faible durée de la période d'observation (15 mois) et de la complexité du régime du cours d'eau, en partie due au rôle important joué par les alluvions.

Actuellement, les données disponibles sont donc insuffisantes pour conclure à la présence de réserves significatives dans les calcaires. Les études complémentaires proposées pour pouvoir appréhender la karstification en profondeur sont les suivantes :

- analyse détaillée de la géologie (en particulier au Perthuis),
- réalisation d'un forage de reconnaissance,
- suivi des débits de la Vèbre sur plusieurs années.

\* \* \* \* \*

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
1 - <u>PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE</u> .....	3
1.1 - Contexte de l'étude.....	3
1.2 - Etude des aquifères karstiques.....	4
1.3 - Objet du rapport.....	5
2 - <u>PRESENTATION GENERALE DU MASSIF DE SAOU</u> .....	6
2.1 - Situation géographique.....	6
2.2 - Cadre géologique.....	6
2.3 - Caractères stratigraphiques des séries du synclinal de Saoû	7
2.4 - Caractères structuraux de la région de la forêt de Saoû....	9
2.5 - Conclusion.....	10
3 - <u>COLLECTE DES DONNEES CLIMATOLOGIQUES ET HYDROMETRIQUES</u> .....	11
3.1 - Aperçu climatologique.....	11
3.2 - Pluviométrie.....	11
3.3 - Températures.....	12
3.4 - Hydrométrie.....	12
4 - <u>HYDROGEOLOGIE</u> .....	13
4.1 - Phénomènes karstiques.....	13
4.2 - Inventaire des sources.....	13
4.3 - Fonctionnement de la Vèbre.....	14
4.4 - Nappe des alluvions.....	14
4.5 - Limites de l'impluvium.....	15
4.6 - Conclusion.....	17
5 - <u>ANALYSE DES COURBES DE RECESSION</u> .....	18
5.1 - Présentation de la méthode.....	18
5.2 - Analyse des courbes de récession de la Vèbre.....	19
6 - <u>ANALYSE CORRELATOIRE ET SPECTRALE</u> .....	20
6.1 - Principes de l'analyse corrélatrice et spectrale.....	20
6.2 - Analyse spectrale et corrélatrice à court terme.....	21
6.3 - Conclusions.....	22
7 - <u>CONCLUSIONS GENERALES</u> .....	23
7.1 - Rappel des objectifs de l'étude.....	23
7.2 - Géométrie du système.....	23
7.3 - fonctionnement du système.....	23
7.4 - Etudes complémentaires.....	24

- LISTE DES FIGURES -

- Figure 1 - Situation de la Forêt de Saoû.  
Figure 2 - Carte géographique de la Forêt de Saoû.  
Figure 3 - Carte géologique de la Forêt de Saoû.  
Figure 4 - Coupes géologiques Nord-Sud de la Forêt de Saoû.  
Figure 5 - Coupe géologique Est-Ouest de la Forêt de Saoû.  
Figure 6 - Log stratigraphique synthétique de la série Crétacé du synclinal de Saoû.  
Figure 7 - Débits journaliers de la Vèbre au Perthuis et précipitations journalières à Bourdeaux.  
Figure 8 - Limites de l'impluvium de la Forêt de Saoû.  
Figure 9 - Courbes de tarissement par cycle de la Vèbre au Perthuis.  
Figure 10 - Analyse des tarissements de la Vèbre.  
Figure 11 - Analyse simple de la pluie à Bourdeaux.  
Figure 12 - Analyse simple des débits de la Vèbre.  
Figure 13 - Analyse croisée pluie-débits.

---

- LISTE DES TABLEAUX -

- Tableau 1 - Précipitations moyennes annuelles et mensuelles à Bourdeaux.
-

## APPROCHE DE LA STRUCTURE ET DU SYSTEME KARSTIQUE

### DE LA FORET DE SAOU (DROME)

R.35308.RHA.4S/92

## 1 - PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE

### 1.1 - Contexte de l'étude

La rivière Drôme connaît depuis plusieurs années des étiages sévères, liés aux caractéristiques de son bassin et accentués par des prélèvements agricoles importants, qui semblent même dépasser certaines années les capacités de la ressource. Il en a résulté, en 1989 et 1990, un tarissement de la rivière dans sa partie aval, très préjudiciable aux différents usages de l'eau : vie piscicole, loisirs (dont pêche), agriculture elle-même, et dans une certaine mesure, alimentation humaine. La nappe d'accompagnement subit très directement ce préjudice, puisque les prélèvements en eau souterraine ou en eau de surface l'influencent directement.

Compte tenu de ce contexte de pénurie en eau, il s'est avéré nécessaire d'étudier la faisabilité d'un soutien des étiages. C'est déjà le but de différents projets actuels tournés vers l'hydrologie de surface (barrages, dérivation du Rhône).

Parmi les solutions envisageables pour leur faire face, celle d'un recours plus large aux eaux souterraines est venue naturellement à l'esprit. On connaît en effet la moindre vulnérabilité des nappes aquifères aux variations climatiques, dont l'avantage vient s'ajouter à celui d'une moindre sensibilité aux pollutions et d'une disponibilité à proximité des lieux d'utilisation.

Or, il existe dans le bassin de la rivière Drôme des aquifères non exploités et encore peu connus, qui sont susceptibles de répondre aux questions posées. C'est le cas de plusieurs systèmes karstiques du Sud-Vercors et du Diois qui occupent des domaines étendus. Ils sont susceptibles de renfermer des ressources en eau importantes dont certaines émergences donnent une idée assez exacte.

Compte tenu de ces potentialités, le Conseil Général de la Drôme, représenté par le SMARD (Syndicat Mixte d'Aménagement Rural de la Drôme), le Ministère de l'Environnement et l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse ont confié au B.R.G.M. une étude dont l'objectif est d'évaluer la ressource de quatre systèmes aquifères de la Drôme :

- . dans le Vercors, ceux de la Haute-Gervanne et de l'Archiane,
- . dans le Diois, celui de la forêt de Saoû,
- . les aquifères carbonatés profonds.

Cette étude s'articule autour de trois phases :

\* Caractérisation des aquifères :

Cette première phase a une portée générale et essentiellement qualitative. Elle vise à mieux connaître la structure et le fonctionnement des aquifères avec pour objectif principal la mise en évidence de réserves exploitables.

\* Quantification de la ressource :

Cette phase vise à faire une évaluation quantitative de la ressource potentiellement exploitable, avec et sans surexploitation.

\* Démonstration de la ressource par forage ou pompage :

C'est la phase ultime, qui ne peut être engagée que si la présence d'une ressource profonde est clairement établie. Son objectif est de s'assurer de la disponibilité de cette ressource soit par un pompage d'essai au niveau de la résurgence, soit à partir d'un forage.

## 1.2 - Etude des aquifères karstiques

L'hydrogéologie karstique est caractérisée par l'hétérogénéité du milieu. Celle-ci est due au phénomène de karstification qui crée à l'intérieur des massifs carbonatés tout un réseau de drainage débouchant sur une hiérarchisation des écoulements au sein de l'aquifère.

Depuis plus de deux décennies, des recherches fondamentales ont permis de mettre au point un ensemble de méthodes qui permettent de déterminer l'importance du drainage d'une part (degré de karstification), des réserves d'autre part (volume dynamique qui assure le soutien de l'étiage après les crues).

Ces méthodes reposent sur les principes de l'analyse systémique : le karst est considéré comme une "boîte noire" qui transforme une fonction "entrée" (la pluie) en une fonction "sortie" (les débits). Cette approche, de type fonctionnel, peut être opposée à celle structurelle qui consiste à établir un modèle reposant sur des équations différentielles à partir des paramètres physiques (transmissivité, coefficient d'emmagasinement) mesurés in situ.

Les outils statistiques utilisés sont notamment l'analyse corrélatoire et spectrale. Ces traitements numériques, qui s'appliquent à des données de différents types (hydrauliques, géochimiques, isotopiques, biologiques), débouchent sur une identification de la structure des aquifères et de leur fonctionnement.

En corollaire, les études réalisées jusqu'à présent ont montré l'existence de ressources en eau importantes et d'excellente qualité dans le karst noyé. Celles-ci n'ont été que peu exploitées à ce jour, et presque exclusivement à

partir de sites particuliers tels que les sources. Par ailleurs, la vulnérabilité de ces eaux a également pu être bien caractérisée, autorisant désormais des mesures de protection efficaces.

Ce sont ces nouvelles méthodes qui ont été utilisées pour l'étude des karsts de la Drôme.

### 1.3 - Objet du rapport

Ce rapport présente les résultats de l'étude du karst de la forêt de Saoû. L'objectif est de caractériser sa structure et son fonctionnement.

Compte tenu du peu d'informations disponibles sur ce système, en particulier au niveau des chroniques de pluie et débit, cette étude s'est limitée à la définition du cadre géologique (contexte lithostratigraphique et morphostructural) et à l'établissement de schémas interprétatifs hydrogéologiques.

Par ailleurs, le traitement numérique des débits de la Vèbre pose un problème dans la mesure où ce cours d'eau est alimenté par des alluvions et où la forêt de Saoû ne possède pas d'exutoire karstique nettement individualisé.

## 2 - PRESENTATION GENERALE DU MASSIF DE SAOU

### 2.1 - Situation géographique

Le massif de la forêt de Saoû se situe à la limite occidentale du Diois, entre la vallée de la Drôme au Nord et celle du Roubion au Sud (cf. figure 1). Il occupe une cuvette elliptique allongée d'Est en Ouest sur 12,5 km, et large de 2 km en moyenne. Cette cuvette est parfaitement individualisée par les hautes falaises calcaires qui l'entourent totalement (cf. figure 2). Celles-ci culminent à l'Est (Roche Courbe) et s'abaissent à 885 m à son extrémité Ouest (Roche Colombe). Le fond de la cuvette est quant à lui à une altitude d'environ 400 m. Cette entité morphologique très caractéristique domine une région de collines qui bordent les vallées de la Drôme et du Roubion.

L'essentiel de la cuvette est drainée d'Est en Ouest par la Vèbre. Elle traverse la falaise méridionale au niveau du défilé du Perthuis et parcourt la cluse de Saoû avant de rejoindre le Roubion au Sud-Ouest du village. Le ruisseau de Lausens, affluent mineur de la Drôme, draine une petite cuvette de 3 km<sup>2</sup> à l'extrémité Ouest de la forêt. Il franchit la corniche calcaire Nord par le défilé du Pas-de-Lausens.

La végétation est très importante, voire exubérante au milieu du versant sud. Elle se présente sous plusieurs formes :

- chênes et hêtres sur le versant exposé au Sud,
- conifères sur les versants moins ensoleillés exposés à l'adret,
- pelouse (rarement continue) sur les sommets.

Il existe généralement un sous-bois développé avec une abondante litière qui joue le rôle d'éponge.

### 2.2 - Cadre géologique

D'un point de vue géologique, le massif de la Forêt de Saoû présente la structure typique d'un synclinal perché. Son axe, de direction E-W, plonge légèrement vers l'Ouest. Il se relève à l'extrémité occidentale du synclinal entraînant la fermeture parfaite du système.

L'armature de ce synclinal est constituée par la barre des calcaires gréseux du Cénomano-Turonien, épaisse de 400 à 550 m, qui forme les falaises de la structure de Saoû et tapisse une grande partie de la cuvette intérieure.

Le fond de la dépression, c'est-à-dire le coeur du synclinal, est occupé par des formations plus terrigènes du Turonien supérieur-Coniacien. La barre carbonatée cénomano-turonienne repose partout sur une épaisse assise marneuse de l'Albo-Aptien qui affleure tout autour de cette structure perchée.

Dans l'hypothèse où les calcaires turoniens possèderaient des propriétés réservoirs favorables, notamment d'origine karstique, ils constituent un système hydrogéologique parfaitement délimité et fermé puisque leur disposition synclinale sur un substratum imperméable assure un isolement total des autres formations.

### 2.3 - Caractères stratigraphiques des séries du synclinal de Saoû

Trois grandes unités lithostratigraphiques peuvent être distingués au niveau du synclinal de Saoû :

- une épaisse série Crétacé inférieur à dominante marneuse (1100 m) correspondant aux dépôts relativement profonds du bassin vocontien ;
- une série Crétacé supérieur calcaréo-gréseuse à faciès de plate-forme (400 à 550 m) constituant l'aquifère potentiel ;
- les formations superficielles qui tapissent localement le fond de la cuvette synclinale.

Les différentes unités lithostratigraphiques de la zone étudiée sont présentées sur la carte de la figure 3. Plusieurs coupes géologiques transversales (figure 4) et longitudinales (figure 5) ont été dressées pour mieux visualiser l'architecture de ces unités. Elles sont complétées par un log stratigraphique détaillé de la série Crétacé (cf. figure 6).

#### 2.3.1 - Le Crétacé inférieur

La série Crétacé inférieur débute par des alternances marno-calcaires qui représentent les faciès vocontiens classiques du Néocomien (400 m).

Le Barrémien, très différent de celui du bassin de la Gervanne au Nord de la Drôme, s'exprime par une succession de plusieurs barres décamétriques de calcaire bioclastique à l'Est, ou biomicritique à l'Ouest séparées par des intervalles marneux ou marno-calcaires d'épaisseur équivalente. Son épaisseur totale est d'une centaine de mètres.

Le Bédoulien, absent à l'Ouest du synclinal (Hard Ground), apparaît ailleurs sous la forme d'un dépôt marneux chaotique à blocs de calcaire de type coulée boueuse (20-30 m).

La puissante série du Gargarien-Albien, qui forme le substratum de l'aquifère karstique néocrétacé, est composée essentiellement de dépôts marneux d'une épaisseur de 500 à 600 m. Cette série de marnes bleues comprend quelques intercalations gréseuses ou calcaréo-gréseuses dont trois d'une vingtaine de mètres cartographiées. Les 150 derniers mètres de la série marneuse s'enrichissent en sable.

Cette épaisse série marneuse du Crétacé inférieur constitue donc une assise imperméable isolant parfaitement l'aquifère Crétacé supérieur.

### 2.3.2 - Le Crétacé supérieur

Dans la partie orientale du synclinal, le Cénomaniens débute par une formation de 85 m d'alternances marno-calcaires assurant la transition stratigraphique avec l'ensemble sous-jacent. Cette unité marno-calcaire disparaît dans la partie Ouest du synclinal.

Le sommet du Cénomaniens est marqué par une importante surface d'érosion.

La série turonienne, qui forme les hautes falaises du synclinal de Saoû, débute par la formation des grès rouges de Venterol (grès grossier à ciment calcaire). Cette formation a une épaisseur d'une trentaine de mètres dans le secteur oriental et de 5 m vers l'Ouest au Pas-de-Lausers. Cette série est surmontée par la puissante formation de calcaires à silex de Roche Courbe. Il s'agit de calcaires biomicritiques en gros bancs massifs présentant une fraction terrigène relativement importante, en particulier dans leur partie supérieure. Cette formation atteint une épaisseur de 350 mètres à l'extrémité Est du synclinal ; elle s'amincit vers l'Ouest (220 mètres au Pas-de-Lausers), en même temps qu'elle devient plus bioclastique. La série turonienne s'achève par une alternance de calcaires gréseux et de grès grossiers de 70 à 100 mètres qui affleurent au centre de la dépression (formation de calcaires gréseux du Champ de la Croix).

Les dépôts coniaciens ne sont conservés qu'au coeur du synclinal entre le Pas-de-Lausers et le Perthuis de la forêt. Ce sont des grès grossiers légèrement calcaires, épais de 50 à 60 m.

Des faciès continentaux, attribués au Coniacien supérieur/Santonien, peu épais et très localisés clôturent la succession stratigraphique du synclinal de Saoû.

En résumé, les formations Crétacé supérieur qui couronnent le synclinal perché de Saoû forment une barre massive épaisse de plus de 600 m à l'Est, et de 450 m à l'Ouest, essentiellement composée de calcaires francs et de calcaires gréseux, accessoirement de grès. Compte tenu de ses caractéristiques géométriques, cette unité constitue un aquifère potentiel parfaitement délimité et isolé. Toutefois, ses potentialités hydrogéologiques dépendent essentiellement de son degré de karstification en profondeur, paramètre qu'il n'est pas possible actuellement d'évaluer.

### 2.3.3 - Les formations superficielles

Deux catégories de dépôts superficiels tapissent localement la cuvette synclinale :

- . des éboulis de versant qui favorisent l'infiltration au détriment du ruissellement ;
- . des dépôts alluviaux localisés dans la partie inférieure du cours de la Vèbre, dans le secteur du Perthuis de la forêt. L'épaisseur de ces dépôts, localement reconnue par forage, est de l'ordre de 25 m. On considère classiquement que ces alluvions emmagasinent une réserve d'eau suffisante pour maintenir le débit d'étiage de la Vèbre alimentée par des résurgences situées dans le secteur du Perthuis.

## 2.4 - Caractères structuraux de la région de la forêt de Saoû

Le synclinal perché de Saoû appartient au faisceau de plis le plus septentrional résultant de la phase de déformation provençale du Crétacé supérieur. Il est encadré par deux anticlinaux :

- au Nord, l'anticlinal de la Clastre d'axe E-W plonge vers l'Ouest. Cet anticlinal, très serré à l'Est où il est déformé le long de l'accident de Saillans, s'amortit vers l'Ouest au niveau d'Aouste ;
- au Sud-Est, l'anticlinal de la montagne de Couspeau d'axe WNW-ESE, est légèrement chevauchant vers le Nord. Il s'amortit vers l'Ouest, où il est relayé par les structures anticlinales mineures. Vers le Sud-Est, ce pli est également déformé par le décrochement de Saillans et passe vers le S-E à une structure monoclinale chevauchante vers l'Est.

Outre sa légère torsion axiale par le décrochement de Saillans à l'Est, le synclinal de Saoû a probablement été déformé lors de la phase alpine, comme le montre l'ondulation N-S que dessine son axe. En effet, ce dernier présente un plongement vers l'Ouest de l'ordre de 20° à l'Est du Perthuis, et un plongement vers l'Est inférieur à 15° à l'Ouest de ce point (cf. coupe n° 6 de la figure 5). La barre calcaire turonienne qui couronne cet édifice a aussi une forme en coque de navire.

Le synclinal de Saoû est déjeté vers le Nord et donc légèrement dissymétrique. Son flanc nord présente une structure monoclinale très simple dont le pendage vers le Sud oscille entre 30° et 60°. Son flanc sud, peu incliné à l'extrémité orientale du synclinal (coupe n° 1), se verticalise à partir du Pas-de-Courbis. Dans ce secteur, il présente des complications structurales sous la forme de replis anticlinaux/synclinaux. Le mieux individualisé est l'anticlinal de la Vèbre dont le coeur évidé au niveau de la cluse du Perthuis permet à la Vèbre de franchir le flanc sud du synclinal de Saoû pour rejoindre la vallée du Roubion (coupe n° 4). Le coeur du repli synclinal annexe qui lui succède au Sud est conservé au niveau des buttes témoins du Palloir et du château à l'Ouest du Pas-de-Lestang (coupe n° 1). Le développement dans la zone du Perthuis de ces replis, qui s'amortissent ensuite vers l'Est et l'Ouest, coïncide sur le flanc nord du synclinal avec la zone la plus redressée (60°). C'est donc à ce niveau que le synclinal présente un resserrement maximal.

En ce qui concerne la déformation cassante, cette structure synclinale est partiellement recoupée par un nombre limité de failles de direction NW-SE et NE-SW. Ces accidents décalent légèrement les contours de la barre de calcaires turoniens sur les flancs du synclinal. L'amortissement rapide de ces discontinuités tectoniques laisse supposer qu'elles n'interrompent pas la continuité du système hydrogéologique.

Les calcaires turoniens présentent une importante fracturation qui est soit liée au plissement soit associée au système de failles. Il est vraisemblable que ces fractures sont les plus denses et les plus ouvertes au niveau de la zone de replis du flanc sud (le Perthuis-Saoû), en particulier au droit de l'anticlinal de la Vèbre qui détermine le développement de fentes ouvertes d'extrados.

## 2.5 - Conclusion

La puissante barre carbonatée cénomano-turonienne de la forêt de Saoû constitue un corps géologique remarquablement isolé. Elle présente en effet la structure d'une cuvette synclinale elliptique relevée sur toute sa bordure et perchée sur une puissante assise marneuse albo-aptienne.

Ces caractères en font un aquifère potentiel intéressant, compte tenu de l'important volume qu'il présente sous la surface topographique. Toutefois, les qualités hydrogéologiques de cette formation dépendent essentiellement de son degré de fracturation et de sa karstification. Ce deuxième facteur ne peut actuellement être évalué et il reste difficile, à ce stade de l'étude, de présumer de la présence en profondeur de réserves d'eau.

Une analyse détaillée de la fracturation du massif calcaire apparaît donc souhaitable pour l'évaluation de ce réservoir potentiel car elle constitue un facteur déterminant pour le développement des phénomènes de karstification.

Les sources du Perthuis, qui maintiennent le débit d'étiage de la Vèbre, principal exutoire de cet impluvium, sont classiquement reliées à l'existence de réserves emmagasinées dans les dépôts alluviaux du lit inférieur de la Vèbre. On peut cependant se demander si le volume de cet aquifère peut justifier une telle réserve et si une partie ne provient pas d'un système karstique noyé sous-jacent. En effet, la localisation de ces sources coïncide avec plusieurs particularités géologiques que montre le massif calcaire dans cette zone :

- la région du Perthuis correspond au coeur de l'ondulation N-S que dessine l'axe du synclinal (plongement vers l'Est à l'Ouest, vers l'Ouest à l'Est). C'est donc une zone favorable à la concentration des écoulements souterrains ;
- le repli anticlinal de la Vèbre fait remonter dans ce secteur le substratum des calcaires ;
- la fracturation est particulièrement importante dans cette zone.

### 3 - COLLECTE DES DONNES CLIMATOLOGIQUES ET HYDROMETRIQUES

#### 3.1 - Aperçu climatologique

Compte tenu de sa situation entre la vallée du Rhône et le Vercors, le climat de la Forêt de Saoû est de type montagnard avec une influence méditerranéenne relativement faible compte tenu de l'altitude et de l'exposition du massif.

#### 3.2 - Pluviométrie

Les données pluviométriques sont utilisées à deux fins :

- calcul du bilan hydrique à partir de la lame d'eau précipitée sur le système ;
- traitements numériques (analyse des courbes de tarissement, analyse corrélatoire et spectrale).

Dans le premier cas, les moyennes annuelles sont suffisantes alors que dans le second, il est nécessaire de disposer de valeurs journalières.

La station la plus proche suivie par la Météorologie Nationale est celle de Bourdeaux, située 7 km au Sud de la Forêt de Saoû. Les précipitations journalières de cette station ont été récupérées auprès de l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Elles couvrent une période allant de 1966 à 1991. Les valeurs moyennes annuelles et mensuelles sont reportées au tableau 1.

Par ailleurs, plusieurs pluviographes avaient été mis en place par le SRAE en 1966 et 1967 dans le cadre de l'étude hydrogéologique du massif (LAFOSSE, 1968). Ils avaient mis en évidence une pluviométrie homogène sur l'ensemble de la forêt de Saoû (aussi bien entre l'adret et l'ubac qu'entre la vallée et les sommets), légèrement supérieure à celle de l'extérieur et contrastée selon les saisons.

Les précipitations annuelles obtenues en 1966 et 1967 sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Station	1966	1967
Bourdeaux	965 mm	741 mm
Saoû village	889 mm	622 mm
Saoû forêt	997 mm	749 mm

### 3.3 - Températures

Les températures du massif du Vercors varient principalement en fonction de l'altitude, mais aussi de la latitude en raison de l'influence du climat méditerranéen.

Le suivi effectué par le SRAE, de septembre 1967 à mars 1968, a montré que sur cette courte période, les températures de la Forêt de Saoû étaient nettement inférieures à celles des autres stations environnantes (4° environ). Plusieurs facteurs peuvent être invoqués pour expliquer cet écart : orientation Est-Ouest de la vallée, effet modérateur de l'importante couverture végétale et faiblesse de l'ensoleillement du fond du thalweg.

Les températures ne sont pas suivies à la station de Bourdeaux. A titre indicatif, les températures moyennes annuelles des stations de Montélimar (au Sud-Ouest) et de Die (au Nord-Est) sont respectivement de 13,8° et 11°.

L'isolation est maximale au mois de juillet et minimale au mois de décembre. Les valeurs moyennes pour ces deux mois sont respectivement d'environ 340 heures et 100 heures à la station de Montélimar.

### 3.4 - Hydrométrie

Le SRAE a mis en place en 1966 une station de jaugeage sur la Vèbre au Pont du Perthuis. Ce secteur constitue l'exutoire principal de la forêt de Saoû. La Vèbre a fait l'objet d'un suivi bihebdomadaire de mai 1966 à septembre 1967, puis continu jusqu'en décembre 1968. Les débits moyens journaliers de cette seconde période ont été récupérés auprès de l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Compte tenu des données disponibles, les débits de la Vèbre n'ont pu être étudiés que sur la période allant d'octobre 1967 à décembre 1968. La chronique des débits journaliers est reportée à la figure 7 avec les précipitations journalières de la station de Bourdeaux.

La Vèbre a toujours coulé sur la période considérée. La moyenne obtenue sur le cycle 1968 (du 01.10.1967 au 30.09.1968) est égale à 240 l/s avec un minimum de 40 l/s au mois de Novembre 1967 et un maximum de 2,42 m<sup>3</sup>/s enregistré le 26 février 1968.

De petits ruisseaux descendent des versants extérieurs de la Forêt de Saoû vers la Drôme ou le Roubion. Ils sont alimentés presque uniquement par de maigres nappes d'éboulis qui tapissent les pentes aux pieds des falaises calcaires, si bien qu'aucun n'a de débit important.

## 4 - HYDROGEOLOGIE

### 4.1 - Phénomènes karstiques

Malgré les fortes potentialités spéléologiques que présentent a priori les calcaires cénomano-turonien de la Forêt de Saoû, aucun réseau souterrain n'a été découvert à ce jour. Un seul gouffre important est connu : il s'agit du Trou du Diable, profond de 170 m, qui se situe sur les hauteurs sud-est de la cuvette synclinale (information orale à confirmer). Aucune autre cavité ne dépasse 100 m de profondeur.

Il faut noter par ailleurs que la Forêt de Saoû ne présente pas une géomorphologie karstique bien affirmée et les phénomènes de dissolution sont pratiquement inexistant en surface.

### 4.2 - Inventaire des sources

La Forêt de Saoû ne possède pas d'exutoire karstique de surface individualisé. Les principales sources inventoriées sont les suivantes :

- **résurgence du champ de la Croix** : cette source temporaire, qui alimente le cours supérieur de la Vèbre, fait l'objet d'un captage enterré ;
- **émergences diffuses en amont du Perthuis** : celles-ci, échelonnées le long des fossés, assurent le débit d'étiage de la Vèbre ;
- **source du camping de Saoû** : cette source, située en rive droite de la Vèbre, draine le synclinal annexe de la Forêt entre Palloire et Passerolle. Bien que n'appartenant pas à la Forêt de Saoû, cette source est mentionnée ici car elle est captée pour l'alimentation du village de Saoû ;
- **source du refuge de Bois Vert** : elle est constituée par l'écoulement de petites fissures alimentées par des éboulis de pente. Son débit est très faible.

Il existe sur le versant ubac, plus humide, d'autres petites émergences situées au creux des thalwegs. Bien que pérennes, leur débit reste cependant tout à fait négligeable.

Sur le pourtour de la Forêt de Saoû, une série de sources apparaissent immédiatement au-dessus de la barre berrémo-bédoulienne, au contact des marnes noires, pour ensuite se perdre le plus souvent dans les éboulis. La source captée des Auberts en constitue un exemple.

#### 4.3 - Fonctionnement de la Vèbre

Compte tenu de la structure géologique de la Forêt de Saoû, l'ensemble des écoulements se font vers l'intérieur de la cuvette pour être drainés dans l'axe du synclinal occupé par la vallée de la Vèbre. Son bassin versant a une grande unité lithologique, ce qui entraîne un développement uniforme du réseau hydrographique et une très faible torrentialité. Les nombreux éboulis sur les versants, la végétation importante ainsi que la forte perméabilité des alluvions du lit de la Vèbre favorisent l'infiltration au détriment du ruissellement qui est pratiquement nul.

A l'amont du champ de la Croix, la Vèbre est à sec presque toute l'année. Elle ne coule que lors des gros orages et à la fonte des neiges. Il en est de même pour tous les thalwegs qui entaillent les versants.

A partir du champ de la Croix, la Vèbre coule de façon intermittente. Il faut noter que les eaux de cette émergence se perdent rapidement dans les alluvions qui possèdent donc une circulation hypodermique, formant probablement une petite nappe phréatique alimentée aussi par les écoulements des thalwegs adjacents et des versants.

A l'étiage, le débit de la Vèbre est uniquement dû aux émergences situées en amont du Perthuis.

L'examen de la chronique des débits comparée à celle des précipitations (cf. figure 7) met en évidence que les crues de la Vèbre ne sont pas directement corrélées à la pluviométrie : certaines précipitations importantes (novembre 1967, août 1968) n'ont entraîné aucune variation du débit du cours d'eau au Perthuis alors que la crue la plus marquée (février 1968) correspond à une période relativement peu pluvieuse.

Ce comportement traduit une rétention d'eau et une influence de l'état de la réserve souterraine sur le régime de la Vèbre. L'étude réalisée par le SRAE en 1968 avait mis en évidence le rôle déterminant que jouaient les alluvions dans le stockage des réserves. Celles-ci maintiennent le débit d'étiage de la Vèbre qui reste en été le seul affluent abondant du Roubion. Il reste à définir si ces alluvions constituent le seul réservoir du système ou si les calcaires jouent aussi un rôle.

#### 4.4 - Nappe des alluvions

Une campagne géophysique par prospection électrique a été réalisée en 1967 par le SRAE afin de préciser l'épaisseur du remplissage alluvial en amont et en aval du Perthuis. Par ailleurs, le S.N.P.A. (Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine) avait réalisé en 1959 quelques forages sur ce secteur dans le cadre d'une campagne de sismique-réflexion.

Les résultats obtenus étaient les suivants :

- dans la plaine de Prade, l'épaisseur des alluvions varie de 16 m à 32 m au coeur du substratum et de 4 m à 16 m en remontant sur le versant nord ;

- à l'aval du Perthuis, le remplissage alluvial apparaît très épais (20 à 36 m) ; il repose sur un substratum de marnes et marno-calcaires appartenant a priori au Cénomaniens et à l'Albien.

Par ailleurs, trois sondages de reconnaissance ont été réalisés par le SRAE dans les alluvions :

- le premier est situé à 140 m en amont du Perthuis, en rive droite de la Vèbre ;
- le second est situé plus en amont (sondage de la Prade) ;
- le troisième a été implanté au droit du resserrement de la vallée de la Vèbre, près du terrain de camping de Saoû.

Les résultats fournis par ces sondages sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	Sondage n° 1	Sondage n° 2	Sondage n° 3
Profondeur	15,5 m	29,4 m	22,8 m
Base alluvions	non atteinte	25 m	non atteinte
Niveau statique	0,80 m	3,00 m	0,80 m
Transmissivité	$1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

#### 4.5 - Limites de l'impluvium

Les débits de la Vèbre n'étant suivis qu'au Perthuis, le synclinal annexe de Saoû, situé en aval, a été exclu des limites de l'impluvium du système.

Compte tenu de la structure morphologique et géologique bien individualisée du synclinal de la Forêt de Saoû, la ligne de crête constituée par les calcaires turoniens a été retenue comme contour de l'impluvium (cf. figure 8). La superficie totale obtenue est égale à 23,8 km<sup>2</sup> dont 3 km<sup>2</sup> correspondent au petit bassin versant du ruisseau de Lausens. Celui-ci et la Vèbre constituent les deux seuls cours d'eau drainant le synclinal. Leurs débits moyens sont respectivement de 14 l/s et 240 l/s pour le cycle hydrologique de 1968, ce qui représente un volume total écoulé égal à 8 Mm<sup>3</sup> durant l'année.

La lame d'eau précipitée sur la même période est estimée à 1000 mm. L'évapotranspiration a été évaluée à partir de la formule de TURC qui est la mieux adaptée à l'échelle de l'année :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2/L^2}}$$

avec : P (mm) : lame d'eau précipitée

T (°C) : température moyenne interannuelle

L :  $300 + 25.T + 0.05.T^3$

En prenant une température moyenne annuelle de 10°, la valeur obtenue pour l'ETR est égale à 520 mm. La lame d'eau infiltrée serait donc de 480 mm ce qui, ramené à la superficie de l'impluvium, représente un volume annuel de 11,3 Mm<sup>3</sup>. Ce résultat, reposant sur des valeurs approximatives de pluviométrie et température, doit être considéré comme un ordre de grandeur des entrées du système. Il est cependant significativement différent des sorties (8 Mm<sup>3</sup>).

Plusieurs raisons peuvent être envisagées pour expliquer cette différence :

- a. le calcul effectué ne prend pas en compte les variations interannuelles de la réserve ;
- b. la Vèbre et le ruisseau de Lausens ne constituent pas les seuls exutoires du système, une partie des écoulements pouvant se faire dans les alluvions et dans les calcaires sous-jacents si ceux-ci sont karstifiés.

Pour répondre à cette deuxième hypothèse, le flux de la nappe des alluvions a été évalué au niveau du Perthuis en prenant les paramètres suivants, en partie issues de l'étude réalisée par le SRAE :

- perméabilité :  $K \approx 2.10^{-3}$  m/s
- épaisseur de la nappe  $\approx 20$  m
- largeur des alluvions  $\approx 50$  m
- gradient  $\approx 0,02$

Ces valeurs, volontairement surévaluées, donnent un flux approximatif de 150 m<sup>3</sup>/h, ce qui donne un volume annuel de 1,3 Mm<sup>3</sup>. Les écoulements dans les alluvions ne peuvent donc pas justifier à eux seuls le déficit observé.

- c. la lame d'eau infiltrée a été surévaluée : les valeurs retenues pour la pluviométrie annuelle et la température moyenne ne sont en effet que des estimations approximatives. Or, ces paramètres ont une grande importance sur l'évaluation de l'ETR, comme le montrent les résultats obtenus avec d'autres valeurs, récapitulés dans le tableau ci-après :

Température moyenne	Pluviométrie annuelle	ETR	Lame d'eau infiltrée	Volume infiltré
10°	1000 mm	510 mm	490 mm	11,3 Mm3
12°	1000 mm	575 mm	425 mm	10,1 Mm3
10°	900 mm	510 mm	390 mm	9,4 Mm3
12°	900 mm	560 mm	340 mm	8,2 Mm3

Cette analyse de sensibilité des paramètres intervenant dans le calcul de l'ETR montre que le bilan hydrique ne peut être exploité compte tenu de la mauvaise connaissance des facteurs climatiques sur la forêt de Saoû, l'incertitude sur le volume infiltré étant du même ordre de grandeur que le déficit observé.

#### 4.6 - Conclusions

Le synclinal de Saoû ne comporte aucun exutoire karstique important bien individualisé. La seule source pérenne est constituée par une série d'émergences diffuses situées dans les alluvions en amont du Perthuis. Ce sont elles qui assurent le débit d'étiage de la Vèbre. Les autres sources sont soit temporaires, soit négligeables.

L'analyse du régime de la Vèbre met en évidence un stockage d'eau souterrain. Les pertes observées dans le cours supérieur de ce cours d'eau montrent que les alluvions jouent un rôle important, mais aucun indice ne permet de dire si les calcaires sont aussi un lieu de stockage en profondeur.

Le calcul du bilan hydrique a mis en évidence un déficit des sorties significativement supérieur à l'inféoflux potentiel de la nappe des alluvions de la Vèbre. Ce résultat, qui pourrait être l'indice d'écoulements plus profonds dans les calcaires, est cependant à considérer avec beaucoup de réserve compte tenu de l'imprécision sur les températures et la pluviométrie locales. A moins de mettre en place une nouvelle station limnigraphique sur la Vèbre et d'effectuer un suivi plus précis des paramètres climatologiques, cette incertitude ne pourra pas être levée.

## 5 - ANALYSES DES COURBES DE RECESSION

### 5.1 - Présentation de la méthode

Cette analyse reprend une méthode couramment utilisée dans le domaine de l'hydrologie de surface pour l'étude des régimes des cours d'eau. Elle consiste à étudier la partie décroissante de l'hydrogramme de crue que l'on nomme récession et qui comprend deux parties distinctes : la décrue et le tarissement.

La méthode repose sur une représentation conceptuelle de l'aquifère. Celui-ci est assimilé à un réservoir qui se vidange au travers d'un bouchon poreux. Lors du tarissement, la décroissance du débit en fonction du temps suit une loi exponentielle (loi de MAILLET) :

$$Q = Q_{Ro} e^{-\alpha t}$$

avec :

$Q$  = débit à l'instant  $t$

$Q_{Ro}$  = débit au début du tarissement

$\alpha$  = coefficient de tarissement

Dans le cas des aquifères karstiques, le modèle a été amélioré par MANGIN (1970) pour tenir compte des caractères particuliers de l'infiltration dans ce type de magasin. L'idée est qu'après la pointe de crue, l'écoulement se décompose d'une part en un écoulement lié à l'infiltration (issu de la zone non saturée du karst), et d'autre part en un écoulement de base issu du karst noyé. Cette représentation revient à ajouter au modèle de MAILLET un second réservoir alimenté par un débit d'infiltration  $q_i$ , influençant ainsi la vidange du réservoir principal.

Deux parties peuvent alors être distinguées dans les courbes de récession :

- la décrue, durant laquelle l'infiltration ( $q_i$ ) influence la vidange du réservoir ;
- le tarissement, qui débute à l'instant où le débit d'infiltration ( $q_i$ ) devient nul, la vidange du réservoir principal obéissant alors uniquement à la loi de MAILLET.

La loi décrivant ces deux phases de la récession prend alors, selon l'approche de MANGIN (1970), la forme suivante :

$$Q = Q_{Ro} e^{-\alpha t} + q$$

## 5.2 - Analyse des courbes de récession de la Vèbre

La Vèbre étant alimentée par des sources situées dans les alluvions, il n'est pas possible d'appliquer ici la méthodologie qui permet, dans le cas d'aquifères karstiques, de caractériser le fonctionnement de la zone d'infiltration à partir de la courbe de décrue.

Par contre, il est possible d'analyser le tarissement puisque le modèle de MAILLET s'applique parfaitement au milieu poreux.

La période étudiée comprend trois courbes de récession bien individualisées (mars, juin et décembre 1968), qui ont été représentées à la figure 9. les tarissements des mois de juin et décembre 1968 sont reportés à la figure 10.

Les résultats obtenus à partir de l'interprétation de ces courbes sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Courbe de tarissement	$\alpha$	Volume dynamique
Mars 1968	0,020	2,1 Mm <sup>3</sup>
Juin 1968	0,020	2,2 Mm <sup>3</sup>
Décembre 1968	0,012	2,7 Mm <sup>3</sup>

Les valeurs du coefficient de tarissement sont relativement homogènes. Le volume dynamique, qui est le volume souterrain emmagasiné qui se vidange au cours de la phase de tarissement selon la loi de MAILLET, est d'environ 2,5 Mm<sup>3</sup>. Cette valeur n'est pas significativement différente des possibilités de stockage qu'offrent les alluvions en amont du Perthuis : elles correspondent à un aquifère de 2,5 km<sup>2</sup> de superficie, 10 m d'épaisseur et 10 % de porosité.

La valeur obtenue pour le volume dynamique, qui doit là aussi être considérée avec réserve compte tenu du petit nombre de tarissements étudiés, ne fait donc pas intervenir un stockage dans les calcaires sous-jacents, ce qui n'implique pas obligatoirement que celui-ci n'existe pas.

## 6 - ANALYSE CORRELATOIRE ET SPECTRALE

### 6.1 - Principes de l'analyse corrélatoire et spectrale

Les analyses corrélatoires et spectrales s'inscrivent dans le cadre de l'approche systémique du karst. L'aquifère est assimilé à un système de type boîte noire dont la pluie et le débit à l'exutoire représentent respectivement l'entrée et la sortie du système. Faisant référence à la théorie du traitement du signal, ces analyses ont été adaptées pour l'étude des aquifères karstiques au laboratoire souterrain du CNRS (MANGIN, 1981a, 1981b, 1984).

La pluie et le débit sont représentés sous forme de séries chronologiques (variation d'un paramètre au cours du temps) qui possèdent une part structurée (tendance et période) et une part aléatoire (bruit de fond).

Deux types d'analyse sont employés : l'analyse simple pour la description des chroniques, et l'analyse croisée pour l'étude des relations existant entre elles.

#### \* Analyse simple :

Elle permet de décrire une chronique et d'en identifier les composantes. Elle repose sur l'analyse du corrélogramme qui traduit la dépendance dans le temps des événements affectant la chronique, selon des intervalles de temps de plus en plus grands. Plus cette dépendance est grande, et plus le système a de la "mémoire". Dans le cas d'une chronique de débit, cet effet mémoire traduit l'inertie de l'aquifère et la présence de réserves.

Le deuxième outil utilisé est le spectre de densité de variance. Celui-ci permet l'identification des événements périodiques par la détermination de leur fréquence. Dans le cas d'une chronique de débit, il fournit le temps de régulation qui représente la durée de l'influence d'événements pluvieux sur le système, ainsi que la mesure de la fréquence de coupure qui est la durée minimale que doit avoir une pluie pour influencer sur le système.

#### \* Analyse croisée :

Cette analyse permet l'étude de la relation pluie-débit et fournit une bonne image de la réponse impulsionnelle du système par le corrélogramme croisé. Celui-ci est précisé par quatre fonctions dans le domaine fréquentiel :

- la fonction d'amplitude croisée fournit la plage de fréquence pour laquelle la relation pluie-débit s'établit,
- la fonction de phase indique le déphasage entre l'entrée et la sortie,
- la fonction de gain montre si le système atténue ou amplifie l'information contenue dans la chronique des pluies ;

- la fonction de cohérence mesure la linéarité du système, permettant ainsi de savoir si la pluie est bien responsable de l'intégralité du débit.

## 6.2 - Analyse spectrale et corrélatrice à court terme

Cette analyse est réalisée sur la période s'étendant du 01.08.1967 au 31.12.1968 pour laquelle on dispose des valeurs journalières de débits et précipitations, en prenant une fenêtre d'observation de 125 jours et un pas journalier.

### 6.2.1 - Analyse simple

Une analyse simple a été réalisée sur la chronique de la pluie à Bourdeaux (cf. figure 11). Le corrélogramme montre que celle-ci est distribuée de manière aléatoire, avec une légère structure sur 3 jours. Le spectre est bruité en raison de la faible longueur de la période d'étude. La pluie à Bourdeaux est cependant utilisable comme entrée pour les analyses croisées.

Le corrélogramme des débits décroît rapidement (effet mémoire égal à 27 jours) et présente un bossage pour une valeur de  $k$  égale à 90 jours (cf. figure 12). Ce bossage, qui peut traduire un fonctionnement complexe, correspond à l'intervalle de temps séparant les crues de mai et juin 1968. Le spectre se caractérise par une tendance à long terme (effet saisonnier) et un très fort filtrage à court terme. La fréquence de coupure est égale à 0,25, ce qui signifie que le système n'est pas influencé par des événements inférieurs à 4 jours. L'ensemble de ces paramètres traduisent un comportement faiblement inertiel, ne possédant donc pas de réserves importantes.

### 6.2.2 - Analyse croisée

Une analyse croisée a été réalisée pour l'étude de la relation pluie-débits (cf. figure 13). Le corrélogramme croisé est assez fortement bruité. Il présente un pic de faible ampleur avec une réponse très courte. Ce corrélogramme a une allure atypique qui ne traduit ni une fonction transmissive, ni la présence de réserves. Ce manque d'information peut être imputé à la durée d'observation très courte.

La fonction d'amplitude et les faibles valeurs de cohérence obtenues (0,5 à long terme, 0,25 à court terme) indiquent que la relation pluie-débit est quasi inexistante. Ces résultats sont en accord avec ceux fournis par la comparaison des deux chroniques : pour de longues périodes (août à décembre 1967, août à octobre 1968), les débits ne sont pas influencés par la pluie (précipitations de l'ordre de 40 mm), alors qu'en février, juin et novembre 1968, des précipitations de même ampleur déclenchent des crues importantes.

### 6.3 - Conclusions

Dans le cas présent, l'analyse corrélatoire et spectrale ne permet pas de conclure sur une éventuelle contribution des calcaires à l'alimentation du cours d'eau. Au contraire, les réponses obtenues traduiraient plutôt une absence notable de réserves.

De plus, la relation entre les débits du cours d'eau et les précipitations sur le bassin versant de surface apparaît complexe, la réaction à une même sollicitation étant variable. Les chroniques disponibles sont donc trop courtes pour appréhender le régime de la Vèbre au Perthuis.

## 7 - CONCLUSIONS GENERALES

### 7.1 - Rappel des objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude était d'appréhender la structure et le fonctionnement du massif de la Forêt de Saoû, afin de déterminer si celui-ci contient des ressources qui pourraient être exploitées lors des périodes d'étiage.

Ce diagnostic constitue une étape préliminaire à l'individualisation et l'évaluation quantitative de ces réserves et à un éventuel aménagement pour les exploiter.

Il s'est appuyé sur différentes méthodes :

- étude géologique afin de définir la géométrie de l'aquifère et les limites de l'impluvium ;
- analyse des courbes de tarissement de la Vèbre au Perthuis ;
- analyse corrélatrice et spectrale des chroniques de débit de la Vèbre.

### 7.2 - Géométrie du système

La forêt de Saoû occupe une vaste cuvette elliptique allongée d'Est en Ouest, qui présente la structure typique d'un synclinal perché. Son armature est constituée par les calcaires gréseux du Cénomano-Turonien qui, épais de 500 m environ, reposent partout sur une assise marneuse imperméable (Albo-Aptien).

Ces calcaires, compte tenu de leur structure et de leur géométrie, constituent un aquifère potentiel très intéressant, dont les qualités de réservoir dépendent uniquement de leur fracturation et leur karstification en profondeur.

Le synclinal de Saoû ne possède pas d'exutoire karstique individualisé. La Vèbre est alimentée principalement par des sources situées dans les alluvions en amont immédiat du Perthuis. Ce secteur correspond d'une part au coeur de l'ondulation nord-sud qui dessine l'axe du synclinal, d'autre part à une remontée des calcaires par l'intermédiaire d'un anticlinal. Cette structure est donc favorable à une communication entre les alluvions et les calcaires sous-jacents. Il reste à déterminer si ceux-ci sont karstifiés en profondeur, facteur difficile à préciser à ce stade de l'étude, d'autant plus que le massif ne présente pas une géomorphologie karstique en surface.

### 7.3 - Fonctionnement du système

La Vèbre n'a fait l'objet d'un suivi en continu que pendant 15 mois (octobre 1967 à décembre 1968). Deux traitements numériques ont été effectués sur cette courte chronique de débits :

- analyse des courbes de tarissement,
- analyse corrélatrice et spectrale.

Aucune de ces analyses n'a fourni d'indice significatif qui serait le signe d'un stockage dans les calcaires. L'une des raisons est bien entendu la période d'observation qui est trop courte pour autoriser des traitements fiables. Mais par ailleurs, la relation entre les précipitations et le régime de la Vèbre semble complexe, la réaction à une même sollicitation étant variable.

De même, les données climatologiques disponibles ne permettent pas de dresser un bilan hydrique fiable qui pourrait déboucher sur la mise en évidence d'un déficit des sorties du système imputable à des écoulements souterrains dans les calcaires.

#### 7.4 - Etudes complémentaires

Compte tenu de la structure de la forêt de Saoû, une analyse géologique plus détaillée de ce massif calcaire permettrait déjà de porter un jugement sur sa karstification en profondeur, et donc sur ses potentialités aquifères. Cette analyse intégrerait :

- un examen photogéologique de l'ensemble du synclinal de Saoû afin de déterminer la localisation et la densité des principales discontinuités structurales pouvant favoriser les phénomènes de karstification (failles, fractures...);
- une étude sur le terrain de cette fracturation et des phénomènes de karstification qui leur sont associés (ou non);
- une analyse détaillée de la géométrie et de la structure du massif calcaire dans la zone du Perthuis où se trouvent les résurgences;
- une évaluation du volume des formations alluviales et leur relation avec le substratum calcaire dans ce même secteur, afin d'apprécier le contexte géologique très précis de ces sources.

Dans le cas présent, le recours à la géochimie ne semble pas judicieux. Elle ne permettrait pas de différencier des eaux provenant des calcaires et des alluvions puisque ces dernières sont autochtones et ont en conséquence une nature carbonatée. Les eaux auraient donc le même faciès hydrogéochimique dans les deux cas.

Le système hydrogéologique de la forêt de Saoû apparaissant trop complexe pour pouvoir être étudié à partir des données actuellement disponibles, la mise en place d'une nouvelle station de jaugeage ainsi qu'une station climatologique pourrait être envisagée, en sachant que plusieurs années de suivi seraient nécessaires pour une interprétation fiable.

Enfin, compte tenu de la difficulté d'appréhender le fonctionnement du système à partir des débits de la Vèbre, un forage de reconnaissance pourrait être envisagé pour apprécier la fracturation et la karstification des calcaires au niveau du Perthuis, en sachant qu'aucune garantie ne peut être donnée actuellement sur les chances de succès d'un tel ouvrage.

## BIBLIOGRAPHIE

### 1 - Géologie et hydrogéologie de la Forêt de Saoû

- AUCLAIR D. (1961)  
Contribution à l'étude géologique du Diois. Feuille au 1/20 000 Die n° 2 (D.E.S. Lyon).
- BELLEVILLE J.M. (1959)  
Contribution à l'étude de la Forêt de Saoû (portion Est) et de la région de Saillans (Drôme). Feuille au 1/20 000 Die n° 6 (D.E.S. Lyon).
- FALLOT E. (1885)  
Etude géologique des étages moyens et supérieurs des terrains crétacés dans le S.E de la France (thèse), Ann. Soc. Géol. 1885 T XVIII - 268 p, 41 fig., 8 pl.
- GRAS S. (1853)  
Statistique géologique et minéralogique du département de la Drôme.
- GOGUEL (1944)  
Le rôle des décrochements dans la tectonique du Diois.  
C.R.A.S. T CCXVIII, p. 287.
- GOGUEL (1943)  
Contribution à l'étude paléogéographique du Crétacé inférieur dans le Sud-Est de la France - B.S.C.G.F. n° 212, T XIIV, p. 62.
- GOGUEL (1947)  
Sur les accidents tectoniques de la bordure occidentale du Diois.  
B.S.C.G.F. n° 220-223, T XLIV.
- GOGUEL (1946)  
Sur les accidents tectoniques de la bordure occidentale du Diois.  
B.S.C.G.F. 221, T XLVI, pp. 149-166.
- LORY Ch. (1860)  
Description géologique du Dauphiné. Thèse, Paris, 747 p., 31 fig., 5 pl.
- MASSEPORT J. (1960)  
Le Diois, les Baronnies et leur avant-pays rhodanien - Etude morphologique. Imp. Allier, Grenoble, 478 p., 60 fig.
- ORGEVAL M. et ZIMMERMANN (1957)  
Possibilités pétrolières de la zone subalpine - Bassin méridional. Revue I.F.P., XII, n° 5, p. 515-542, doc. BRP.

- LAFOSSE J. (1968)  
Hydrogéologie de la Forêt de Saoû - Rapport SRAE - Département de la Drôme, 62 p.
- PORTHAULT B. (1962)  
Contribution à l'étude géologique du Diois occidental (D.E.S.) - Faculté de Sciences de l'Université de Lyon.
- RUEFF S. (1961)  
Contribution à l'étude géologique du Diois occidental - Région de Cobonne. Feuille au 1/20 000 Die n° 1 (D.E.S. Lyon).
- SORNAY J. (1946)  
Le Crétacé supérieur dans l'Ouest du département de la Drôme et dans les régions voisines. T.L.G. (1946), T 25, 27 p., 4 pl.
- SORNAY J. (1950)  
Etude stratigraphique sur le Crétacé supérieur de la vallée du Rhône entre Valence et Avignon et des régions voisines (thèse) - Allier, Grenoble - 254 p., 31 fig., 12 pl.
- SORNAY J. (1947)  
Sur le Crétacé supérieur de la région de Châtillon-en-Diois et de la Forêt de Saoû - Remarque sur la tectonique anté-sénonienne - B.S.G.F., 1947, T XVII, pp. 245-246, 4 pl.

## 2 - Analyses corrélatoires et spectrales, courbes de succession

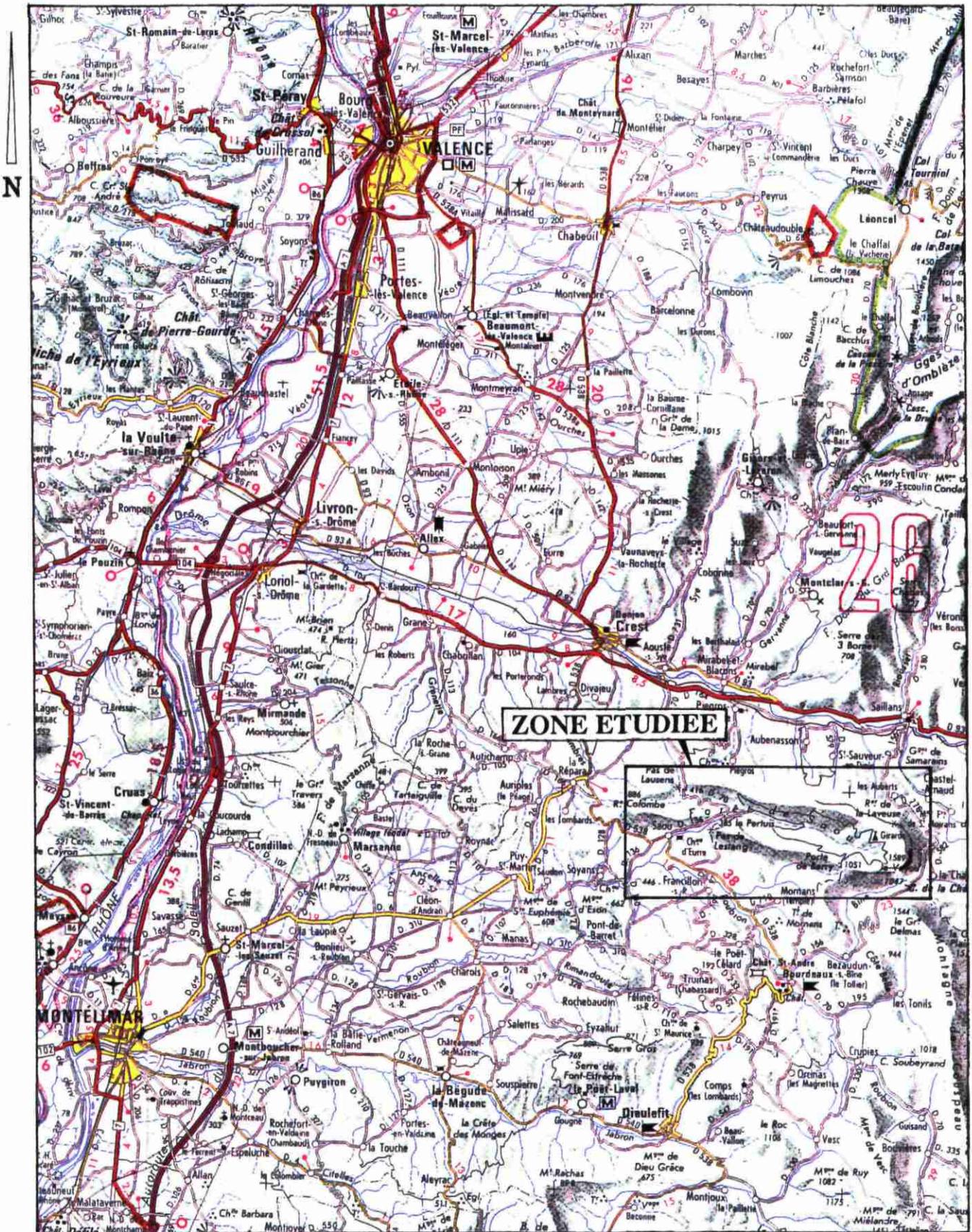
- BARBUT M. et FOURGEAUD C. (1971)  
Eléments d'analyse mathématique des chroniques. Hachette Université, 207 p.
- BOX G.E.P. et JENKINS G.M. (1976)  
Time series analysis, forecasting and control. Revised Edition Holden Day, San Francisco, 575 p.
- DELHOMME J.P. (1976)  
Application de la théorie de variables régionalisées dans les sciences de l'eau. Thèse Docteur-Ingénieur, Université Paris VI, 160 p.
- JENKINS G.M. et WATTS O.G. (1968)  
Spectral analysis and its applications. Holden Day, San Francisco, 525 p.
- MANGIN A. (1970)  
Contribution à l'étude d'aquifères karstiques à partir de l'analyse de courbes de décrue et de tarissement. Ann. Spéléo., t 25, 3, pp. 581-609.
- MANGIN A. (1970)  
Méthode d'analyse des courbes de décrue et de tarissement dans les aquifères karstiques. Cr. Acad. Sc., Paris, t 270, pp. 1295-1297.

- MANGIN A. (1981)  
Utilisation des analyses corrélatoires et spectrales dans l'approche des systèmes hydrologiques. C.R.Ac.Sc., Paris, Série III, pp. 401-404.
- MANGIN A. (1981)  
Apports des analyses corrélatoires et spectrales croisées dans la connaissance des systèmes hydrologiques. C.R.Ac.Sc., Paris, Série III, pp. 1011-1014.
- MANGIN A. (1982)  
Mise en évidence de l'originalité et de la diversité des aquifères karstiques. An.Sc. de l'Université de Besançon, 3ème Colloque d'Hydrologie sur les pays calcaires, Géol. Mém. n° 1, pp. 159-172.
- MANGIN A. (1984)  
Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques à partir des analyses corrélatoires et spectrales. Journal of Hydrology, 67, pp. 25-43.

## **FIGURES**

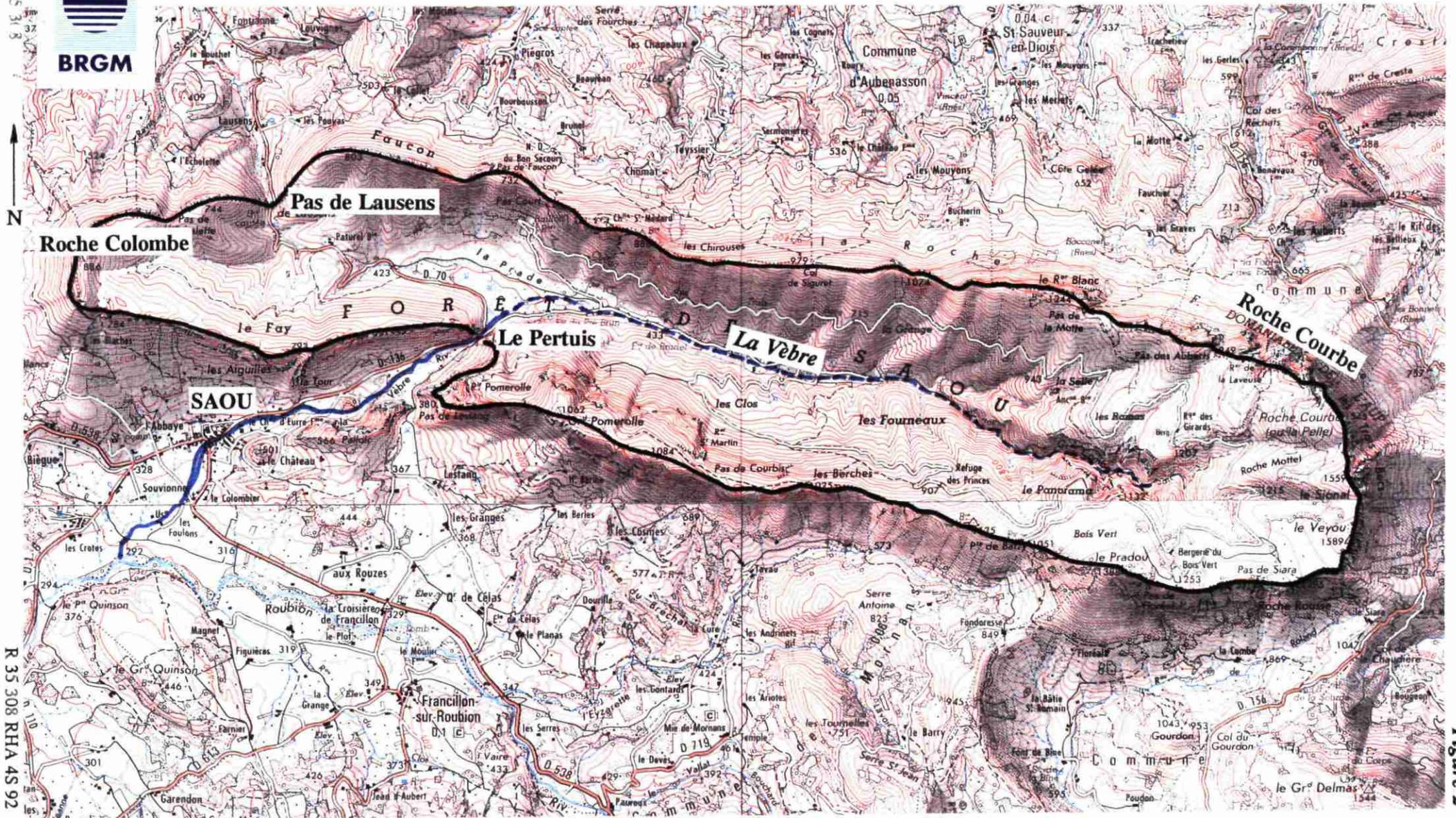
# SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA FORÊT DE SAOU

ECHELLE 1/250 000





# CARTE GEOGRAPHIQUE DE LA FORÊT DE SAOU



ECHELLE 1/50 000

Figure 2

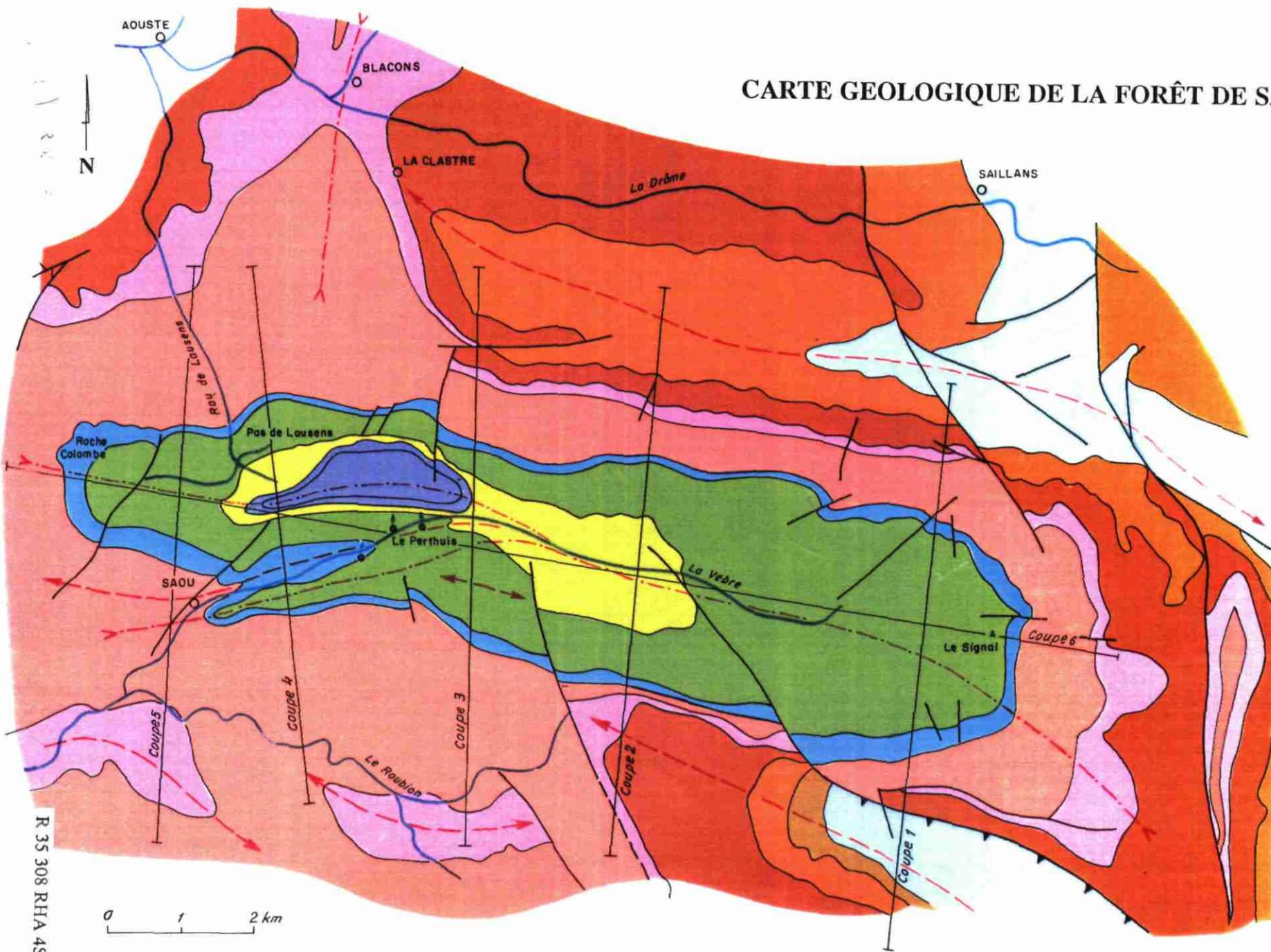
# CARTE GEOLOGIQUE DE LA FORÊT DE SAOU



**BRGM**

## LEGENDE

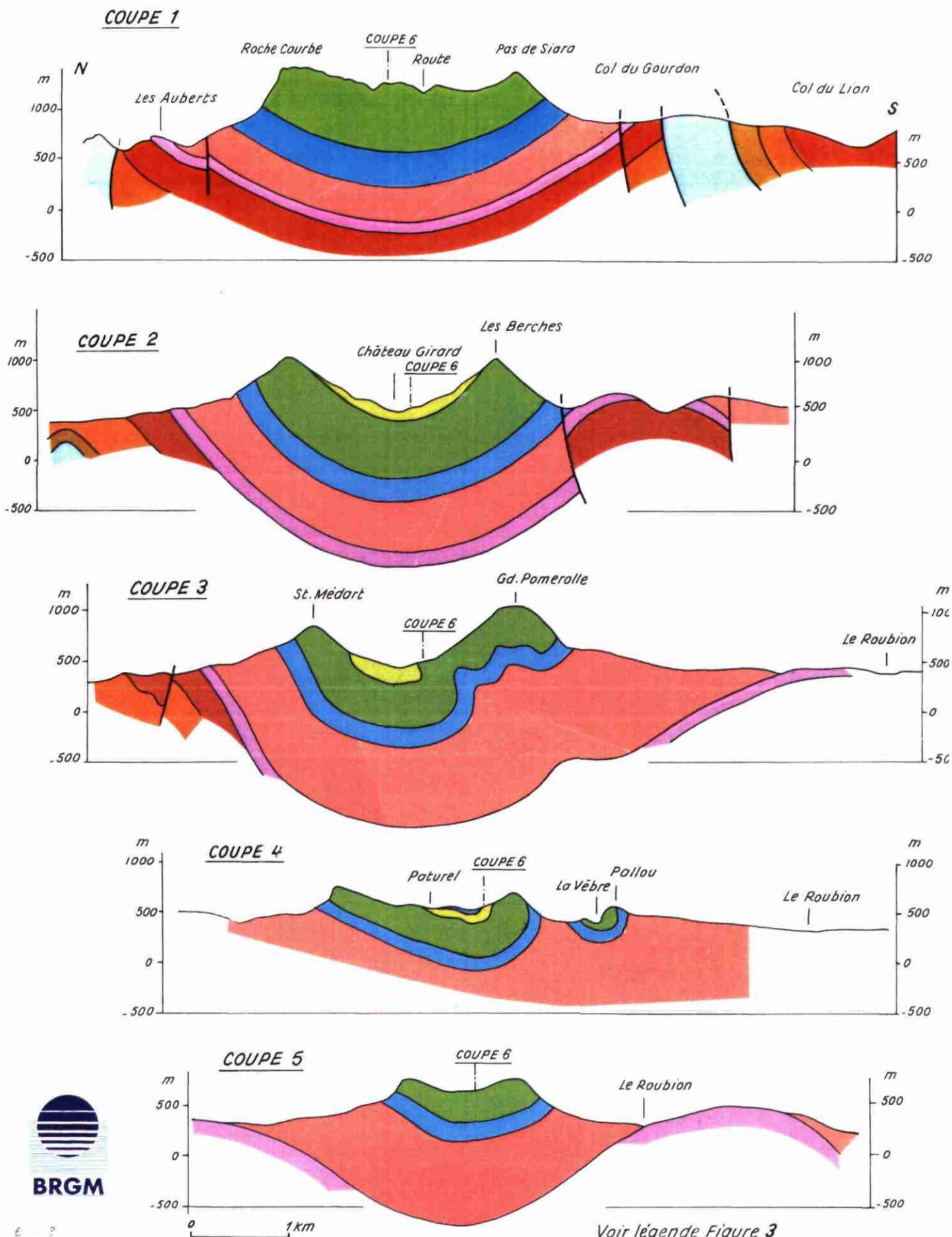
- Grès grossier (CONIACIEN)
- Calc. gréseux (TURONIEN SUP.)
- Calc. biomicritique (TURONIEN INF. MOY.)
- Calc. gréseux (CENOMANIEN)
- Marnes + lits gréseux (GARGASIEN-ALBIEN)
- Calcaire et marne (BARREMO-BEDOULIEN)
- Marno-calcaire (HAUTERIVIEN)
- Marno-calcaire (VALANGINIEN)
- Marno-calcaire (BERRIASIEN)
- Calcaire éthyonique
- Axe anticlinal
- Axe syndinal



R 35 308 RHA 4S 92

Figure 3

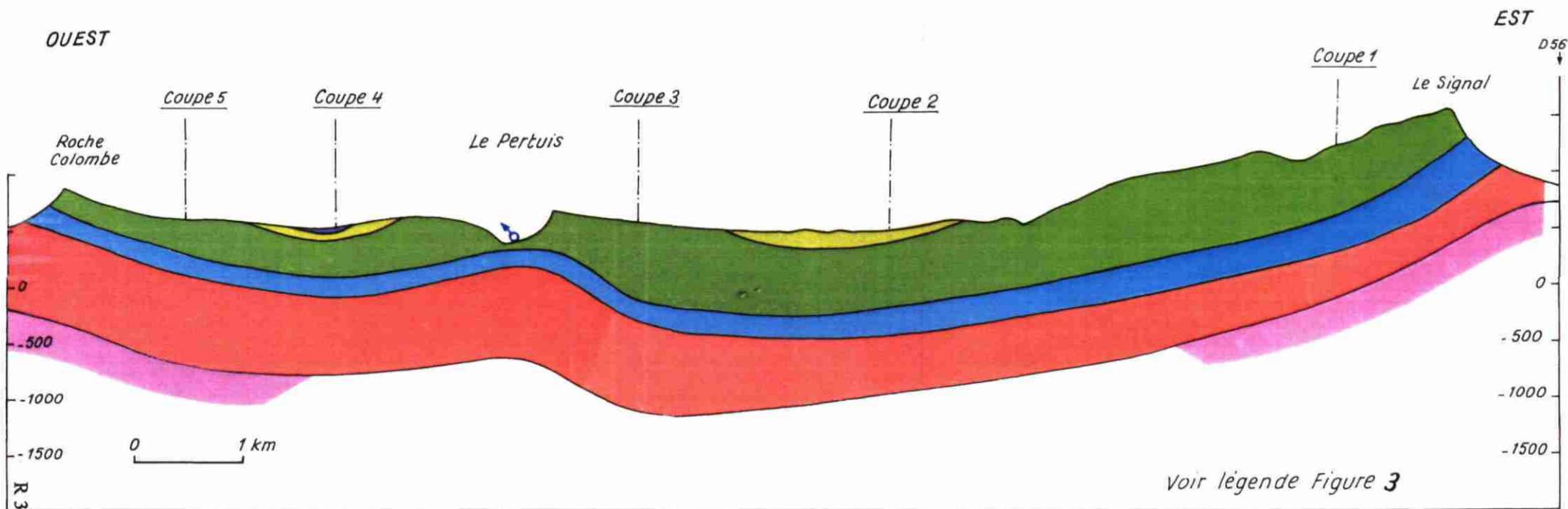
COUPES GEOLOGIQUES NORD-SUD DE LA FORÊT DE SAOU





# COUPE GEOLOGIQUE EST-OUEST DE LA FORÊT DE SAOU

## COUPE 6

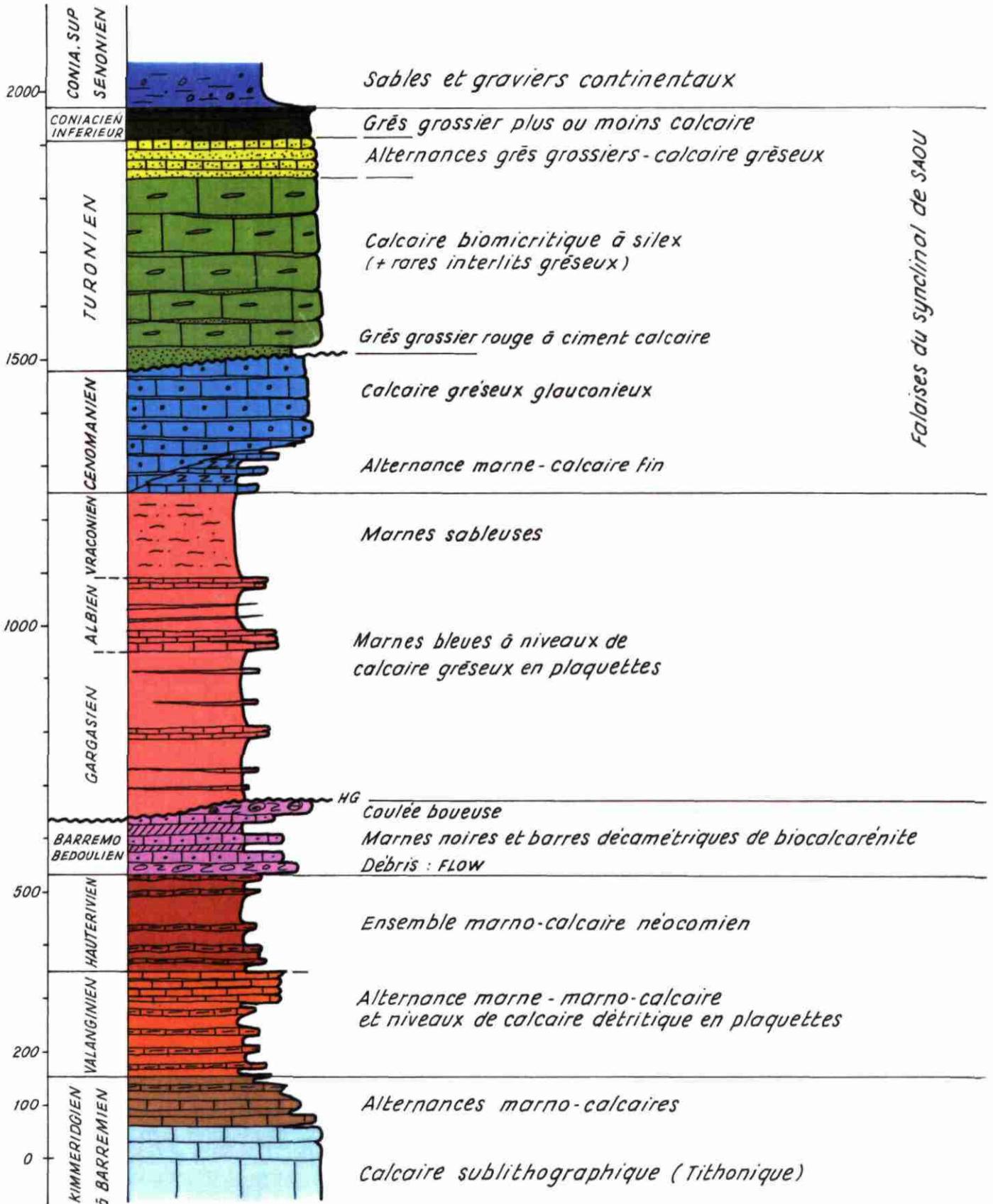


R 35 308 RHA 4S 92

Figure 5



# LOG STRATIGRAPHIQUE SYNTHETIQUE DE LA SERIE CRETACE DU SYNCLINAL DE SAOU



## DEBITS JOURNALIERS DE LA VEBRE AU PERTUIS ET PRECIPITATIONS JOURNALIERES A BOURDEAUX

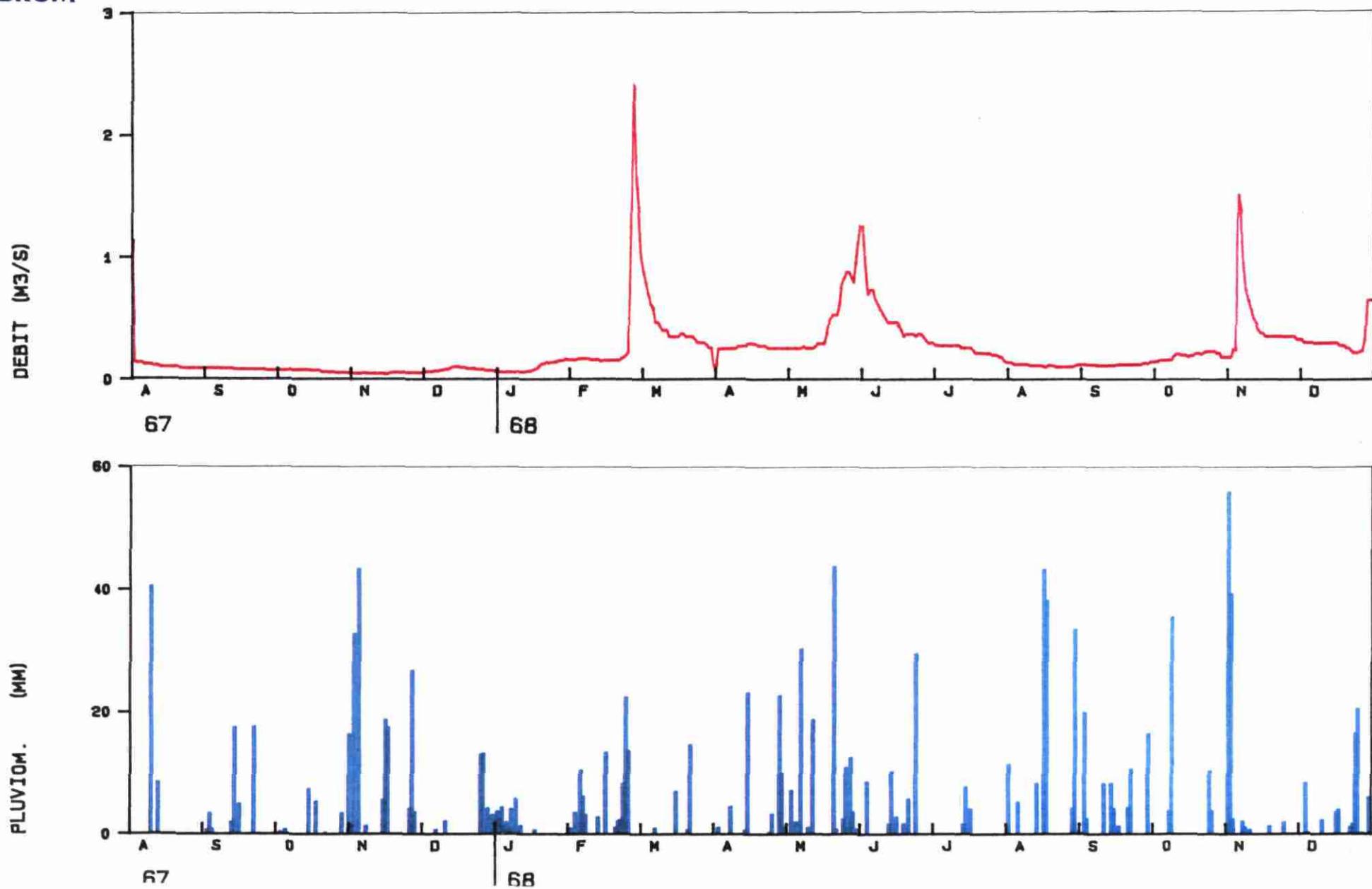
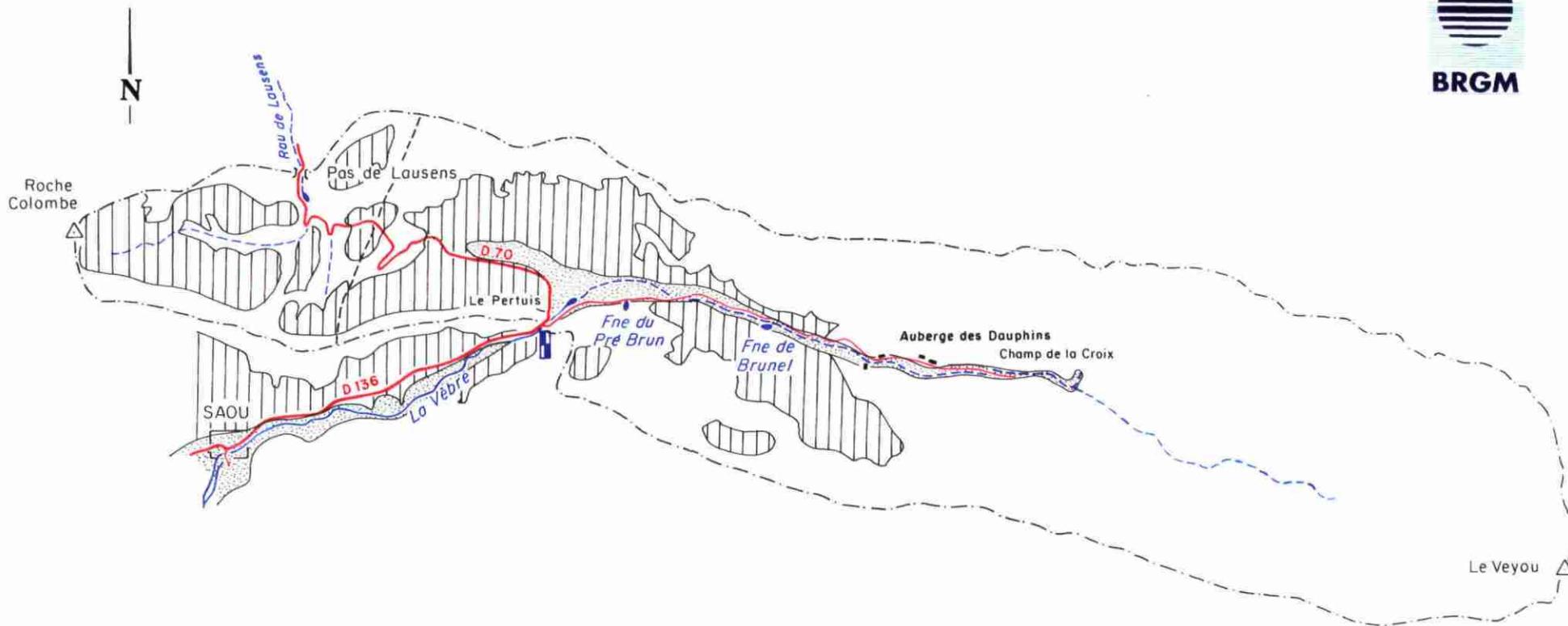


Figure 7

# LIMITES DE L'IMPLUVIUM DE LA FORÊT DE SAOU

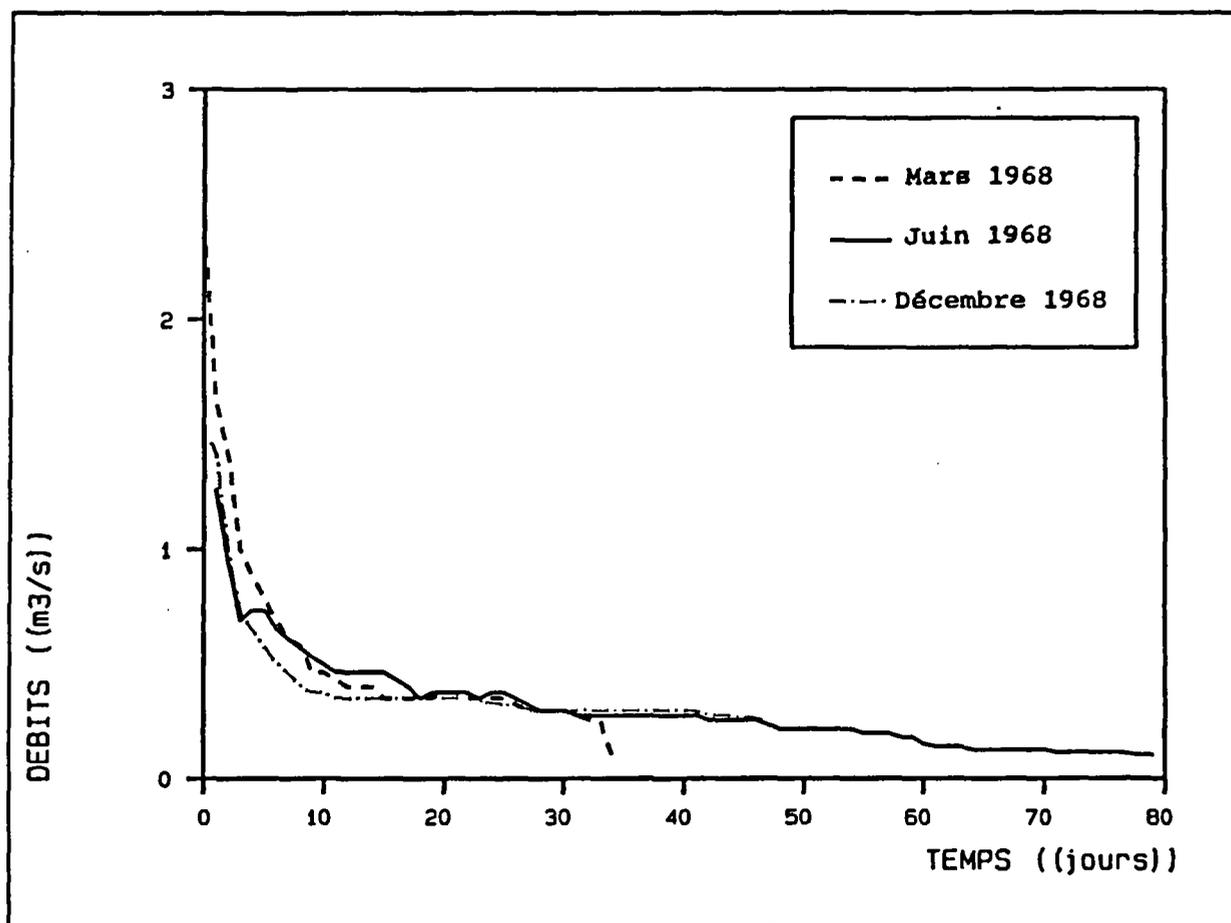
ECHELLE 1/50 000



## LEGENDE

-  Limnigraphe
-  Limite de l'impluvium
-  Bassin versant de surface du Ruisseau de Lausens
-  Eboulis
-  Alluvions

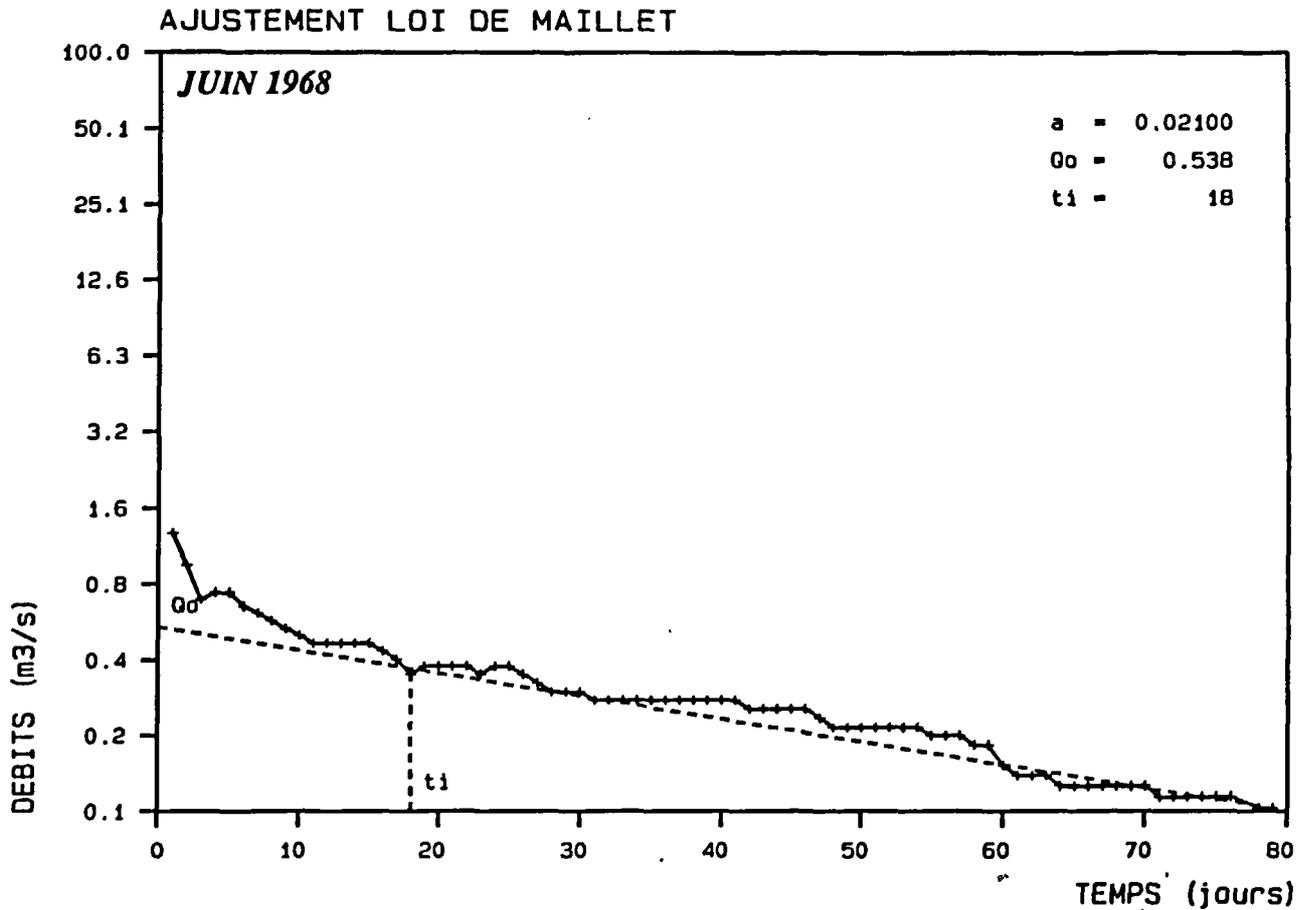
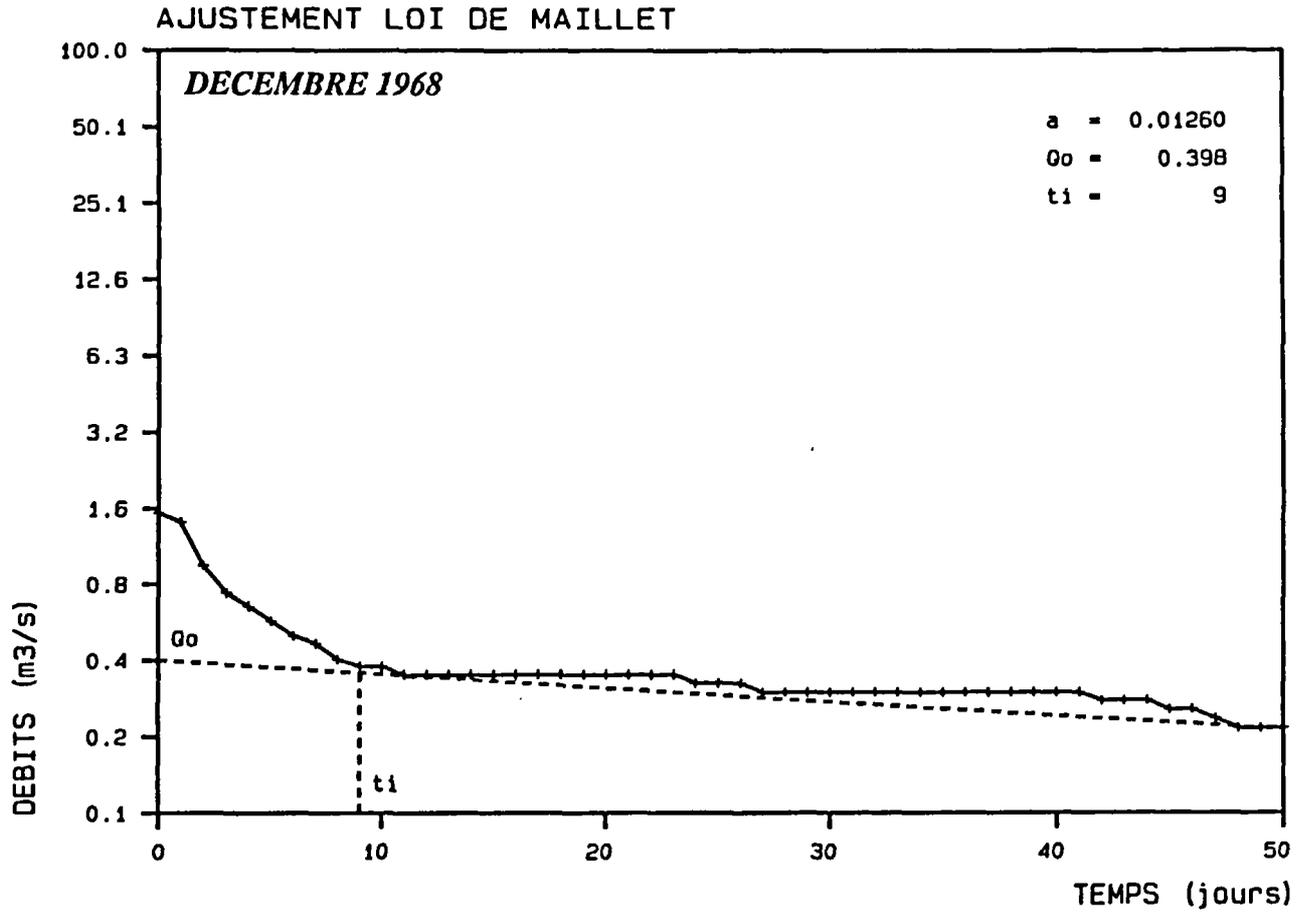
### COURBE DE TARISSEMENT DE LA VEBRE





ANALYSE DES TARISSEMENTS DE LA VEBRE

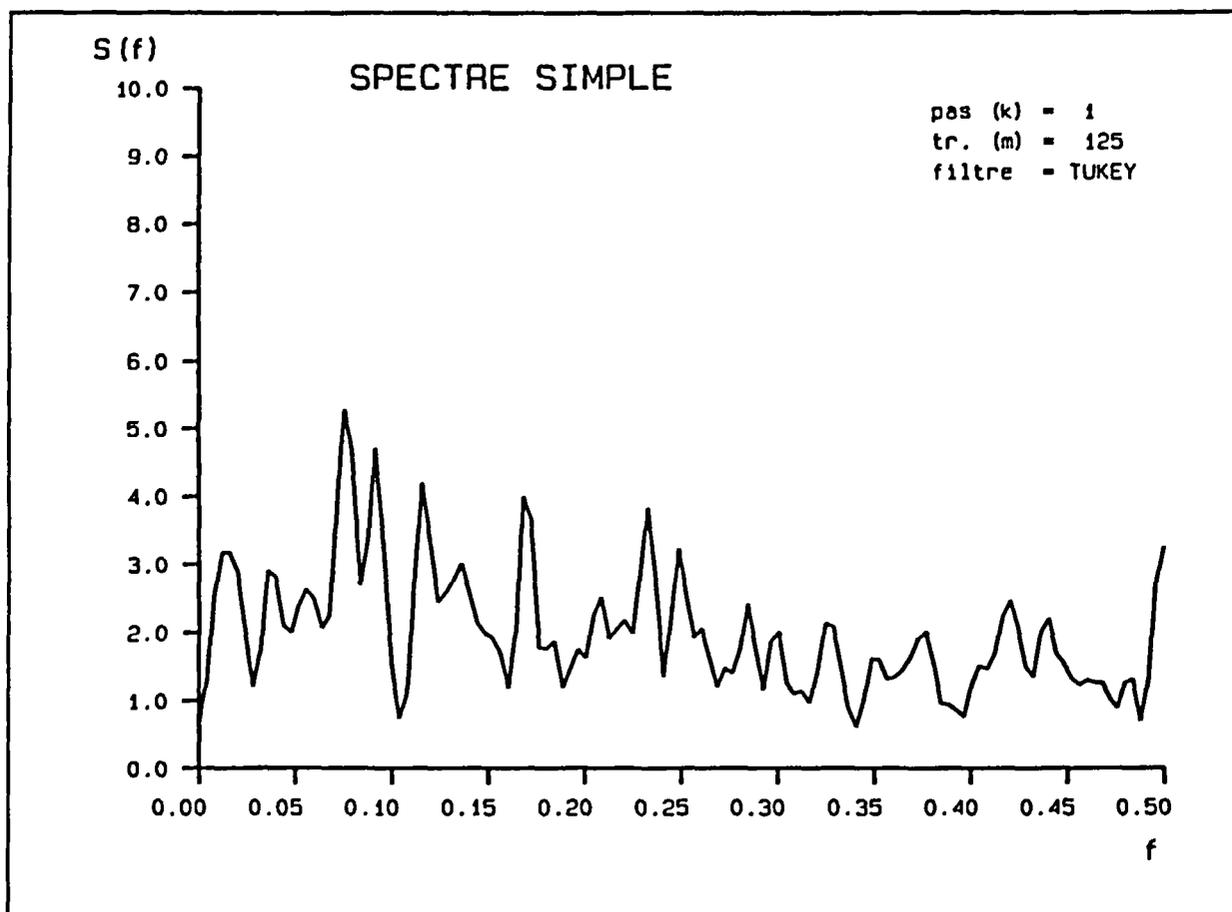
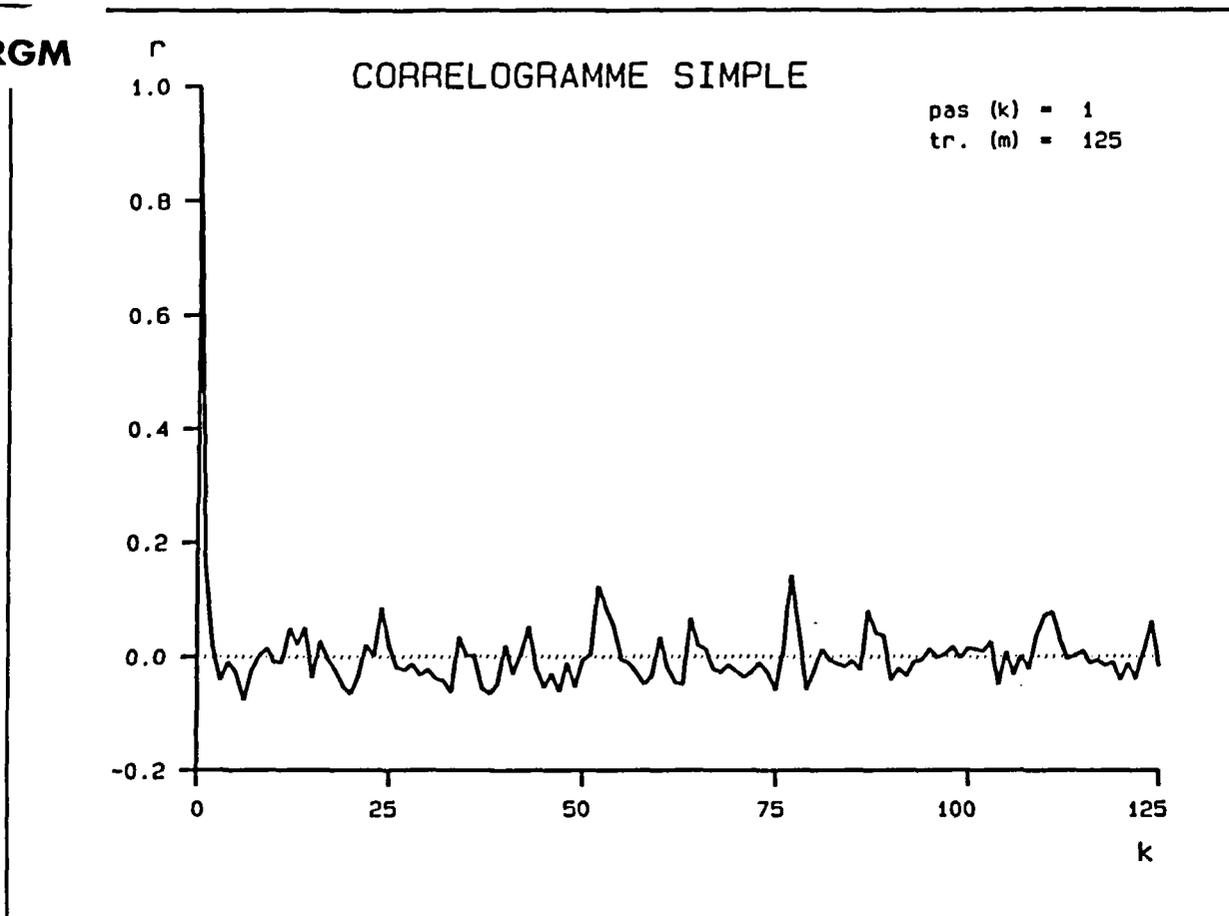
BRGM



ANALYSE SIMPLE DE LA PLUIE A BOURDEAUX



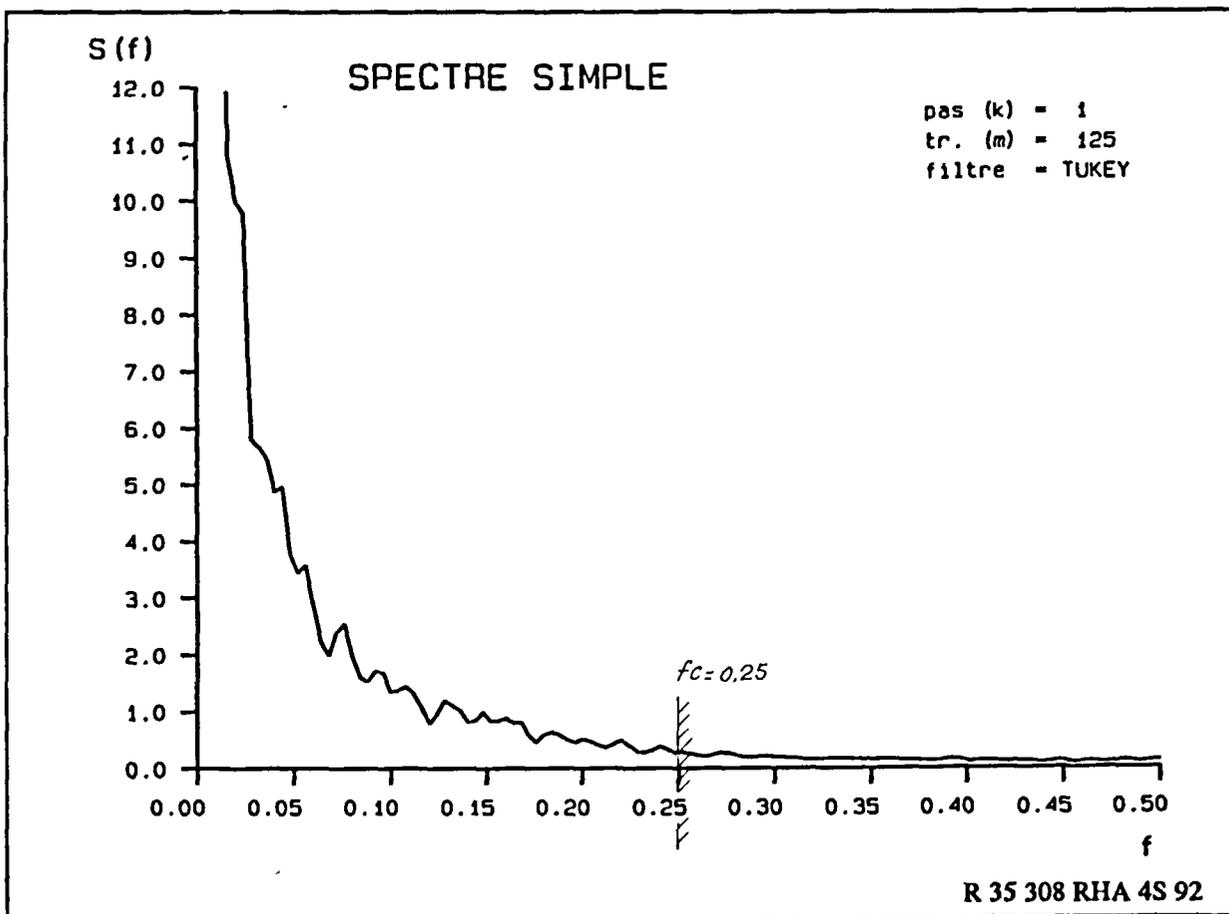
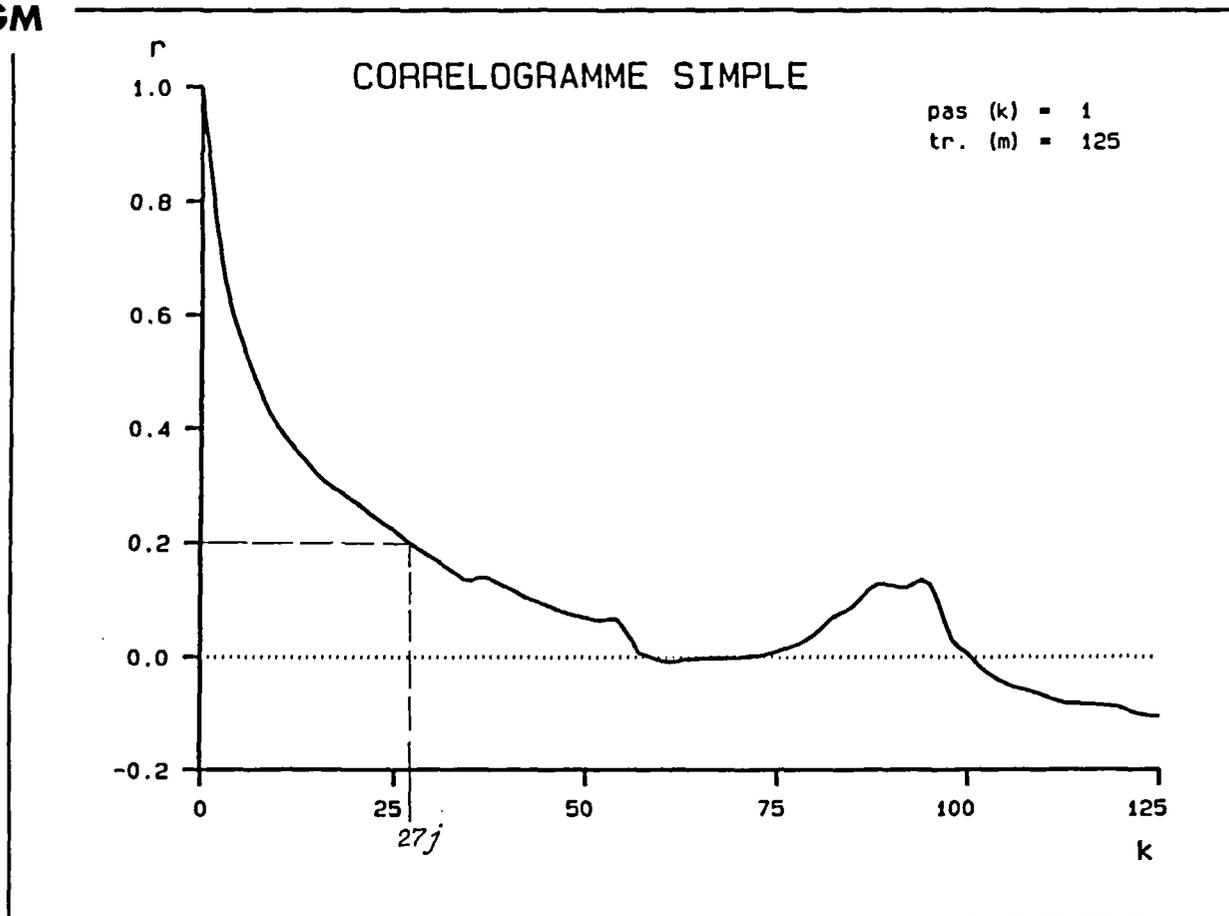
BRGM



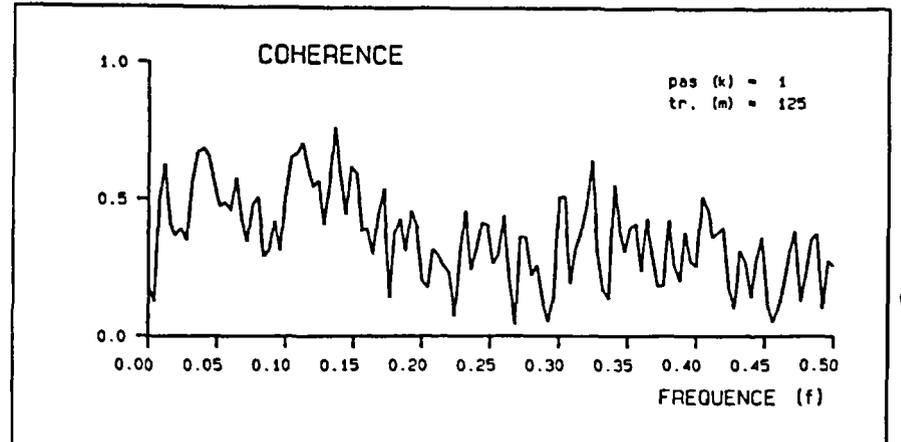
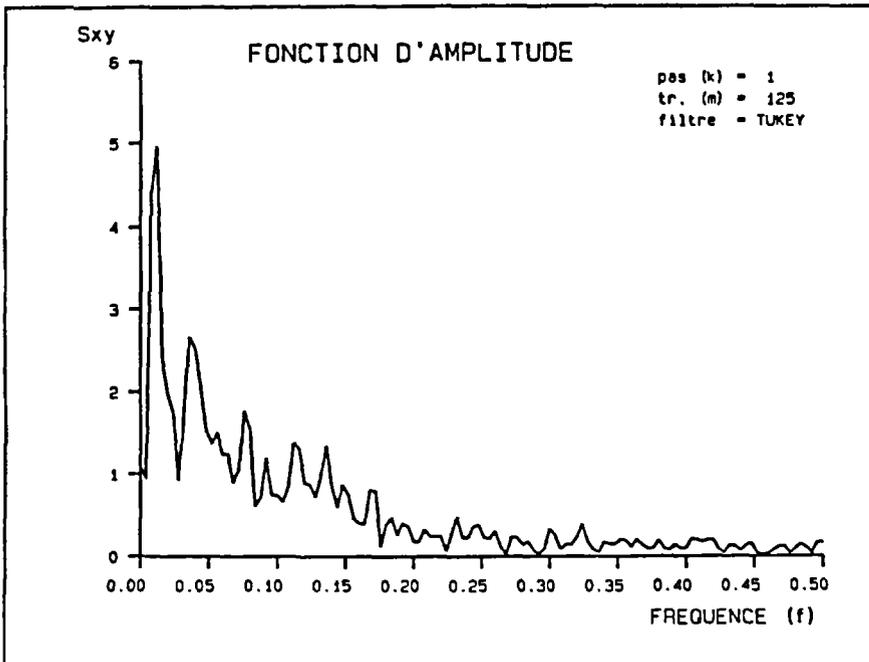
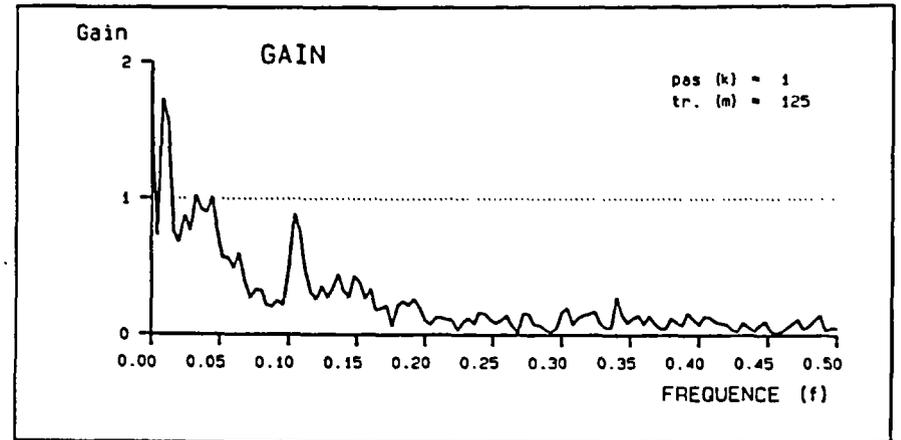
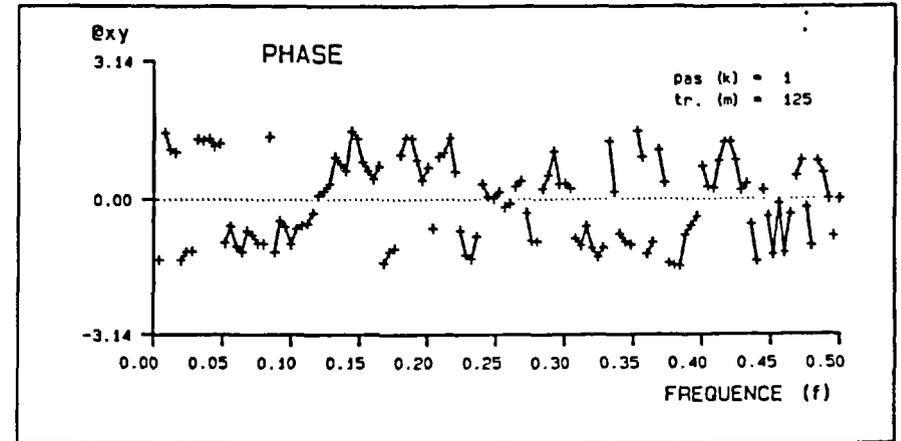
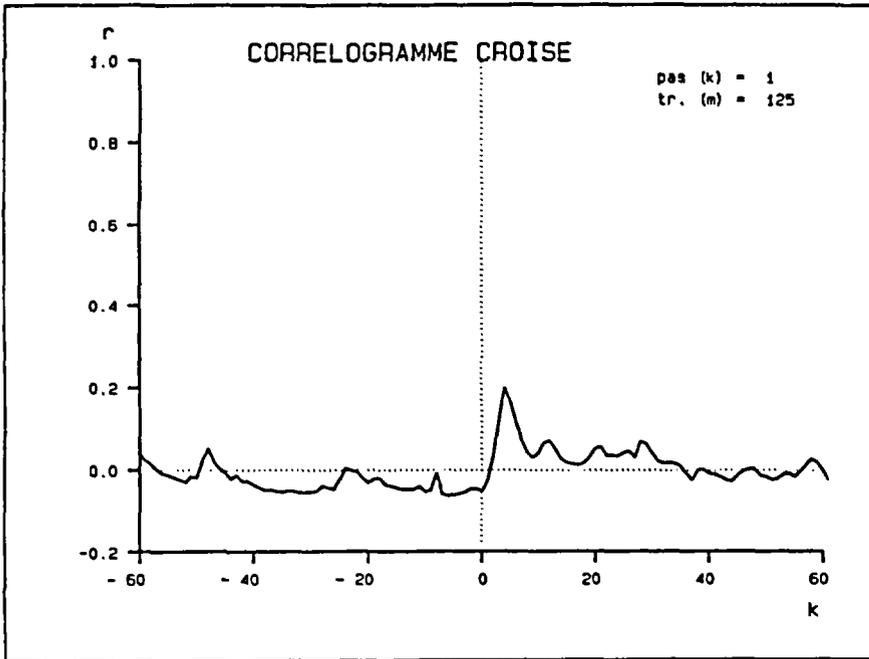


ANALYSE SIMPLE DES DEBITS DE LA VEBRE

BRGM



# ANALYSE CROISEE PLUIE-DEBITS



R 35 308 RHA 4S 92

Figure 13

# TABLEAUX

## PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES A BOURDEAUX

### STATISTIQUES ANNUELLES

Année	EFFECTIFS		S T A T I S T I Q U E S		
	Retenu	Rejeté	Maximum	Somme	Neige
1966	365	0	65.1	963.9	13.9
1967	365	0	43.4	732.1	60.0
1968	364	2	55.8	869.5	27.2
1969	365	0	70.8	895.0	15.5
1970	365	0	54.8	964.1	117.4
1971	363	2	58.8	875.7	39.8
1972	364	2	85.2	982.8	110.8
1973	362	3	48.3	644.1	65.6
1974	364	1	51.7	838.1	69.1
1975	364	1	132.6	1086.2	63.5
1976	363	3	90.2	1002.6	77.9
1977	365	0	87.2	1210.2	52.2
1978	361	4	32.3	685.4	140.3
1979	363	2	70.3	991.5	50.2
1980	366	0	38.3	730.1	116.0
1981	365	0	63.0	956.5	117.6
1982	361	4	96.6	1047.1	2.7
1983	359	6	71.3	776.2	44.0
1984	362	4	55.4	885.1	100.8
1985	360	5	46.6	656.8	109.6
1986	364	1	68.7	885.9	49.9
1987	362	3	77.9	1033.7	101.9
1988	359	7	58.8	1006.8	43.9
1989	364	1	55.6	544.6	0.0
1990	365	0	74.5	807.5	40.8
1991	334	31	70.1	829.2	23.6

### STATISTIQUES MENSUELLES

Mois	Eff.	Moyenne	Maximum	Neige
Janvier	53	52.2	116.6	10.7
Février	53	68.4	224.2	12.4
Mars	53	69.3	176.0	14.1
Avril	53	77.0	248.9	6.9
Mai	53	90.6	204.2	0.3
Juin	53	73.7	201.8	0.0
Juillet	53	45.5	126.3	0.0
Août	53	58.6	144.2	0.0
Septembre	26	80.9	247.3	0.0
Octobre	27	110.5	278.2	0.0
Novembre	53	76.0	253.0	4.7
Décembre	51	63.1	187.9	9.3
MOYENNE		865.7		