

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex – Tél.: (38) 66.06.60

ÉVALUATION DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE
DU DÉPARTEMENT DES BOUCHES-DU-RHÔNE

ÉCHELLE 1/200 000

NOTICE EXPLICATIVE

par

G. DUROZOY



Service géologique régional PROVENCE – CORSE

Domaine de Luminy – route Léon-Lachamp, 13009 Marseille

Tél.: (91) 41.26.04 et 41.24.46

72 SGN 394 PRC

Marseille, décembre 1972

A V A N T P R O P O S

Cette carte hydrogéologique a été réalisée pour le compte du Ministère du développement industriel et scientifique. Le Ministère de l'agriculture (Service régional de l'aménagement des eaux de la circonscription d'action régionale Provence-Corse) a participé au financement de l'édition.

Cet ouvrage résume et synthétise, pour le département des Bouches du Rhône, les données recueillies soit lors de l'Inventaire des ressources hydrauliques de la région économique Provence - Côte d'Azur - Corse effectué pour le Ministère du développement industriel et scientifique et à la demande du Comité technique de l'eau de 1965 à 1972, soit à la suite d'études effectuées pour le compte du Ministère de l'agriculture. Ce travail a été exécuté conformément au programme défini en 1970 pour l'année 1972.

L'efficace collaboration du Professeur Cl. GOUVERNET, qui s'est poursuivie durant toute la réalisation de l'Inventaire des ressources hydrauliques, a apporté un soutien essentiel à l'entreprise.

S O M M A I R E

Avant propos	page	2
Introduction		4
Chapître 1 - Aperçu géographique		5
1 1 - Morphologie		5
1 2 - Hydrographie		5
1 3 - Couverture végétale		6
1 4 - Activité humaine		7
Chapître 2 - Conditions géologiques		8
2 1 - Echelle stratigraphique		8
2 2 - Cadre géologique		8
2 3 - Tectonique		8
2 4 - Structure		9
2 4 1 - Secteur oriental		9
2 4 2 - Secteur occidental		11
Chapître 3 - Climatologie		13
Chapître 4 - Hydrologie de surface		20
Chapître 5 - Hydrogéologie		24
5 1 - Principaux faciès aquifères ou imperméables		24
5 1 1 - Trias		24
5 1 2 - Lias calcaire		24
5 1 3 - Jurassique moyen		24
5 1 4 - Jurassique supérieur		24
5 1 5 - Crétacé inférieur calcaire		25
5 1 6 - Crétacé inférieur marneux		25
5 1 7 - Crétacé supérieur marin grésocalcaire		25
5 1 8 - Crétacé supérieur continental		26
5 1 9 - Eocène inférieur continental		26
5 2 0 - Eocène supérieur continental		27
5 2 1 - Miocène marin		27
5 2 2 - Pliocène		27
5 2 3 - Quaternaire		27
5 2 - Les grands appareils aquifères calcaires		28
5 2 - Les grandes nappes alluviales		32
5 3 1 - La vallée de la Durance		32
5 3 2 - Vallée de l'Arc		33
5 3 3 - Vallée de l'Huveaune		33
5 3 4 - La Crau		34
5 3 5 - La vallée du Rhône de Tarascon à Arles		34
5 3 6 - La Camargue		36
Chapître 6 - Chimie des eaux		37
Chapître 7 - Pollution		41
Conclusions		42
Principales sources des Bouches du Rhône		44

INTRODUCTION

Les limites administratives correspondent en général rarement à des limites géographiques naturelles. C'est cependant le cas pour le département des Bouches du Rhône sauf pour la bordure orientale. Aussi le découpage par département d'une carte hydrogéologique de la Provence - réalisé pour répondre à un besoin formulé en particulier par la Direction Départementale de l'Agriculture - n'est il pas, dans le cas des Bouches du Rhône, trop arbitraire. Néanmoins, la limite entre ce département et le Var partage toute une série d'unités hydrogéologiques.

Cette carte hydrogéologique résume et synthétise les données recueillies, d'une part lors d'études détaillées au 1/50.000 effectuées par le B.R.G.M. sur les Alpilles, les bassins de la Touloubre, de Gardanne, de l'Huveaune et du Beausset pour le Ministère du Développement Industriel et Scientifique, la Crau pour le Ministère de l'Equipement et pour le reste du territoire par des études de synthèse sur documentation effectuées au 1/100 000 par le Ministère de l'Agriculture et éditées par le B.R.G.M. (Etude des ressources hydrologiques et hydrogéologiques du Sud Est).

Les courbes isopiézométriques des nappes alluviales des vallées de la Durance et du Rhône ont été fournies par les études effectuées par l'E.D.F. pour la production d'énergie et la C.N.R. pour l'aménagement de la navigation fluviale.

Les données sur la Camargue sont extraites des études effectuées par la C.N.A.B.R.H.L.

CHAPITRE 1

APERCU GEOGRAPHIQUE

1 1 - Morphologie

Ouvert sur la méditerranée, le département des Bouches du Rhône (superficie 5 400 km²) a des limites géographiques bien définies au Nord (Durance à l'aval de la cluse de Pont Mirabeau) et à l'Ouest (Le Rhône, delta inclus); à l'Est la limite est plus arbitraire et, du confluent Verdon-Durance à la baie de La Ciotat, joint une série de hauteurs (Vautubière, extrémité orientale de la Sainte Victoire, extrémité occidentale de la Sainte Baume) en traversant une série de bassins (ruisseau de Jouques, haut Arc, haute Huveaune).

Géographiquement s'individualisent deux régions bien distinctes: à l'Ouest la Camargue et les plaines de la Basse Durance et de la Crau d'où semble émerger la crête allongée des Alpilles culminant à 490 mètres, à l'Est une zone au relief marqué fait de chaînons calcaires orientés Est - Ouest s'élevant progressivement vers l'Est (1 000 mètres à la Sainte Baume) et isolant des bassins bien individualisés (Gardanne, Aix, Marseille, Etang de Berre).

1 2 - Hydrographie

La Durance et le Rhône limitent au Nord et à l'Ouest le département, la première entre le confluent du Verdon et sa confluence avec le Rhône à Avignon sur 88 km, le second d'Avignon à Arles. A partir de cette ville c'est le petit Rhône, branche ouest du delta, qui sert de limite entourant la Grande Camargue jusqu'à Silveréal (au delà les canaux de Silveréal et de Peccais incluent la Petite Camargue dans le département).

La Durance ne reçoit pas d'affluent remarquable en rive gauche. Le ruisseau de Saint Bachi drainant le bassin de Jouques est peu important.

L'hydrographie des basses terres à l'Ouest du département est artificielle et résulte d'un système complexe de canaux d'alimentation (à partir du Rhône et surtout de la Durance) et de drainage qui sera évoqué plus loin.

L'Arc est le principal cours d'eau du secteur oriental du département. Il naît dans le département du Var, mais son cours se développe presque entièrement dans les Bouches du Rhône. La longueur est de 80 km pour une dénivellée de 320 mètres, la superficie du bassin de 740 km². Les affluents principaux sont, en rive droite la rivière de Vauvenargues et le Valadet et en rive gauche la Luynes et le Grand Valat.

Le cours de la Touloubre, deuxième rivière importante, qui se jette, comme l'Arc, dans l'Etang de Berre, est entièrement inclus dans les limites du département; la longueur est de 65 km pour une dénivellée de 320 mètres. L'affluent principal en rive droite est la Concernade.

L'Huveaune a également son cours presque entièrement inclus dans les limites du département; longueur 46 km pour une dénivellée de 550 mètres (pente forte de 8 mm/m, bassin versant 570 m² - 155 à Roquevaire - 249 à Aubagne. L'affluent principal est le Jarret.

1 3 - Couverture végétale

En dehors des régions irriguées couvertes de vergers et de primeurs, la végétation est méditerranéenne. Le pin domine, chaque année ravagé par les incendies de forêts (la Nerthe, la Fare, Alpilles, Plateau d'Arbois) mais les forêts de chênes (chênes verts mais aussi chênes blancs) sont encore développées (la Trévaresse, Sainte Victoire).

L'olivier est développé mais la culture régresse. La vigne par contre, est cultivée partout (bassin d'Aix et de Gardanne).

1 4 - Activité Humaine

L'Industrie est prépondérante et occupe 1/12 de la population (1.500.000 habitants); elle est groupée autour de Marseille - vallée de l'Huveaune surtout - (produits alimentaires, chimie, métallurgie, bâtiment) et de l'Etang de Berre (Raffineries et Pétrochimie) mais tend à se développer vers le Nord Ouest (Vitrolles), le pôle d'attraction devant être dans un proche avenir Fos Sur Mer.

Les constructions navales de La Ciotat sont situées à la limite Sud Est du département

Les grandes et riches plaines alluviales irriguées de la Basse Durance sont cultivées intensivement (vergers, primeurs, vigne). La Crau en partie irriguée, produit surtout des fourrages, mais les vergers et primeurs sont aussi très développés dans les régions de Lançon et de Salon. Une industrie liée à l'agriculture (confitureries, conserveries, engrais, emballages, machines agricoles) s'est développée tout le long de la Durance et autour de Salon.

L'exploitation des matériaux de carrière et surtout des graviers, dont a besoin le développement urbain, est en pleine expansion autour de Marseille, de Fos et tout le long de la Durance.

Le développement des résidences secondaires (Aix, Est de Marseille, Nerthe, Alpilles, vallée de la Durance) a provoqué celui des industries artisanales liées à ce genre de construction ainsi que des petites entreprises de sondages spécialisées dans la recherche de l'eau.

CHAPITRE 2

CONDITIONS GEOLOGIQUES

2 1 - Echelle stratigraphique

Elle est sommairement définie dans la légende de la carte (cf. géologie), le log schématique joint, et sera reprise lors de la description des ensembles aquifères.

2 2 - Cadre Géologique

Le département des Bouches du Rhône appartient à la Provence calcaire dont il constitue la terminaison occidentale. La région est caractérisée par la succession de plis orientés Est Ouest, en général chevauchant et entre lesquels s'insèrent des synclinaux à remplissage principalement fluviolacustre ou qui ont été envahis par la transgression miocène. Vers l'Ouest, les reliefs s'abaissent et les sédiments quaternaires recouvrent les structures et surtout les bassins synclinaux.

2 3 - Tectonique

Au Nord de reliefs maintenant immergés (prolongement du massif ancien des Maures) des sédiments alternativement marins et lagunaires se déposent au Trias. La transgression est totale à partir du Jurassique et la sédimentation marine se poursuit au Crétacé inférieur. A l'Aptien se manifestent des irrégularités de faciès et les premiers mouvements depuis la phase hercynienne engendrent l'émersion de l'Isthme Durancien.

Au Crétacé supérieur la transgression envahit cet isthme. La surrection générale de la Provence se marque, dès le Campanien, par le développement de faciès lagunaires; l'émersion sera quasi définitive au Maëstrichien. A l'Eocène, des dépôts lacustres et continentaux se développent dans le bassin de l'Arc, tandis qu'à l'Eocène moyen et supérieur se place la phase provençale caractérisée par des accidents tangentiels et le décollement de la couverture. A l'Oligocène une nouvelle phase orogénique

(phase provençale tardive) provoque des affaissements dans lesquels se localisent les bassins oligocènes. Au Miocène l'évolution morphologique se poursuit et, au Pliocène, la physionomie actuelle de la région est acquise. Les calanques se formeront enfin lors de la régression pré-flandrienne.

Ce qui caractérise surtout la tectonique de la région étudiée c'est la présence de massifs anticlinaux, de direction Est-Ouest, toujours asymétriques, avec de forts pendages, souvent déversés soit vers le Nord, soit vers le Sud, parfois même chevauchants sur de longues distances, hachés de failles, de fractures et de décrochements. Ces massifs anticlinaux, essentiellement formés de calcaires ou de dolomies du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur, sont séparés par des synclinaux de Crétacé supérieur ou de Tertiaire.

L'allure tectonique de l'ensemble de la région est essentiellement due à l'orogénèse pyrénéenne, tandis que l'orogénèse alpine ne rajeunissait que les reliefs et plissait les dépôts oligocènes et miocènes.

2 4 - Structure

2 4 1 - Secteur oriental

Du Sud au Nord, les principaux axes structuraux sont les suivants:

- le massif de Carpiagne: c'est un vaste anticlinal à coeur jurassique interrompu à l'Ouest par la grande faille Nord Sud de Luminy qui le sépare du horst anticlinal de Marseilleveyre. Il est relayé au Nord Est par le massif de la Sainte Baume qui est un anticlinal couché et chevauchant vers le Nord (calcaires jurassiques et crétacés).
- La vallée de l'Huveaune correspond à une dépression à allure synclinale à remplissage oligocène.
- Le massif d'Allauch, massif montagneux triangulaire est un horst calcaire (crétacé) limité par un faisceau de failles. Au delà vers l'Ouest

d'un ennoiement sous les argiles oligocènes du bassin de Marseille, le massif de Notre Dame de la Garde se situe dans le prolongement du massif d'Allauch.

- La chaîne de la Nerthe, est un anticlinal de calcaires jurassiques et crétacés allongés d'Ouest en Est, compliqué d'effondrements médians, de charriages à l'Ouest, de chevauchements à l'Est où le pli s'étire et se déverse au Nord de la chaîne de l'Etoile. Celle-ci, qui relaie la chaîne de la Nerthe, est un monoclinal de calcaires crétacés et surtout jurassiques plongeant vers Marseille.
- La chaîne de l'Etoile est elle même relayée vers l'Est par les massifs calcaires jurassiques du Regagnas, de l'Olympe et de l'Aurélien. Ces deux derniers correspondent à des monoclinaux chevauchant vers le Nord, le premier à un bombement anticlinal.
- La vallée de l'Arc correspond à un vaste bassin d'allure synclinale, rempli de sédiments continentaux alternativement calcaires et marneux de la fin du Secondaire et du Tertiaire (Crétacé supérieur, Eocène, Oligocène). Géographiquement, trois bassins distincts s'individualisent : à l'Ouest et à l'Est ceux de l'Etang de Berre et de Gardanne essentiellement crétacés, au centre celui d'Aix uniquement tertiaire.
- Au Nord du bassin de l'Arc, on doit différencier deux domaines distincts dans les reliefs s'étendant jusqu'à la Durance, ceci de part et d'autre d'un important accident d'orientation sensiblement Nord Sud et passant par Aix:
 - . à l'Ouest les collines de la Fare qui dominant l'étang de Berre correspondent à un anticlinal Ouest-Est. Constituées par les assises calcaires du Crétacé inférieur, celles-ci s'ennoient vers l'Est sous des sédiments plus récents (argiles et surtout calcaires de l'Oligocène) appartenant aux assises sommitales de la série tertiaire lacustre du bassin d'Aix (calcaires de la Trévaresse).
 - . au Nord, au delà de l'étroite dépression emplie de sédiments

miocènes de Lambesc-Pélissanne s'étendent des tables de calcaires infracrétacés, supportant des dépôts de molasse tertiaire, et affectées par des mouvements tectoniques qui ont surélevé certains compartiments (massifs de Vernegues et des Costes).

à l'Est de l'accident d'Aix, se succèdent du Sud au Nord et au Nord Est:

- l'anticlinal de Vauvenargues - prolongé par celui de la Sambuc - à coeur liasique, dont le flanc sud, renversé et chevauchant vers le Sud, constitue la crête calcaire de la Sainte Victoire.
 - le synclinal de la Foux de Meyrargues (calcaires crétacés).
 - l'anticlinal jurassique chevauchant au Sud des bois de Concors
 - le synclinal de Jouques, comblé par des sédiments miocènes et sous l'axe duquel pointe le dôme secondaire de la Traconnade (calcaires crétacés).
 - l'anticlinal jurassique de Mirabeau recoupé en cluse par la Durance et qui, à son extrémité orientale, tend à chevaucher au Sud le synclinal de Jouques (montagne de Vautubière).
 - le synclinal calcaire crétacé de Cadarache.
- Au Nord de la vallée de la Durance, dans le département du Vaucluse, la longue chaîne du Lubéron, allongée d'Ouest en Est, correspond à un anticlinal (calcaires jurassiques et crétacés).

2 4 2 - Secteur occidental

Entre la basse plaine de la Durance et la Crau, la chaîne des Alpilles prolonge vers l'Ouest, au delà du seuil de Lamanon, la chaîne des Costes; allongée d'Ouest en Est, cette chaîne correspond à un bombement anticlinal complexe (dolomies et calcaires jurassiques et crétacés) dont les plis faillés sont déversés au Sud pour la partie nord et au Nord pour la partie sud.

Le synclinal médian, effondré, supporte localement une couverture de molasse miocène (rocher des Baux).

Sur le flanc sud les marais des Baux correspondent à une dépression synclinale (crétaçé supérieur et tertiaire) limitée au Sud Est par le bombement anticlinal jurassique de Mouriès.

La plaine de Crau, constituée par des cailloutis, correspond à un cône de déjection de la Durance franchissant à cette époque du quaternaire le pertuis de Lamanon. Les collines tabulaires (molasse miocène) de la région d'Istres, séparent la Crau de l'Etang de Berre. Au Sud Ouest, les cailloutis s'enfoncent sous les limons récents du delta du Rhône.

Au Nord des Alpilles, les grandes plaines de la basse Durance correspondent à des zones très érodées comblées par le matériel détritique alluvial apporté par le Rhône et la Durance. Des pointements crétacés émergent çà et là (Cavaillon, Caumont, Châteaurenard).

Les entablements miocènes, recouverts de cailloutis anciens, de la petite Crau, isolent les deux bassins de Cabannes - Saint Andiol et de Maillanne - Graveson. Ce dernier bassin est séparé du Rhône par la chaîne calcaire crétacée orientée Sud-Ouest - Nord Est de la Montagnette.

CHAPITRE 3

CLIMATOLOGIE

Le climat est essentiellement méditerranéen caractérisé par des hivers doux, des étés chauds et secs et une grande luminosité, des précipitations abondantes mais réparties sur de courtes périodes (printemps-automne). Cependant, l'absence de relief à l'Ouest, la présence à l'Est de chaînons Est-Ouest dont l'altitude augmente progressivement, introduisent certaines particularités: absence de protection contre le Mistral à l'Ouest, augmentation du volume des précipitations et présence d'écrans à l'Est.

Le Mistral, vent de terre, venant du Nord Nord-Ouest, froid et violent, soufflant 100 jours par an, est un facteur climatique prépondérant.

Les vents du Sud Est (Levan) et du Sud Ouest (Labé) ce dernier amenant la pluie, soufflent aussi chacun 80 jours par an.

La valeur moyenne de l'insolation est de l'ordre de 120 journées par an.

Température:

Du fait du rôle de la mer en tant que régulateur thermique, les écarts de température sont nettement plus faibles sur la frange littorale qu'à l'intérieur. La moyenne se situe aux environs de 14°. Le mois le plus froid étant Janvier et le plus chaud Juillet. Les gelées (entre 15 et 45 jours à Tarascon) peuvent être tardives et sont alors redoutables pour les arbres fruitiers.

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES / 1931 - 1960

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE (moyenne)
MARIGNANE	5°7	6°8	10°0	12°7	16°5	20°4	23°0	22°6	19°9	15°1	10°3	7°0	14°2
MARSEILLE	7°0	7°9	10°8	13°3	16°9	20°5	22°8	22°5	19°9	15°4	11°2	8°1	14°7
POMEGUES	8°0	8°4	11°0	13°3	16°4	19°8	22°1	22°1	20°1	16°5	12°4	9°5	15°0
SALON	5°6	6°6	9°8	12°3	16°1	20°0	22°6	22°2	19°4	14°5	9°9	6°7	13°8

TEMPERATURES MENSUELLES : 1966

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
AIX (Galice)MN	4°8	9°5	8°1	12°4	15°4	19°4	19°4	19°6	18°9	15°9	6°4	6°0	12°9
AUBAGNE	6°5	10°5	9°7	13°7	16°8	21°3	21°4	21°4	20°4	17°3	8°2	8°0	14°6
CHATEAURENARD	5°4	10°5	10°4	16°1	19°5	23°0	23°1	22°4	21°7	17°2	7°8	7°3	15°3
ISTRES MN	5°9	10°3	9°7	14°0	17°2	21°4	21°6	21°6	20°5	17°2	7°7	7°6	14°5
MARIGNANE MN	5°9	10°6	10°0	14°3	17°6	21°5	21°9	21°9	20°9	17°7	8°1	7°6	14°8
MARSEILLE OBS.	7°5	11°3	10°7	14°4	17°5	21°5	21°4	21°5	20°5	17°9	9°0	8°9	15°1
PORT SAINT LOUIS	7°3	10°8	9°9	14°0	18°3	21°7	22°0	21°3	20°2	18°0	8°2	8°1	14°9
SAINT MARTIN DE CRAU (Vergière)	5°7	10°3	10°0	13°8	17°4	20°9	21°6	21°4	20°2	16°9	7°3	7°4	14°4
ST PAUL LES DURANCE (CN)	2°7	8°1	6°8		14°7	23°1	19°4	19°2	22°8	14°2		6°1	
SALON MN	5°1	9°9	9°0	13°2	16°6	20°0	20°7	20°7	19°4	16°5	7°2	7°2	13°7
TARASCON	6°8	11°2	10°2	14°6	18°0	19°2	21°9	22°1	20°8	16°7	8°		
ARLES (ville)	6°1	9°9	10°2	15°7	18°3	22°8	22°9	22°5	22°2	18°3	7°4	7°4	15°3
LA CIOTAT PV	7°3	10°0	10°7	14°2	16°6	20°9	21°1	*20°1	20°4	17°6	9°8	9°5	14°8*
GARDANNE	3°4	8°6	7°5	10°3	15°7	19°5	20°1	19°9	18°2	14°3	4°6	4°5	12°2
MARTIGUES (Cap Couronne) SEM	7°2	11°1	10°6	14°1	17°4	21°7	21°5	20°9	20°8	17°8	8°4	8°6	15°0

* La Ciotat (P.V.)
complété avec La
Ciotat sémaphore

Précipitations:

Les pluies sont souvent apportées par les vents d'Est ou du Sud Est et quelquefois d'Ouest; elles tombent en grosses averses au printemps et surtout à l'automne. Le régime annuel et pluriannuel est souvent irrégulier (sur 30 années, l'année la plus sèche a vu tomber 447 mm la plus humide 1.065 mm).

Les orages sont violents, la sécheresse est plutôt due à l'irrégularité des précipitations qu'à leur faiblesse.

La lame d'eau augmente de l'Ouest vers l'Est en relation avec la configuration du relief: le plateau de la Touloubre est plus arrosé que la vallée des Baux et la Sainte Baume l'est encore plus.

HAUTEURS MOYENNES DES PRECIPITATIONS 1931 - 1960 (en mm)

STATIONS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
AIX	MN	50	33	48	47	55	35	15	40	75	78	75	70	621
AUBAGNE		67	44	58	52	58	28	15	39	69	89	104	90	713
GARDANNE		56	38	53	49	53	32	16	34	62	90	88	82	653
GREASQUE		56	43	58	53	60	35	19	38	73	112	105	89	741
JOUQUES		49	36	46	49	61	40	20	39	66	86	85	69	646
MARIGNANE	MN	43	32	43	42	46	24	11	34	60	76	69	66	546
MARSEILLE	Obs.	51	35	49	46	53	29	14	33	69	89	86	78	632
TRETS		53	40	53	50	61	32	16	36	64	92	105	78	680
ARLES (ville)		47	34	55	48	52	33	15	42	90	86	84	81	667
SALIN DE GIRAUD		45	24	47	36	42	23	11	30	61	83	72	69	543
ISTRES		43	30	48	44	44	27	14	35	58	78	72	70	563
ST MARTIN DE CRAU		43	32	39	42	52	31	12	37	70	86	83	68	595
AIX (Galice)	MN	50	35	50	50	60	40	20	45	75	85	80	75	665
BEC DE L'AIGLE SEM		60	40	50	45	50	30	8	30	70	95	80	78	636
MALLEMORT		45	40	50	55	70	40	20	45	75	85	85	75	685
St PAUL LES DURANCE		50	37	48	50	65	40	20	40	67	88	85	70	660
SALON DE PROVENCE MN		43	35	46	43	51	31	16	38	70	78	77	68	596

HAUTEURS DES PRECIPITATIONS : 1966 (en mm)

STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
ARLES	43,9	80,5	1,9	86,6	42,6	22,1	42,3	41,8	28,3	129,2	66,6	10,2	596,0
ISTRES	34,6	78,4	2,4	49,0	23,8	28,2	55,3	27,1	48,2	91,5	65,8	11,7	516,0
PORT SAINT LOUIS	19,1	78,7	3,2	59,1	22,3	7,5	8,5	60,9	90,8	104,7	58,8	10,8	524,4
SALON	42,1	107,0	2,4	56,1	21,2	32,3	34,2	27,0	42,0	92,6	86,1	14,8	557,8
MARTIGUES (Cap Cou- ronne)	47,0	109,1	2,4	38,7	20,1	10,9	9,1	52,2	35,5	94,6	41,3	11,1	472,0
MARIGNANE MN	44,1	98,6	2,1	39,4	25,1	21,9	15,1	26,7	43,4	103,4	111,6	15,8	547,2
MARSEILLE (obs)	47,4	109,0	2,7	75,6	25,7	15,2	8,0	30,4	44,3	149,7	86,9	16,9	611,8
LA PENNE/HUVEAUNE	44,4	139,9	1,0	101,2	28,1	8,0	0,0	18,9	37,9	149,2	77,6	29,8	636,0
AIX MN	39,6	127,7	2,9	45,1	24,1	63,9	18,4	38,3	23,0	125,8	103,5	15,8	628,1
AUBAGNE	44,5	168,3	3,2	83,9	22,7	20,1	12,1	19,9	50,5	113,4	114,1	30,9	683,6
BERRE (salins)	36,3	107,0	2,3	41,0	26,1	23,8	16,7	51,5	39,2	92,8	55,6	16,7	509,0
GARDANNE	34,0	132,2	3,1	62,3	24,7	16,4	12,1	21,1	47,9	150,9	107,6	26,9	639,2
CHATEAURENARD	35,3	69,7	1,4	52,9	36,3	10,1	47,4	34,0	21,6	147,3	63,7	13,6	533,3
St MARTIN DE CRAU (Vergièrre)	36,2	72,8	2,3	50,4	22,4	25,6	26,1	39,7	46,7	133,6	68,7	10,1	534,6
St PAUL LES DURANCE (L.N.)	40,7	98,2	*0,7	76,4	76,1	*41,4	22,4	16,9	26,5	58,3	*97,2	20,1	574,9 *
TARASCON	37,6	116,4	2,5	74,8	41,5	28,4	56,3	39,0	24,0	110,9	62,0	8,5	580,3
LA CIOTAT PV	42,0	*117,4	2,1	73,5	*23,7	*4,8	6,8	*24,6	24,5	110,3	137,0	10,3	577,0 *

*La Ciotat (P.V.) complété avec La Ciotat (Sémaphore du Bec de l'Aigle)

*Saint Paul les Durance (Cadarache Centre Nucléaire) complété avec Saint Paul les Durance (Cadarache E.D.F.)

QUELQUES VALEURS DE L'EVAPOTRANSPIRATION EN MM

	FORMULE THORNTHWAITE		FORMULE TURC	PERIODE OU ANNEE
	Potentielle	Réelle	Réelle	
MARIGNANE	769	472		1931 - 1960
MARSEILLE	788	527		1931 - 1960
AUBAGNE	758	522		1891 - 1930
			515	1936 - 1965
ISTRES	684	454	435	1891 - 1930
PORT SAINT LOUIS	812	465	504	1891 - 1930
ARLES	773	567	565	1891 - 1930
SALIN DE GIRAUD	792	501	504	1891 - 1930

CHAPITRE 4

HYDROLOGIE DE SURFACE

La Durance:

Le régime des rivières est méditerranéen; bien des petits cours d'eau sont taris en été et les rivières sont caractérisées par des étiages très bas et des crues violentes. La Durance, la plus importante, était à ce titre considérée autrefois comme un des trois fléaux de la Provence (les deux autres étant le Parlement et le Mistral). Elle n'avait pourtant pas qu'un rôle devastateur et dès le XIII e siècle (canal de Sénas) les dérivations du cours d'eau étaient entreprises pour l'irrigation des basses plaines. Au XVI e l'oeuvre d'Adam de Craonne permettait d'acheminer l'eau hors du bassin (irrigation de la Crau). Au XIX e sous Napoléon III l'eau arrivait à Marseille et 75.000 ha sont irrigués maintenant dans les Bouches du Rhône et le Vaucluse. L'aménagement du bassin pour la production d'énergie électrique assure actuellement la régularisation du cours sans diminution des surfaces irriguées.

Sur un cours de 300 km, la Durance limite le département des Bouches du Rhône sur 90 km. La superficie du bassin versant au Pont Mirabeau (cote 242) est de 12.000 km², dont 2.200 pour le Verdon (altitude moyenne 1.300 m, précipitations moyennes 700 mm); au confluent (cote 13) le bassin versant dépasse 14.000 km².

La pente de la rivière est forte (6 fois celle du Rhône, 3,3 m/km au Pont Mirabeau, 2,7 au Pont de Cavailhon, 1,9 au confluent).

Pour les Bouches du Rhône, la superficie des bassins de rive gauche est de 875 km² (non compris le petit bassin du Labéou) se décomposant comme suit: Châteaurenard 225, Cabannes Saint Andiol 180, Sénas 57, Charleval 116, Peyrolles 296).

Avant l'aménagement du bassin, le débit, au Pont de Mirabeau, variait entre 35 et 6.000 m³/s (cruée de 1886). Le débit moyen était de 190m³/s. Depuis les aménagements EDF, on estime la crue possible à 4.000m³/s.

Les aménagements EDF ont modifié les systèmes de prise des canaux de dérivation mais les débits n'ont pas varié.

Ils sont les suivants pour le département des Bouches du Rhône (1)

CANAUX	LONGUEUR (KM)	SURFACE CORRIGEE (HA)	A.E.P.	DEBIT m ³ /s
de Peyrolles	28	1.100		2,850
de Marseille	190	5.000	Marseille	15,118
de Craponne	135	19.000		23,638
des Alpines Méridionales		14.000		16,210
des Alpines Septentrionales (Mallemort)	70			12,527
des Alpines Septentrionales (Noves)	45			6,740
du Moulin de Sénas	7	545		1,553
des Quatre Communes	27	2.600		2,201
de Châteaurenard	10	130		1,565

- (1) Débit dérivé en Vaucluse (canaux de Cadenet, mixte, Saint Julien Crillon, l'Hôpital, Puy) 31 m³/s: 20.000 ha .

L'irrigation des basses terres impose corrélativement un drainage; celui-ci est assuré par un système complexe de canaux, certains ouvrages fonctionnant d'ailleurs alternativement en irrigation ou en drainage.

L'Anguillon draine les Paluds de Noves et la plaine de Saint Andiol; le débit est de 1,2 à 5 m³/s.

Le canal du Viguerat collecte les eaux de la plaine de Maillane; le débit est de 3 m³/s (bassin de 19.300 ha).

Le canal du marais des Baux draine 23.000 ha de bassin.

La Crau (60.500 ha) est drainée par un système de canaux.

Le canal d'Arles à Bouc (canal de navigation) est en définitive l'émissaire unique des trois derniers bassins.

Le Rhône:

Entre Avignon et Arles, le cours appartient presque exclusivement au département du Gard. L'altitude est de 4 m à Aramon à l'aval du confluent de la Durance, de 3 m à Arles.

Le débit du grand Rhône à Arles en 1966, a varié de 500 à 5.200 m³/s. Le débit du Petit Rhône est réduit (16/100 du fleuve).

Entre Petit Rhône et Grand Rhône, dans les terres salées de Camargue au nord des grands étangs, le développement de la culture du riz a récemment modifié le régime hydraulique. Les énormes quantités d'eau dérivées pour son irrigation (de 22.000 à 40.000 m³/ha besoins estimés à 380 millions de m³/an) entraînent une dessalure progressive des terres et des étangs.

L'Arc:

La superficie du bassin versant est de 740 km (dont 300 pour le bassin de Gardanne). Dans sa partie inférieure, le débit moyen de l'Arc est de 5 m³/s, le débit d'étiage de 1 m³/s et le débit de crue de 700 m³/s. Un bilan établi sur la période de Mars 1968- Avril 1969 donne pour la partie supérieure du bassin (bassin de Gardanne) les éléments suivants: superficie 300 km², précipitations 870 mm. Débit spécifique 3,7 l/s/km²

Déficit d'écoulement 748 mm. A Aix, pendant la même période le débit minimum est de $0,280 \text{ m}^3/\text{s}$, le débit maximum de $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'Infernet (ruisseau de Vauvenargues) et la Torse (affluent de rive droite) ont des débits moyens de $0,2$ et $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. (crues de 20 et $30 \text{ m}^3/\text{s}$). Le ruisseau de Luynes, affluent de rive gauche à un débit moyen de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (crues de $20 \text{ m}^3/\text{s}$).

L'Huveaune (bassin versant de 570 km^2) a son plus fort débit en amont d'Aubagne (dérivation de canaux à l'aval de Roquevaire). Pour la période 1964-1966, le débit moyen en ce point est de $0,93 \text{ m}^3/\text{s}$ (6 l/s/km^2 , lame d'eau de 189 mm). Les crues dépassent $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le Jarret affluent principal de rive droite à un débit moyen de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (étiage $0,2$, crues de $50 \text{ m}^3/\text{s}$).

La Touloubre n'a jusqu'à La Barben qu'un débit d'étiage insignifiant ($0,10 \text{ m}^3/\text{s}$). A l'aval le débit moyen est de $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Les crues peuvent dépasser $80 \text{ m}^3/\text{s}$.

Son affluent principal, la Concernade a un débit moyen de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ et des crues de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

CHAPITRE 5

HYDROGEOLOGIE

5 1 - Principaux faciès aquifères ou imperméables

5 1 1 - Trias:

Ses affleurements sont réduits et toujours très tectonisés (vallée de l'Huveaune entre Pont de l'Etoile et Saint Zacharie, et à la Valentine, bordure nord orientale du massif du Garlaban, bordure nord de la chaîne de l'Etoile).

Le Muschelkalk à l'état de lames calcaires, renferme des nappes localisées alimentant de petites sources (la Pible à Simiane) ou des puits.

Dans le Keuper, dans l'ensemble imperméable, (argiles dominantes) les dolomies ou cargneules intercalées peuvent être le siège de circulations d'importance réduite.

5 1 2 - Lias calcaire:

Il n'affleure qu'à l'Est d'Aix dans la vallée de l'Infernet (Vauvenargues). Il est très redressé et écaillé. Il ne nourrit pas de source notable dans cette vallée, mais paraît participer à l'alimentation du système thermal d'Aix.

5 1 3 - Jurassique moyen (marnes et marnes calcaires)

Il est imperméable (vallée de l'Infernet - Vauvenargues)

5 1 4 - Jurassique supérieur (calcaire dolomitique)

La série très épaisse (plus de 500 mètres) affleure en de grands massifs à morphologie karstique constituant de grands ensembles aquifères (Sainte Baume, Olympe, Aurélien , Regagnas, Sainte Victoire, Bois de Pourrières, Vautubière) dans le secteur oriental du département.

Dans l'Ouest les massifs sont très réduits (Mouriès au Sud des Marais des Baux et Opies dans les Alpilles).

5 1 5 - Crétacé inférieur calcaire

Série calcaire également très épaisse (1.500 mètres) où il faut distinguer deux ensembles:

- la partie inférieure (Berriasien, Valanginien, Hauterivien inférieur et moyen) comprend des calcaires ou marno calcaires avec deux intercalations de calcaires très argileux au Valanginien et à l'Hauterivien moyen (donnant toujours une zone déprimée dans la topographie)
- la partie supérieure est entièrement calcaire (Hauterivien supérieur et Barrémien à faciès urgonien)

Le Crétacé inférieur, comme le Jurassique, affleure en massifs étendus, la morphologie karstique étant développée surtout dans l'Urgonien; ces massifs constituent des ensembles aquifères très importants (Alpilles, Chaîne de la Fare, Chaîne des Costes), incluant le plus souvent la série jurassique (massif des Calanques, massif de Sainte Victoire, Bois de Concors, Nerthe, Etoile, Garlaban). Au sein de grands ensembles les intercalations argileuses de la base de la série ne sont pas assez développées pour constituer des écrans compartimentant les circulations. Par contre, quand une de ces intercalations argileuses est responsable, dans la topographie, d'une zone déprimée suffisamment étendue, elle peut permettre la circulation d'une petite nappe perchée au sein des alluvions peu épaisses qui recouvrent les marnes et marno calcaires (Sud Est de Pélissanne par exemple).

5 1 6 - Crétacé inférieur marneux

Marnes noirâtres de l'Aptien inférieur; imperméables (Le Rove, Simiane, Cassis).

5 1 7 - Crétacé supérieur marin grésocalcaire

Il affleure peu et surtout dans la partie méridionale du

département:

- A Cassis la corniche calcaire gréseuse cénomaniennne - 60 à 100 mètres - nourrit quelques petites sources dans la région de La Bédoule; au sein du plateau calcaire turonien et coniacien de la Belle Fille - 200 à 250 mètres - (passant au Sud à des faciès détritiques gréseux et conglomératiques) existent des circulations de type karstique qui ont été atteintes par sondage à Ceyreste, mais sont drainées en mer.

- Sur le pourtour de l'Etang de Berre (bordure méridionale de la chaîne de la Fare, Martigues) les grès du Turonien supérieur et les calcaires à Rudistes et marnes sableuses du Santonien peu épais sont peu aquifères. Une cavité creusée au dessous du niveau de la cote du niveau hydrostatique entre Martigues et Lavera pour le stockage souterrain de gaz, n'a pas donné lieu à des venues d'eau importantes.

5 1 8 - Crétacé supérieur continental

Alternance (400 à 700 mètres) de séries calcaires et argileuses, constituant l'essentiel du bassin de Gardanne mais affleurant également à l'Est de l'Etang de Berre et sur les deux versants des Alpilles. Le Valdo-Fuvélien (alternances de bancs calcaires et de marnes) est aquifère quand il est tectonisé (venues d'eau des anciennes exploitations de lignite de Gréasque).

Le Bégudien, alternance de calcaires et de marnes, est aquifère (Source de la Grande Bastide à Fuveau - 20 l/s -). A l'Est du bassin, les calcaires passent à des grès en lentilles qui sont peu aquifères; les conglomérats argileux au Nord de Martigues le sont encore moins. Au sein des argiles rouges rognaciennes une assise calcaire est aquifère (calcaires de Rognac).

Les poudingues,équivalent latéral de la dernière formation, sont localement aquifères (source de Roques Hautes au Nord de Beaurecueil).

5 1 9 - Eocène inférieur continental - 250 à 350 mètres - (Montien à Lutétien). Il est constitué par une alternance d'argiles et de calcaires; ces derniers donnent des "barres" dans la topographie (calcaires de Vitrolles et de Meyreuil, de Saint Marc et de Langesse) alimentant quelques petites sources (autour du plateau du Cengle).

Quand ces calcaires forment de grandes surfaces tabulaires, il sont aquifères (plateau d'Arbois sources de l'Infernet (200 l/s) et de Sainte Marthe.

5 2 0 - Eocène supérieur continental; - Lattorfien Stampien et Aquitanien (Oligocène) - 400 mètres à Aix, 1.000 mètres à Marseille - La série comble les bassins d'Aix et de Marseille; elle comprend à la base (Lattorfien) des calcaires en plaquettes, aquifères mais affleurant peu, des argiles épaisses imperméables (argiles des Milles et de l'Estaque, du Stampien) des calcaires en plaquettes à intercalations gypseuses peu perméables (gypses d'Aix). Dans le bassin de Marseille des conglomérats lenticulaires sont intercalés dans des argiles donnant lieu à de faibles circulations d'eau.

Le sommet de la série est fait de calcaires peu épais, mais affleurant largement au Nord Ouest d'Aix (Massif de la Trévaresse) et constituant un appareil aquifère important.

5 2 1 - Miocène marin (Burdigalien, Helvétien - 100 à 150 mètres-)

Il est constitué par une alternance de grès coquilliers (molasses) perméables et de marnes ou argiles grises plus ou moins sableuses imperméables. Chaque assise molassique est le siège de circulation alimentant de faible débit (Massif de Vernegues, bordure ouest de l'Etang de Berre).

5 2 2 - Pliocène

Les marnes et argiles du Plaisancien marin (imperméables) n'affleurent qu'en rive droite du Rhône mais elles sont présentes sous la Crau. L'Astien (argiles grès et conglomérats argileux) est imperméable ou très peu perméable.

5 2 3 - Quaternaire

Les formations quaternaires sont très diversifiées.

On peut distinguer:

- les alluvions anciennes (villafranchiennes, rissiennes, ou wurmiennes) Petite Crau de Saint Rémy, Grande Crau.
- les éboulis cryoclastiques en bordure des reliefs (Alpilles, Chaîne de la Fare etc...)
- les hautes terrasses des vallées et les cônes de déjection
- les alluvions récentes et basses terrasses des vallées (Arc, Durance, Rhône)
- les alluvions récentes du delta du Rhône.

Toutes ces formations sont très perméables (sauf celles du delta qui le sont peu) et sont le siège de circulations importantes et de nappes étendues.

5 2 - Les grands appareils aquifères calcaires

Massif des Calanques: (dôme de Carpiagne - Jurassique et Crétacé inférieur)
Le point de drainage essentiel est constitué par les résurgences sous-marines de la région de Cassis (Bestouan, quai de chargement de la calanque de Port Miou, rivière souterraine de Port Miou). D'autres sources sous-marines de moindre importance existent le long de la côte des calanques. Enfin, des critères hydrochimiques appuient l'hypothèse vraisemblable d'un drainage partiel par les alluvions de l'Huveaune dans la région de La Barasse.

Le bassin d'alimentation s'étend vers le Nord Est au delà des limites du département (Cuges les Pins). Des essais de coloration ont montré la liaison entre les embuts de Coulin (bordure méridionale de la plaine d'Aubagne) et les sources de Port Miou (1).

Massif du Garlaban (Crétacé inférieur)

Il ne présente pas d'exutoire notable à sa périphérie mais des circulations importantes existent dans les calcaires triasiques de la Valentine qui paraissent ainsi constituer un point de drainage. D'autre part, il est vraisemblable que l'accident sud-ouest - nord-est qui affecte l'Oligocène

entre la Valentine et le massif de Notre Dame de la Garde, favorise l'acheminement de circulations vers la source chaude de Palm Beach (extrémité nord de la plage du Prado).

Massif de la Sainte Baume (Jurassique)

L'exutoire essentiel est constitué par les sources du vallon de Saint Pons à Gémenos (entre 10 et 80 l/s).

D'autres petites émergences existent au pied du massif de Roqueforcade au dessus de Saint Jean de Garguier (ruisseau de Riou, source Saucette). Les contreforts sud de la Sainte Baume entre Gémenos et Cuges sont vraisemblablement inclus dans l'impluvium des sources de Port Miou.

Massif de l'Etoile et chaîne de la Nerthe (Jurassique et Crétacé inférieur)

Ce grand ensemble calcarodolomitique n'a pas de résurgences connues (1) mais deux ouvrages souterrains qui l'ont traversé ont rencontré de très importante venues d'eau, ce sont:

- la galerie d'exhaure minier du bassin houiller de Gardanne dite "galerie de la mer" qui, vers la cote + 5, collecte environ 500 l/s (alimentation de secours de la ville de Marseille utilisée lors des périodes de chômage du canal)
- le tunnel du Rove qui, à la cote -2, collecte une venue d'eau de l'ordre de 500 l/s.

La chaîne de la Nerthe, comme le massif des Calanques, présente certainement des exutoires en mer. Le long de la cote (CARRY le Rouet, Sausset) des sondages (Société des Eaux de Marseille) ont mis en évidence les circulations dans les calcaires.

Chaîne de la Fare - massif de La Barben (Crétacé inférieur)

Cet ensemble calcaire présente deux exutoires importants:

- la source de Calissanne sur la bordure sud (500 l/s) qui présente la particularité d'être légèrement chlorurée) et,
- la source de la Dane (ou Adane) près de La Barben (110 l/s).

D'autre part, de petites résurgences issues de cet ensemble, existent dans l'Etang de Berre près de Saint Chamas. Enfin, un certain drainage souterrain

(1) Sur le flanc nord du massif de l'Etoile, une écaille chevauchante nourrit de petites émergences (Le Verger près de Simiane).

doit s'effectuer par les alluvions de bordure (vallée de la Touloubre) entre Salon et Lançon.

Massif des Costes:

Il ne présente que deux exutoires connus:

- sur sa bordure occidentale, les sources de Richebois, du Mas Faure (50 l/s) et des Aubes (50 l/s) cette dernière captée pour Salon).
- sur sa bordure nord, les sources de la Grand Font à Alleins (2 l/s) des Carlats (15 l/s) et de Château Bas (15 l/s) à Cazan.

L'essentiel du drainage s'effectue donc vers l'Ouest et il est vraisemblable que le débit des sources ne représente pas le total des résurgences, mais qu'un drainage s'effectue par les alluvions de la Crau. De même au Nord, dans la région de Charleval, un drainage doit s'opérer dans les alluvions de la Durance.

Massif de Sainte Victoire - Bois de Pourrières (Jurassique-Crétacé inférieur)

Cet important massif calcaire dolomitique est séparé en deux unités distinctes par un relèvement des axes structuraux de direction est ouest amenant les marnes du Jurassique moyen en position haute. La ligne de partage des eaux souterraines correspond approximativement au méridien de Puyloubier.

A l'Ouest de cet axe, le drainage des massifs à morphologie karstique s'effectue essentiellement en direction des sources de Meyrargues (Galerie de la Papeterie et de Meyrargues, émergence temporaire de la Foux, 300 l/s en 1971). Deux autres émergences existent à Vauvenargues et aux Pinchinats près d'Aix (35 l/s en 1971). Superficie admise pour l'impluvium: 90 km², précipitation en 1971: 595 mm, coefficient d'infiltration 0,21.

L'extrémité occidentale de la chaîne de la Sainte Victoire participe à l'alimentation du système thermal d'Aix, de faible débit.

A l'Est de cet axe (département du Var essentiellement) le drainage du karst s'effectue vers les sources de Seillon sur Argens (source de l'Argens 500 l/s, source de Seaux 179 l/s, source temporaire de La

Meyronne 90 l/s en 1971).

D'autre part, dans le bassin de Gardanne on pompe dans un ancien puits minier ayant atteint la base du Fuvélien (Puits de l'Arc) un débit important (300 l/s en 1071) ne pouvant venir que des calcaires et dolomies du Bois de Pourrières.

Superficie admise pour l'impluvium 165 km², précipitation en 1971, 637 mm, coefficient d'infiltration 0,34.

Massif de Vautubière entre Jouques et Ginasservis (Jurassique et Crétacé)
Il est drainé au Sud (ruisseau de Jouques) par la Traconnade (débit moyen environ 50 l/s) au Nord (ruisseau de Saint Paul ou Abéou) par les sources de Font Reynaude (Grand et Petit Lauron, débit en Juin 1971, 81 et 73 l/s).

Massif de la Travaresse (Oligocène)

Contrairement aux massifs karstiques constitués par les épaisses séries calcaro dolomitiques du Jurassique et du Crétacé, qui présentent des exutoires en nombre restreint mais de fort débit, ce massif, constitué de calcaires lacustres peu épais à intercalations argileuses, présente des exutoires dispersés et d'assez faible débit, les principaux se trouvent dans la vallée du Budéou à Saint Cannat (Touron 20 l/s, Fontaine d'Arvieux 40 l/s, lavoir de la route de Pélissanne et lavoir de la route d'Eguilles 10 et 1,5 l/s).

Au Sud, au pied de la corniche dominant la dépression d'Aix, existe une série de petites sources résurgant dans les sables situés ici immédiatement sous les calcaires (sables des Figons): sources d'Eguilles et de Grotte Vieille, des Figons...etc.

Enfin, un drainage s'effectue vraisemblablement par la Touloubre au Sud et la Concernade au Nord.

Le massif des Alpilles (Jurassique et Crétacé inférieur)

Les résurgences principales sont situées sur le flanc sud, déversé, du petit anticlinal secondaire de Marseille qui sépare la dépression des Baux au Nord, des marais des Baux au Sud; ce sont les sources des Arcoules (40 l/s) et du château d'Escanin (30 l/s) au Paradou, les sources de la route des Baux à Maussane (cluse de Manville 13 l/s), les sources de la Bouche du Noyer (10 l/s) et des Calans (7 l/s) à l'Est de Maussane.

Sur l'accident au Nord de la dépression des Baux s'alignent les sources du ravin de Cabrières (1 l/s) et surtout celle du Mas de la Dame (10 l/s). A l'extrémité orientale se trouve la source de Roque Martine (25 l/s). A l'Ouest, les sources de Fontvieille (20 l/s) et La Bargeole (8 l/s) sourdent dans le Miocène probablement suralimenté par le Crétacé.

Le long du flanc nord des Alpilles, il n'existe pas de résurgence notable; il peut y avoir drainage souterrain par l'intermédiaire des alluvions de bordure vers la Durance à Orgon au Nord Est et vers la plaine de Saint Etienne du Grès au Nord Ouest.

Massif de la Montagnette (Crétacé inférieur)

Seules de petites résurgences existent sur la bordure orientale (Arvieux, Frigolet) le drainage s'effectue vers les plaines de bordure par l'intermédiaire des alluvions.

5 3 - Les grandes nappes alluviales

5 3 1 - La vallée de la Durance

- Durance entre Jouques et Orgon

L'épaisseur des alluvions est faible (10 mètres) sauf le long d'un sillon (18 mètres) suivant la bordure sud entre Jouques et Cadenet. Au delà les collines de Mallemort et Pécoule divisent le comblement alluvial en deux; jusqu'à Mallemort la nappe n'est pas alimentée par la rivière mais par les irrigations et les apports des massifs calcaires en rive gauche (Meyrargues et Les Costes); de nouveaux apports existent dans le secteur de Lamanon. La nappe s'étale dans le bassin de Sénas alimentée surtout par les irrigations, puis drainée vers la Durance.

Le régime des fluctuations montre le rôle des irrigations dans l'alimentation (hautes eaux en Août); les fluctuations peuvent atteindre 2 mètres à l'aval de Cadenet mais restent inférieures à 1 mètre à l'amont.

- A l'aval d'Orgon, la nappe s'étale dans la vaste dépression comprise entre les Alpilles et la Petite Crau; elle circule dans les alluvions grossières (ancien cône de déjection) entre Plan d'Orgon et Saint Andiol

et est en charge sous des limons de surface dans la région des paluds de Noves où elle est proche de la surface; ce secteur est drainé par le réseau des canaux de l'Anguillon qui évacuent vers le seuil de Caumont 2 à 4 m³/s.

Les amplitudes de variations sont comprises entre 1 et 2 mètres. Les hautes eaux sont en été (influence des irrigations).

- Bassin de Châteaurenard - Tarascon

Le substratum a été ici creusé plus profondément le long et à l'Est de la Montagnette par un ancien cours du Rhône qui a été ensuite refoulé par un cône de déjection de la Durance. La nappe s'écoule vers le Rhône, en partie au Nord de la Montagnette, mais surtout au Sud Est de celle-ci vers Tarascon. Elle se met en charge sous des limons dans la partie aval du bassin, aussi bien au Nord de la Montagnette qu'au Sud, et le niveau piézométrique étant voisin de la surface du sol il se produit toute une série d'émergences; les zones marécageuses sont drainées par les réseaux du Viguerat, du Bagnolet et du Verlet.

L'amplitude de variation est en général inférieure à 1 mètre; le régime traduit l'alimentation par les irrigations.

L'aménagement hydro électrique de la basse Durance, modifiant profondément le régime de la rivière, a apporté quelques perturbations dans celui des nappes. Bien que l'alimentation de celle-ci provienne essentiellement des irrigations et que le débit des canaux ait été intégralement maintenu, des baisses de la nappe ont été localement constatées et E.D.F. est tenue de réinjecter annuellement dans la nappe 15 millions de m³ en plusieurs stations dans les régions de Châteaurenard, Cavailon et Saint Andiol.

5 3 2 - Vallée de l'Arc

Les alluvions ne sont développées que dans 3 secteurs: dans le bassin de Gardanne, à l'aval d'Aix (secteur des Milles) et dans la basse vallée au Nord de l'Etang de Berre. C'est seulement dans la basse vallée que les alluvions sont notablement sollicitées pour l'irrigation.

5 3 3 - Vallée de l'Huveaune

Il faut également distinguer 3 bassins séparés. Dans les alluvions de la plaine de Gémenos, une nappe circule dans les alluvions,

s'écoulant, d'une part vers l'Ouest et le goulet d'Aubagne, d'autre part vers le Sud (déversement dans les calcaires du massif de Carpiagne); elle est peu sollicitée par pompage.

Par contre, dans le secteur compris entre Aubagne et Marseille les prélèvements par pompage par les établissements industriels s'élevaient en 1968 à 400 l/s.

Dans le secteur aval (ville de Marseille) la nappe n'est pas - ou très peu - sollicitée.

5 3 4 - La Crau

Le comblement de cette plaine est d'origine durancienne (ancien cône de déjection). L'allure du substratum est très irrégulière (il affleure localement) aussi l'épaisseur des alluvions est variable; de l'ordre d'une quinzaine de mètres en général, elle peut dépasser 30 mètres le long d'un sillon nord sud, longeant les collines d'Istres. Le bassin versant couvre 640 km².

La nappe s'écoule du seuil de Lamanon, vers les marais bordant le Rhône (Meyranne d'une part, Galejon et marais de Fos d'autre part) qui lui servent de niveau de base. Près de 1 m³/s s'écoule également au Nord Ouest vers la dépression des marais des Baux à travers les calcaires du petit massif de Mouriès.

L'alimentation provient des précipitations (10 m³/s) mais surtout des canaux - Craponne et Alpines méridionales - transitant par le seuil de Lamanon (17,5 m³/s)

Les débits sortant (canaux de drainage et sources) sont évalués (1962-1963) à 16 m³/s, le déficit de 11,5 m³/s pouvant être assimilé à l'évapotranspiration.

5 3 5 - La vallée du Rhône de Tarascon à Arles

L'épaisseur des alluvions est en moyenne de 15 à 20 mètres mais peut atteindre 40 mètres selon un ancien axe de creusement décalé vers l'Ouest par rapport au Rhône actuel et s'élargissant vers l'aval. L'épaisseur de la couverture de limons augmente vers l'aval. La nappe s'écoule à partir de Tarascon vers le Sud Ouest et non pas parallèlement au Rhône. Celui-ci

draine la nappe en basses eaux au Sud de Tarascon, mais en hautes eaux il a constamment un rôle d'alimentation.

La nappe est en charge vers l'aval sous les limons dans la partie supérieure desquels circule une nappe superficielle.

L'amplitude de variation de la nappe des graviers décroît du Nord (2 mètres à 2,50 mètres) vers le Sud (0,20 à 0,50 mètre).

Les irrigations intensives alimentent surtout la nappe superficielle des limons vers l'aval, sauf dans la région de Fontvieille (canal des Alpilles et du Viguerat).

5 3 6 - La Camargue

L'épaisseur de la couverture de limons sur les cailloutis croît de l'amont vers l'aval. Les isobathes du toit des cailloutis décroissent de la cote -20 à Arles à la cote -50 aux Saintes Maries mais la surface de ce toit est assez irrégulière et des dépressions à la cote -30 existent déjà dans le Nord et deux sillons se dessinent sur les bords ouest et est du Delta.

Au sein des cailloutis une nappe - prolongation de celle de la vallée du Rhône - s'écoule vers l'aval, en charge sous les limons. La limite de l'invasion saline figure sur la carte.

Au sein des limons, dans les intercalations plus sableuses, circule également une nappe, s'écoulant vers le Sud, très rapidement salée au voisinage des étangs de Camargue.

FORMATIONS PRINCIPALES DES BASSINS DE L'ARC ET DE L'HUVEAUNE

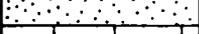
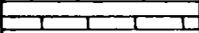
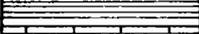
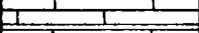
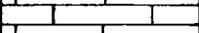
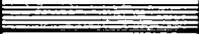
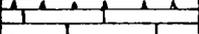
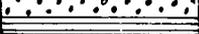
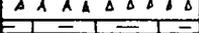
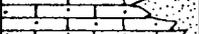
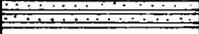
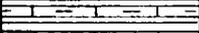
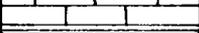
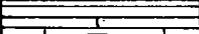
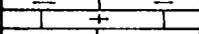
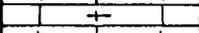
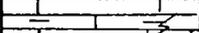
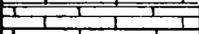
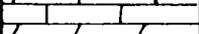
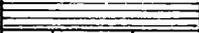
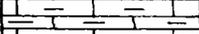
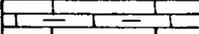
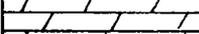
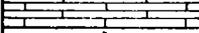
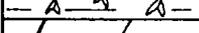
LOG schématique	INDICES	LITHOLOGIE SOMMAIRE
	q a A	Cailloutis anciens. Alluvions. Eboulis
	P	Argiles plaisanciennes
	m ³	Marnes bleues molasses et grès.
	m _i ²	Calcaires fossilifères, sables, marnes rouges et bleues, conglomérats.
	m _{ii}	Calcaires en plaquettes.
	m _{iii.iv}	Argiles, conglomérats, grès, lignites (1000m à Marseille)
	m _{iii.iv}	Calcaires lacustres en bancs ou en plaquettes
	m _{iii.iv}	Argiles et conglomérats (à la base).
	e _{i-ii}	Calcaires
	e _{iii.iv}	Calcaires gris compacts et argiles.
	e _v	Calcaires compacts à Characés et Microcodium
	e _v	Argile rouge à œufs de reptiles
	e _{vi}	Argiles rouges et brèches du Tholonet
	e _{vi}	Calcaire de Vitrolles.
	c ⁹	Poudingue argiles à reptiles.
	c ⁸	Calcaires de Rognac gris à Characés et marnes grises. Brèches.
	c ⁸	Calcaires gris ou noirs, argilites ligniteuses et calcaire argileux.
	c ⁷	Calcaires sableux et marnes micacées conglomérats
	c ⁷	grès et sables. Grès feldspathiques au Regagnas. Calcaires à Rudistes.
	c ⁶	Grès et calcaires sableux à intercalations argileuses et calcaires à Rudistes.
	c ^{5.4}	Calcaires à Rudistes grès et marnes sableuses
	c ^{5.4}	Bauxite.
	c _i	Marnes gris-bleues et calcaires siliceux.
	c _{ii}	Calcaires marneux et calcaires à silice.
	c _{iii}	Calcaires biodétritiques récifaux à Rudistes parfois dolomitiques.
	c _{iv}	Calcaires et marno-calcaires et marnes.
	c _v	Calcaires marno-calc. et marnes, parfois dolomitiques.
	c _{vi}	Alternance de calc. et de marnes, parfois dolomitiques.
	J _{8.4}	Calcaires blancs, biodétritiques ou fins parfois dolomitiques.
	J _{3.1}	Marnes gris bleues, quelques intercalations marno-calcaires.
	J _{i-iv}	Marno-calcaires à Cancellophycus
	l ^{5.2}	Calcaires noirs et marno-calcaires.
	l ₁	Dolomie claire et calcaire dolomitique
	l ₁	Calcaires sombres, parfois lumachelles.
	t ^{3.1}	Argiles bariolées et gypses.
	t _{i-ii}	Calcaires dolomitiques, calcaires gris ou noirs et dolomies.

Fig.: 1

CHAPITRE 6

CHIMIE DES EAUX

Tous les massifs étant calcaires ou calcaro-dolomitiques et les alluvionnements des grandes vallées s'étant effectués également à partir de régions (bassin de la Durance) où les calcaires dominent, toutes les eaux sont du type bicarbonate calcique. On observe toutefois quelques différences:

- les eaux des sources issues des grands massifs karstiques - surtout jurassiques - de l'Est, présentent les teneurs les plus faibles en chlorures, sulfates, sodium et magnésium (sources de l'Argens et de Seaux).
- les eaux issues des massifs calcaires crétacés (Néocomien) occidentaux ont des teneurs plus élevées en mêmes éléments et des concentrations en général plus élevées (sources de La Dane et de Richebois)
- les eaux issues des molasses miocènes ont des composition très voisines
- les eaux de la Crau, circulant dans les cailloutis surtout calcaires, sont bicarbonatées calciques
- les sources thermales d'Aix sont également bicarbonatées calciques et la composition chimique très voisine de celle des eaux issues des massifs calcaires jurassiques et crétacés, révèle l'origine.

Certaines exurgences ont des compositions chimiques très particulières: Calissanne est très chargée en Cl Na.

Il existe également des exurgences salées (de débit infime) le long du littoral près de Carry le Rouet. Les eaux des sources du Cap Couronne et celles des Camoins à Marseille sont sulfurées.

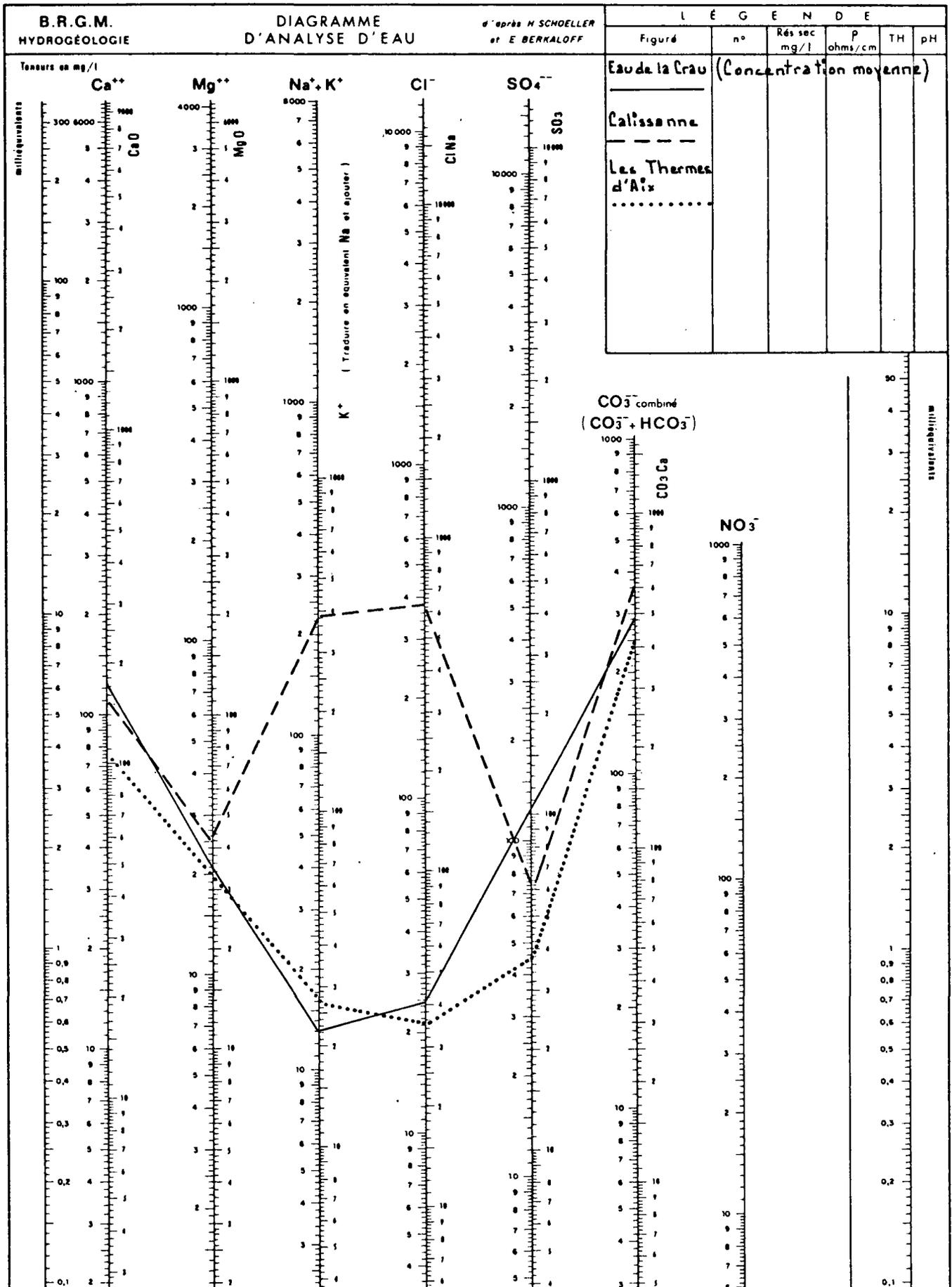


Fig. 3

CHIMIE DES EAUX DE
QUELQUES EXSURGENCES (en mg/l)

DENOMINATION	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	CO ₃ H ⁻	ORIGINE	LABORATOIRE
Source de Seaux	96	18	4,9	1;1	8,5	13	356	Jurassique sup.	B.R.G.M.
Source de l'Argens	119	5,5	3	0,5	5,7	17	366	Jurassique sup.	B.R.G.M.
Source Gde Bastide	96	11	11,5	6	28	54	248	Bégudien	I.N.R.A. (Clermont Fd)
Source La Dane	106	18,1	16,5	1,5	32	48	353,8	Néocomien	B.R.G.M.
Source Richebois	105	15,3	15,4	1,7	32	95	265,3	Néocomien	B.R.G.M.
Source Calissanne	117,2	27,6	221	6,7	390	71	350,7	Néocomien	B.R.G.M.
Source La Valbonette (Les Viviers)	82	5,8	7,6	0,7	15	14	265,3	Miocène	B.R.G.M.

CHAPITRE 7

POLLUTION

Les rivières des Bouches du Rhône sont très polluées. Dans l'agglomération marseillaise, le ruisseau des Aygaldes et l'Huveaune sont des égoûts, cette dernière véhiculant en plus une partie des résidus de traitement des bauxites à La Barasse; en été à Marseille, la DBO^5 * atteint 100 mg/l, la DCO ** 300 mg/l. La teneur en sulfates est de 200 mg/l et il y a temporairement présence de phénols.

L'Arc est pollué à l'aval de l'agglomération aixoise et reçoit de plus les eaux de la Luynes évacuant les rejets de la zone industrielle de Gardanne (DBO^5 6mg/l, chlorures 50 mg/l, matière en suspension atteignant 200 mg/l, présence de détergents). Pour la Luynes seule, la DCO à l'aval de Gardanne dépasse 1 gr/l.

La Touloubre est polluée dans la partie aval de son cours (DBO^5 10 mg/l).

En Durance, de la pollution par produits organochlorés existant à l'aval de Saint Auban (plus de 4 mg/l) il reste encore des traces dans le secteur aval (0,50 mg/l); chlorures 70 mg/l. Il s'y ajoute des hydrocarbures (0,20 mg/l) des nitrates (0,10 mg/l). Par contre la DCO qui atteint 0,60 mg/l à l'aval de Cadarache est meilleure à Mallemort.

Le développement industriel autour de l'Etang de Berre est à l'origine d'une pollution croissante de celui-ci. De plus, l'apport d'eau douce depuis la mise en service de l'usine hydroélectrique de Saint Chamas a entraîné une destruction rapide des flores et faunes marines sans remplacement par d'autres espèces.

Les nappes alluviales ne sont pas encore polluées ou de façon restreinte et très locale. La nappe de Crau en particulier est une ressource utilisable pour l'alimentation en eau potable. Elle est protégée dans le cadre d'une nouvelle réglementation.

* Demande biologique en oxygène

** Demande chimique en oxygène

CONCLUSIONS

Le développement de massifs calcaires fissurés et aquifères est important dans le département du Rhône; il n'existe cependant que quelques grandes unités calcaires karstiques (Jurassique et Crétacé inférieur) alimentant des sources localisées et abondantes (massif des Costes, massif de la Fare, massif de Sainte Victoire et des Bois de Pourrières, massif de l'Etoile, massif de la Sainte Baume (pro parte); encore les exurgences de certaines unités se situent elles hors du département (sources de l'Argens et de Seaux); d'autres se perdent en mer (chaîne de la Nerthe, massif des Calanques) ou sont impropres à la consommation ou à l'irrigation (source de la Calissane au Nord de l'Etang de Berre).

Une grande partie des affleurements calcaires appartiennent à des séries continentales caractérisées par une sédimentation rythmique faisant alterner calcaires et marnes d'où un grand fractionnement des aquifères et l'existence de sources nombreuses mais de faible ou très faible débit. Le plateau d'Arbois constitue dans ce sens une exception et nourrit des résurgences importantes (l'Infernet et Sainte Marthe).

Dans ces conditions, le développement urbain d'Aix et de Marseille n'a pu se faire que par apports extérieurs: dérivation de la Durance (canal de Marseille) dérivation du Verdon pour Aix (canal du Verdon), ces apports étant utilisés également pour les irrigations.

Les irrigations se sont développées à partir de dérivations d'eau de Durance, dans la vallée même (Basse plaine de Durance) ou en dehors de la vallée (Crau).

Le développement de la zone industrielle de Fos doit se faire, en ce qui concerne l'industrie, à partir d'eau dérivée du Rhône (canal d'Arles à Bouc) et en ce qui concerne l'alimentation en eau potable par

prélèvement sur la nappe de Crau; cependant en Crau, comme en Durance, comme dans toutes les vallées alluviales, il y a rivalité entre l'eau et le gravier, entre le prélèvement pour l'alimentation en eau potable et ceux pour la confection des matériaux de remblais ou de granulats, l'extension des gravières réduisant corrélativement les possibilités de prélèvements d'eau.

PRINCIPALES SOURCES DES BOUCHES DU RHONE

DENOMINATION	DEBIT EN L/S	LOCALISATION
- Paluds de Mollèges	environ 150	Plaine de Saint Andiol
- Paluds de Noves	500	Plaine de Saint Andiol
- Santa Fé	100	Marais des Baux
- Les Trois Voisins	100	Marais des Baux
- Les Fontaines	100	Marais des Baux
- L'Etang du Comte	275	Marais des Baux
- Les Aubes	80	Crau de Salon
- Richebois	20	Crau de Salon
- Mas Faure	1	Crau de Salon
- La Dane	108	Pélissanne La Barben
- Les Borrrys	60	Mérindol
- La Traconnade	50	Jouques
- Grand Lauron	40	Saint Paul les Durance
- Petit Lauron	40	Saint Paul les Durance
- Galerie de la Papeterie de Meyrargues	260	Meyrargues
- Galerie de Meyrargues	51	Meyrargues
- La Foux (source temporaire)		Meyrargues
- Les Pinchinats	45	Aix
- Source thermale Sextius	5	Aix
- Source thermale Pyramide Bonet	0,5	Aix
- Source thermale cours Mirabeau	0,5	Aix
- Calissane	500	La Fare
- L'Infernet	200	Les Pennes Mirabeau
- Les Encanaux	6	Auriol
- Saint Pons	50	Gémenos
- La Grand Font	2	Alleins
- Fontaine d'Arvieux	50	Saint Cannat
- Touron	13	Saint Cannat
- Lavoir sud (route d'Eguilles)	1,5	Saint Cannat

- Lavoir route de Salon	10	Saint Cannat
- La Crémade	3	La Barben
- De Saporta	15	La Barben
- Andronne	5	Saint Cannat
- Les Carlats	26	Cazan
- Les Viviers (Château de Valbonnette)	1	Charleval
- Beaulieu	5	Rognes
- Olivari	1	Rognes
- Tournefort	1	Rognes
- Caméjan	2	Lambesc
- Marie Rose	40	Grans
- Saint Mître		Grans
- La Bargeole	8	Fontvieille
- Fontvieille	15	Fontvieille
- Arcoules	43	Paradou
- Château d'Escanin	29	Paradou
- Source du Vallon de Cabrières	1	Fontvieille
- Maussane Route des Baux	13	Maussane
- Bouche du Noyer	10	Maussane
- Les Calans	7	Maussane
- Mas de la Dame	6	Les Baux
- Servanne	12	Mouriès
- Roquemartine	27	Eyguières
- Eyguières	2,5	Eyguières
- Présicaire	2	Maussane
- Mérindol	1	Arles
- Fontanouille	2,4	Maussane
- Mas Boutonet	5,5	Maussane
- Château de Beauregard	1,3	Mouriès
- Malacersis	7	Aureille
- Arvieux	faible	Maillane
- Frigolet	faible	Maillane
- Fontanille	faible	Saint Etienne du Grés
- Polygone	10	Saint Chamas
- Source du Gourd	faible	Saint Chamas
- La Sourcette	faible	Saint Chamas
- Lauron en mer	faible	Saint Chamas

- Aquaviva
- Vauvenargues
- Roques Hautes
- Belle Fontaine
- Coton Rouge
- Puits de l'Arc
- Saint Jean
- Grande Bastide
- Notre Dame
- Sainte Madeleine
- Le Verger
- Les Camoins
- Palm Beach
- Sainte Marthe
- Tunnel du Rove
- Saucette
- Source de la Couronne
- Source salée
- Font Marignane
- Sylvacane

- Vauvenargues (Infernet)
- Vauvenargues
- Le Tholonet
- Aix
- Aix
- Fuveau
- Peynier (alluvions de l'Arc)
- Fuveau
- Fuveau
- Cuges
- Simiane
- Marseille
- Marseille
- Les Pennes Mirabeau
- L'Estaque Marseille
- Saint Jean de Garguier
- Sausset les Pins
- Carry le Rouet
- Marignane
- La Roque d'Antheron

