

CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES
DE BIOLOGIE ET D'OCEANOGRAPHIE MEDICALE

INSTITUT NATIONAL
DE LA SANTE ET DE LA
RECHERCHE MEDICALE

Parc de la Côte
Avenue Jean-Lorrain
NICE tel; 80 52 92

FONDATION
DE LA VILLE DE
NICE

CITE LACUSTRE DE PORT GRIMAUD

-:-:-

Etude des conditions hydrologiques
du plan d'eau à créer

-:-:-

RAPPORT GENERAL

-:-:-

Mission N°...40...



Année 1966

S O M M A I R E

1 - GENERALITES -

- 1.1 Objet de la présente étude
- 1.2 Plan d'eau de la Cité Lacustre de Port Grimaud
- 1.3 Méthodes d'étude
- 1.4 ~~Etude~~ par analogie
- 1.5 Etudes particulières

2 - MAREES ET PHENOMENES DIVERS -

- 2.1 Marées - Généralités
- 2.2 Marées - Observations locales
- 2.3 Marées lagunaires et phénomènes divers
- 2.4 Oscillations propres du bassin
- 2.5 Dénivellations du plan d'eau
- 2.6 La langue salée

3 - ETUDES METEOROLOGIQUES -

- 3.1 Généralités
- 3.2 Influence sur les dénivellations du plan d'eau

4 - COURANTOLOGIE DE DERIVE -

- 4.1 Courantologie de dérive par vents de système Nord
- 4.2 Courantologie de dérive par vents de système Est
- 4.3 Courantologie de dérive par vents de système Ouest
- 4.4 Conclusions du point de vue courantologique

5 - EQUILIBRE DES MASSES HYDROLOGIQUES -

- 5.1 Généralités
- 5.2 Isothermes et isohalines par vents de système Nord
- 5.3 Isothermes et isohalines par vents de système Est
- 5.4 Isothermes et isohalines par vents de système Ouest
- 5.5 Conclusions du point de vue équilibre des masses hydrologiques

6 - ALIMENTATION ARTIFICIELLE DU PLAN D'EAU -

7 - CONCLUSIONS GENERALES -

1 - GENERALITES -

1.1 - Objet de la présente étude :

A la demande des promoteurs de l'ensemble urbanistique "Cité Lacustre de Port Grimaud" dans le fond du golfe de Saint-Tropez (Var) il a été procédé à l'étude des conditions régissant les conditions hydrologiques du plan d'eau à créer et plus particulièrement des aspects sanitaires de la question et des problèmes posés par son alimentation.

1.2 - Plan d'eau de la Cité Lacustre de Port Grimaud

Le plan d'eau de la Cité Lacustre de Port Grimaud est appelé à couvrir une superficie d'environ 13 hectares. Le tracé général et la configuration des terres émergées dans l'ensemble à réaliser ont été déterminés en fonction d'impératifs architecturaux et urbanistiques qui entraîneront la création d'un plan d'eau constitué par un certain nombre de bassins communiquant entre eux par des goullets parfois longs et étroits.

L'équilibre hydrologique d'un tel ensemble est selon toute évidence appelé à présenter une très grande complexité bien que régit par des phénomènes observables, se reproduisant selon des lois statistiquement définies, à alternances prévisibles.

A chacune de ces formes d'équilibre général correspondra un ensemble courantologique qui conditionnera son état de salubrité.

1.3 Méthodes d'étude :

Pour un tout aussi complexe que le plan d'eau de Port Grimaud la méthode la mieux adaptée eut été sans doute une expérimentation sur modèle réduit, mais, outre la difficulté de représenter homothétiquement certains phénomènes sur un modèle, ce mode d'investigation s'avère particulièrement onéreux, voir même prohibitif (son coût aurait été de l'ordre de 200.000 Frs au moins). Il a donc fallu avoir recours à d'autres moyens d'étude.

1.4 Etude par analogie

C'est ainsi que nous avons été conduit à raisonner par analogie et à tirer de l'observation de complexes présentant certaines similitudes avec le futur plan d'eau, des conclusions qui lui soient dans une certaine mesure applicable. Or, à proximité immédiate, le bassin de Navi-Service nous a paru présenter des conditions d'observation satisfaisantes ; de même l'embouchure de la Siagne montre également quelques particularités applicables au futur plan d'eau.

1.5 Etudes particulières

Les observations ont été complétées par les études particulières nécessaires : courantologie de dérive, équilibre des masses hydrologiques par isothermes et isohalines. Elles ont été effectuées dans l'ensemble de Navi Service et dans la zone côtière proche pour les raisons exposées ci-dessus. Les études météorologiques et les particularités présentées par les marées sont basées sur les observations de Saint-Tropez (Cap Camarat) pour les premières, et les enregistrements du marégraphe de Nice pour les secondes.

2 - MAREES ET PHENOMENES DIVERS -

2.1 Marées Généralités

En Méditerranée les mouvements en hauteur du niveau général des eaux sont faibles et dépassent rarement quelques décimètres.

Ces mouvements résultent de la somme algébrique des dénivellations qui se produisent sous l'influence des causes suivantes :

1°) Marée proprement dite produite par l'attraction luni-solaire.

2°) Effet des vents persistants

3°) Influence des variations de la pression barométrique.

Les marées proprement dites sont d'assez faibles amplitudes, de l'ordre de 20 à 30 cm en vive eau. Elles sont d'ailleurs irrégulières et si l'on constate chaque jour deux pleines mers et deux basses mers, leurs hauteurs respectives peuvent être notablement différentes.

L'influence des vents a un effet notablement plus marqué mais son irrégularité confère cette même caractéristique aux variations de hauteur du plan d'eau qui en résultent.

L'influence des variations de pression barométrique, bien que faible, n'est pas négligeable (on admet qu'une dénivellation barométrique de 1 mm correspond à une dénivellation de 13,5 mm du plan d'eau).

Sous l'effet conjugué de ces différentes causes nous soulignerons qu'à Marseille où la dénivellation moyenne n'est que de 21 cm, la plus grande amplitude enregistrée depuis une

soixantaine d'années a été de 77 cm et que depuis 1884 date de la mise en service du marégraphe, la dénivellation extrême a été de 1,5 m. A Toulon, les amplitudes extrêmes ont atteint 1,10 m. A Monaco, où l'amplitude moyenne n'est que de 17 cm les plus grandes dénivellations atteignent 90 cm. Enfin, à Nice il a été noté ces dernières années de fréquents exhaussements du plan d'eau, une dénivellation de 80 cm n'étant pas absolument exceptionnelle.

2.2 Marées, observations locales

Il résulte des hauteurs du plan d'eau qui nous ont été communiquées par le B.E.M. Toulon et relevées "in situ" que les dénivellations moyennes correspondant aux marées proprement dites sont de l'ordre de 20 cm aux abords de Port Grimaud. Elles sont bien de l'ordre de grandeur des dénivellations généralement observées et admises sur le proche littoral et doivent donc être considérées comme valables.

2.3 Marées lagunaires et phénomènes divers

On sait que lorsque la marée se produit devant un bassin ou une lagune communiquant avec la mer par une ouverture étroite la marée pénétrante s'amortit, mais que le niveau moyen dans ceux-ci est le même que le niveau moyen de la mer, sauf au cas d'alimentation notable par des apports liquides extérieurs.

On sait également qu'il se produit dans les puits creusés au bord de la mer une oscillation du niveau de l'eau analogue à la marée de la mer voisine, même en l'absence de communication directe entre ceux-ci et la mer. Le bassin de Port Grimaud n'est pas sans présenter une certaine analogie avec un puit : il ne peut en effet manquer d'être l'objet d'une certaine alimentation en eaux douces probablement

d'origine phréatique ou en provenance de la Giscle en période de débit de celle-ci, par son plan de contact avec le sol naturel fortement anamorphosé (sable, graviers, sablons, etc.) les variations du plan d'eau de la mer seront appelés à se répercuter plus ou moins par ce mécanisme sur le plan d'eau de Port Grimaud (phénomène indépendant de la marée pénétrant par la passe). Un autre phénomène est appelé à se présenter : soumis à des contraintes océanographiques et météorologiques tous bassins, lagunes, baies, golfes, pour peu qu'ils soient plus ou moins "compartimentés" sont l'objet de mouvements oscillatoires propres et parfois d'assez grande amplitude ; il peut même s'y produire des seiches d'ampleur variables.

Dans le cas de Port Grimaud constitué par un ensemble de bassins appelés à réagir les uns sur les autres, il s'établira un régime d'équilibre général caractérisé par des dénivellations sensibles et des courants variables mais toujours constants sous les mêmes conditions.

2.4 Oscillations propres du bassin

Il existe pour Navi Service qui présente une analogie certaine avec ce que sera Port Grimaud, un mouvement oscillatoire signalé d'ailleurs par le bureau technique méditerranéen et retrouvé lors de nos études courantologiques. Ces oscillations du plan d'eau auraient causé des courants alternatifs dans la passe de Navy Port. Ces courants atteindraient une vitesse relativement élevée, leur cycle d'alternance étant de l'ordre de 12 à 15 minutes. Ces oscillations de faible période par rapport à la période de la marée mais très longues par rapport aux périodes des houles ne peuvent être confondues avec celles-ci. Les examens des enregistrements du marégraphe de Nice montrent que des oscillations comparables existent pour le plan d'eau du Port.

2.5 Dénivellations du plan d'eau

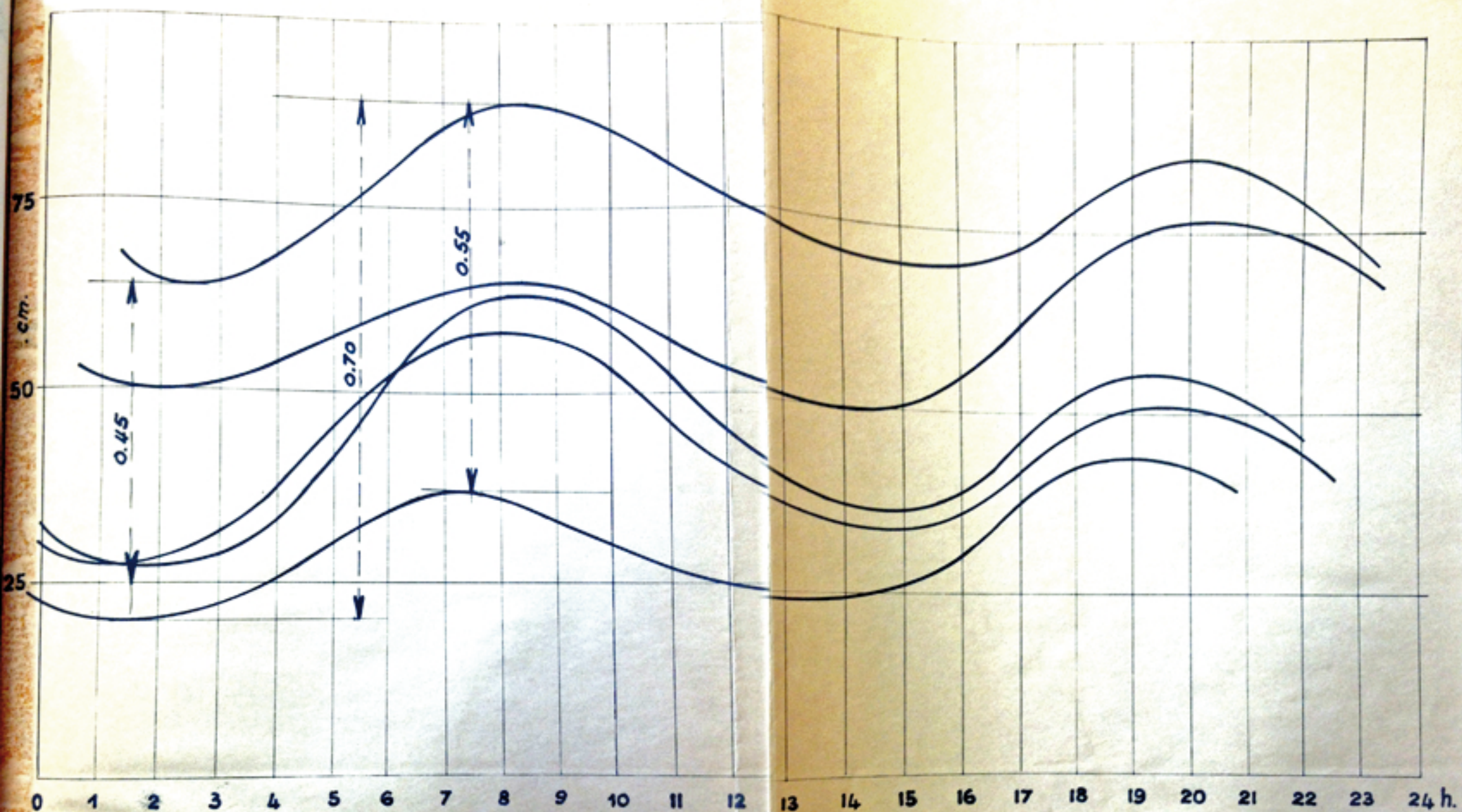
Cette dénivellation qui présente une importance indéniable pour l'interprétation des phénomènes propres à Port Grimaud a fait l'objet d'un essai d'interprétation statistique à partir des enregistrements marégraphiques réalisés à Nice. Il en résulte qu'en prenant pour base la ligne 0,50 mètre on constate (voir schéma ci-après) que les dénivellations propres à la marée proprement dite ont une amplitude voisine de 0,20 , mais qu'elles s'inscrivent de part et d'autre de lignes moyennes comprises entre 0,30 et 0,80 soulignant ainsi une dénivellation du plan d'eau de l'ordre de 0,50 en moyenne.

Il en résulte que les dénivellations globales du plan d'eau peuvent être : entre deux creux de l'ordre de 45 cm, entre deux pleins de 0,55 , entre un plein et un creux de 0,70.

Il faut dire en outre que ces dénivellations sont fréquentes et suivent les conditions météorologiques. Elles peuvent exceptionnellement accuser une ampleur notablement supérieure ainsi qu'il a été dit.

2.6 La langue salée :

Le phénomène de langue salée, pénétration en coin et en profondeur des eaux de mers salées donc plus denses dans le cours d'eau douce des fleuves côtiers à leur embouchure s'observe également pour les bassins et lagunes alimentés en eau douce et communiquants avec la mer. Il en résulte une permanence d'eaux salées dense au fond des bassins et lagunes, en cas d'alimentation en eaux douces de densité moindre la remontée de celle-ci est susceptible de créer des courants de sortie. Ce phénomène a été observé et est particulièrement sensible à Port Grimaud.



*Dénivellation des marées par
rapport au plan de référence 0,50 (mètre)*

3 - ETUDES METEOROLOGIQUES -

3.1 Généralités

L'examen des conditions météorologiques est basé sur les observations faites par le poste d'observation le plus rapproché du point d'étude (Saint-Tropez - Sémaphore du Cap Camarat) (Tableau n°1) d'une part et d'autre part sur la moyenne annuelle des années 1957 - 1958 - 1959 communiquées par le B.T.M. (Tableau n°2). Il en a été déduit le tableau des fréquences % pour chacun des secteurs susceptibles de provoquer une dénivellation du plan d'eau (Tableau n°3).

3.2 Influence sur les dénivellations du plan d'eau

On sait qu'en règle générale, en Méditerranée sur les côtes Sud de France, la mer "monte" par vents de système Sud-Est et "descend" par vents de système Nord-Ouest. Les vents de ce premier système comprennent les vents Est, Est-Sud-Est, Sud-Est et Sud-Sud-Est ; ceux du deuxième les vents Ouest, Ouest-Nord-Ouest, Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest, leurs pourcentages respectifs sont explicités Tableau n° 3.

Il en résulte que des dénivellations supérieures aux dénivellations dues aux marées normales pourront se produire, les oscillations dues aux marées proprement dites se produisant sur un niveau surélevé ou abaissé suivant la direction des vents régnants.

TABLEAU N° 1 - SAINT-TROPEZ (Sémaphore du Cap Camarat) FREQUENCES % DES OBSERVATIONS DE VENT (A. 06, 12, 18 TU)

MOIS	CALME	1 à 14 Nœuds								15 à 31 Nœuds								32 Nœuds et au-dessus							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Janvier	9	11	13	9	2	1	7	9	15	0	3	9	0	0	1	1	8	.	0	2	.	.	.	0	.
Février	8	5	12	7	2	2	12	13	13	1	2	5	0	0	2	2	11	0	1	1	.	.	.	.	1
Mars	11	5	15	10	4	2	16	7	7	1	3	9	1	0	1	1	4	.	1	1	.	.	.	.	1
Avril	7	6	18	12	3	4	18	8	7	0	2	5	1	0	3	2	5	.	0	1	0	.	.	.	.
Mai	11	5	17	9	5	4	21	7	5	0	2	4	0	0	4	3	2	.	0	1	.	.	.	.	0
Juin	10	9	18	7	4	4	23	6	4	0	0	1	0	0	4	3	5	.	.	.	.	.	.	0	1
Juillet	8	8	17	6	4	5	26	7	5	0	1	0	.	0	4	3	6	.	.	.	.	.	.	.	.
Août	8	7	18	8	5	4	23	9	7	0	0	1	.	0	4	2	4	.	.	0	.	.	.	.	0
Septembre	7	8	17	12	4	4	16	10	5	0	2	4	1	0	2	3	5	.	.	0	.	.	0	0	.
Octobre	8	8	16	14	3	3	12	8	9	0	2	8	2	0	1	1	2	.	0	2	0	.	.	.	1
Novembre	8	8	11	9	4	2	11	11	14	0	2	7	1	0	1	1	9	0	.	0	.	.	0	.	1
Décembre	9	10	13	9	2	1	7	10	18	0	4	5	0	0	0	1	7	.	1	2	.	.	.	.	1
ANNEE	9	8	15	9	4	3	16	9	9	0	2	5	1	0	2	2	6	0	0	1	0	.	0	0	1

NOTA : Le chiffre 0 indique une fréquence d'observations non nulle, mais inférieure à 0,5 %.

TABLEAU N°2

Direction du vent	Moyenne annuelle des obser- vations en pourcentage Années : 1957 - 58 - 59			
	<5	5 à 9	10 à 20	>20
N.	1,07	0,09	0	0
N.N.E.	0,79	0,36	0,09	0
N.E.	1,47	0,61	0,03	0,03
E.N.E.	3,37	5,34	0,89	0,06
E.	8,13	7,83	1,50	0,03
E.S.E.	3,25	2,57	1,68	0
S.E.	1,71	0,33	0,03	0
S.S.E.	0,55	0,24	0,09	0
S.	1,78	0,42	0	0
S.S.W.	4,85	2,76	0,03	0
S.W.	1,71	1,53	0,03	0
W.S.W.	3,16	2,21	0,18	0
W.	14,21	1,28	0,12	0
W.N.W.	6,11	3,59	4,05	0,09
N.W.	2,82	1,65	1,22	0,24
N.N.W.	0,85	1,13	1,28	0,30

TABLEAU N° 3

Secteur	Directions	POURCENTAGES			
		F O R C E S			
		<5	5 à 9	10 à 20	> 20
Est à Sud- Sud- Est Dénivel- lation +	E.	8,13	7,83	1,50	0,03
	E.S.E.	3,25	2,57	1,68	0
	S.E.	1,71	0,33	0,03	0
	S.S.E.	0,55	0,24	0,09	0
	Total	13,64	10,97	3,30	0,03
Ouest à Nord- Nord- Ouest Dénivel- lation -	W.	14,21	1,28	0,12	0
	W.N.W.	6,11	3,59	4,05	0,09
	N.W.	2,82	1,65	1,22	0,24
	N.N.W.	0,85	1,13	1,28	0,30
	Total	23,99	7,65	6,67	0,63

4 - COURANTOLOGIE DE DERIVE -

La courantologie de dérive superficielle a été établie pour le bassin et la passe de Port Navy sous les 3 conditions de vents : secteur Nord, secteur Est et secteur Ouest. Ces études ont donné lieu aux constatations suivantes :

4.1 Courantologie par vents de sec- teur Nord

Zone 1 : par vents de système Nord les eaux superficielles du fond du bassin sont animées de mouvements d'allure tourbillonnaire de vitesses variables qui lors de nos observations étaient comprises entre 1,1 et 3 cm/s. La résultante générale de ce mouvement étant en direction de la passe.

Zone 2 : immédiatement au Nord-Ouest de l'entrée du bassin proprement dit (direction des vents Nord-Nord-Ouest) on décèle des courants partant en direction générale Nord-Est. Les courantomètres ont tendance à s'échouer face Nord de la Lagune précédant le bassin, les vitesses sont de l'ordre de 1 cm/s. et les courants ont tendance à s'infléchir suivant la courbure de la ligne d'émergence des terres.

Zone 3 : le courant d'une vitesse de 1 à 2 cm/s. s'oriente en direction de la passe vers la mer puis retourné par un courant montant s'infléchit sur la face Ouest de la lagune Nord.

Zone 4 : Les courants sont bloqués au Sud de la passe et,

Zone 5 : on assiste à un semblable blocage des courants qui ne manifestent aucune velleité de se diriger vers la passe.

Zone 6 : Dans la passe d'accès en mer proprement dite et à la sortie immédiate de celle-ci les courants bloqués sur la face Sud de la passe prennent une direction Est et pénètrent en mer à une vitesse atteignant 2 - 2,2 cm/s. Il est à noter que les 3 flotteurs de dérive lancés ont été mis à l'eau sensiblement dans l'axe de la passe, le premier à l'origine côté terre des rideaux de palplanches la limitant, le second en son milieu et le troisième au droit de son débouché en mer. Le premier de ces lancers a décelé des courants de l'ordre de 1 à 2 cm/s. en direction Nord avec échouage du courantmètre face Nord de la passe, le second a permis de suivre un courant en direction Ouest puis un changement de sens en direction Est et un retour en mer, le troisième enfin a défini un courant en direction Nord accusant une sortie en mer à des vitesses de l'ordre de près de 2 cm/s.

4.2 Courantologie de dérive par vents de système Est :

Par vents de système Est deux courantomètres de dérive ont été mis à l'eau l'un à 15h.30, l'autre à 16h.03 . La courantologie qu'ils ont mis en évidence montre que l'on assiste dans toute la largeur de la passe à un mouvement alternatif du flot en direction successivement Est-Ouest et Ouest-Est animé d'une vitesse de 5,7 - 8,9 - 15 cm/s. dans le sens de sortie en mer de la passe près de sa face Nord, un renversement du courant se produit alors brusquement et la dérive prend la direction Est-Ouest opposée avec une vitesse croissant de 12 à 19,4 cm/s., nouveau changement de direction Nord-Sud cette fois à une vitesse de 14,2 cm/s., puis Ouest-Est à une vitesse 10 cm/s. et enfin Ouest-Est à des vitesses décroissant au fur et à mesure de la pénétration des eaux vers l'intérieur, de 13 à 4,3 cm/s.

Sur la face Sud de la passe le même mouvement est observé : mouvement Ouest-Est à une vitesse de 10,2 cm/s., Nord-Sud à la vitesse de 1,2 cm/s., puis Est-Ouest à vitesses décroissantes en allant vers l'intérieur de 3,3 à 0,6 cm/s.

4.3 Courantologie de dérive par vents de système Ouest :

La courantologie par vents de système Ouest est beaucoup moins complexe et paraît traduire le phénomène d'abaissement du plan d'eau par vents d'Ouest signalé plus haut. En effet sur toute la surface du bassin, des lagunes qui le précèdent et de la passe, l'étude courantologique n'a révélé que des courants sortants tant dans la partie intérieure que dans la passe de sortie. Ces courants ont des vitesses atteignant 6,7 cm/s. en certains points de la zone intérieure se réduisant aux environs de 2 cm/s. lors de la pénétration des eaux en mer.

4.4 Conclusions du point de vue courantologique

La courantologie de dérive ne fait pas ressortir pour l'ensemble hydrologique étudié de courants superficiels correspondant à la marée proprement dite. Les mouvements superficiels paraissent dominés par les vents et pour chacun des secteurs étudiés les caractéristiques courantologiques sont bien définies :

Les vents de secteur Nord dans l'intérieur du système hydrologique donnent des courants variables en intensité et direction, les mouvements sont d'allure tourbillonnaire et ce n'est que lentement que l'ensemble superficiel s'achemine vers la passe. Dans celle-ci la tendance à la sortie des eaux en mer est plus nette en particulier face Sud de la passe.

Les vents de secteur Est sont à l'origine de mouvements courantologiques beaucoup plus caractéristiques. Ils présentent une alternance remarquable dans toute la largeur de la passe et des vitesses importantes. Leur résultante est un courant d'alimentation du bassin. Leur alternance traduit les mouvements d'oscillation propres au bassin.

Les vents de secteur Ouest donnent un système courantologique très net. Depuis le bassin proprement dit les courants orientés Ouest-Est sont parallèles à l'axe de la passe de débouché en mer, ce sont des courants de sortie.

5 - EQUILIBRE DES MASSES HYDROLOGIQUES -

5.1 Généralités

Le tracé des isothermes et isohalines a été établi sous les 3 conditions de vent : secteur Nord, secteur Est et secteur Ouest. Nous soulignerons (cf. courantologie chap. 4) qu'aux régimes Nord et Ouest correspondent des courants superficiels de sortie alors qu'au régime Est correspondent des courants d'afflux.

Les points de mesure de températures et de prélèvements pour détermination des taux de salinités sont donnés plan n°1 du bordereau des pièces annexes.

L'examen des cartes isothermes et isohalines donne lieu aux observations suivantes :

5.2 Isothermes et isohalines par vents de système Nord

Par vents de système Nord les mesures et prélèvements ont été effectués mi-novembre. Les masses hydrologiques marines encore chaudes accusaient une température constante supérieure à $17^{\circ}9$ alors que le relief en période de nuit avait des températures très inférieures.

Les eaux océaniques pénétrant dans les lagunes et le bassin proprement dit s'y sont refroidies tandis que les salinités baissaient fortement. Ce phénomène peut être expliqué par une alimentation par la Giscle (en période de débit moyen au moment des mesures) par percolation à travers les bancs de sables, graviers, galets, sablons anamorphosés qui constituent le sous-sol du rivage.

La sortie des eaux douces en mer apparaît à l'évidence tant sur les isothermes que sur les isohalines. Elle est caractérisée par l'écoulement superficiel révélé par l'étude courantologique (courants de sortie).

La sortie de ces eaux douces est particulièrement sensible à l'embouchure de la Giscle et se fait nettement sentir dans toute la zone littorale intéressant Port Grimaud.

5.3 Isothermes et isohalines par vents de système Est

Par vents de système Est les mesures et prélèvements ont été effectués mi-septembre à la fin de la période d'été alors que le débit visible de la Giscle était pratiquement inappréciable.

Les masses hydrologiques marines accusaient au large une salinité de 38.08 et une température de $21^{\circ}5$.

Les eaux océaniques (courants d'alimentation voir courantologie) pénètrent dans les lagunes et le bassin où leurs caractéristiques d'eau du large ne sont que peu modifiées tant en températures qu'en salinités.

Les zones légèrement plus froides apparaissent face Sud-Est de la lagune Ouest avec un minimum de $20^{\circ}8$; dans la lagune intermédiaire avec le même minimum, dans le bassin proprement dit les températures sont de l'ordre de $21^{\circ}2$ à $21^{\circ}3$ soit très voisines des températures océaniques. A la sortie de la passe les températures tendent à s'équilibrer avec les températures du large.

Sur la bande littorale on constate contre celle-ci un blocage des eaux superficielles océaniques qui s'y sont très légèrement réchauffées.

Il résulte de l'ensemble des observations effectuées ci-dessus que les modalités d'alimentation sont les suivantes :

Les variations en salinité sont homologues et l'ensemble de ces observations met en évidence la parfaite pénétration des eaux océaniques dans l'ensemble : passe, lagunes, et bassin ainsi que la non alimentation de ces zones en eaux douces en période d'étiage.

5.4 Isothermes et
isohalines par vents
de système Ouest

Par vents de système Ouest les mesures et prélèvements ont également été effectués mi-septembre en fin de période d'été et en période d'étiage de la Giscle.

Les masses hydrologiques océaniques accusaient au large une salinité de 38.00 et une température de $21^{\circ}4$. Les courants superficiels dans les lagunes et le bassin sont des courants de sortie (cf. courantologie).

Les eaux océaniques qui ont pénétré dans l'ensemble lagunes, bassin, par un système de vent produisant des courants d'apport (système Est) et s'y sont maintenues partiellement - leur renouvellement n'étant assuré que par le flux régulier de faibles marées - ont conservé leur caractère d'eaux océaniques : températures et salinités ne varient guère. On remarque toutefois : dans la lagune Ouest une zone de température $21^{\circ}2$; dans la lagune intermédiaire une zone de température $21^{\circ}3$ alors que la température du large se retrouve dans la passe ; une température de $21^{\circ}7$ atteste une certaine stagnation face Nord du bassin.

Les isohalines caractérisent également les observations ci-dessus.

5.5 Conclusions du
point de vue équi-
libre des masses
hydrologiques

Il résulte de l'ensemble des observations détaillées ci-dessus que les modalités d'alimentation sont les suivantes :

1°) En période de crue de la Giscle les eaux des lagunes et le bassin perdent presque totalement leur caractère d'eaux océaniques (salinité moyenne : 7 grammes/litre).

2°) En période d'étiage de la Giscle les eaux des lagunes et bassin ont toutes les caractéristiques des eaux océaniques.

3°) Par vents de secteur Nord sortie des eaux superficielles en mer dont la diffusion se fait sentir sur toute la bande littorale de Port Grimaud.

4°) Par vents de secteur Est pénétration des eaux océaniques dans l'ensemble où les caractéristiques de ces eaux se maintiennent.

5°) Par vents de secteur Ouest tendance à la vidange des eaux océaniques de l'ensemble lagunes, bassin.

6 - ALIMENTATION ARTIFICIELLE DU PLAN D'EAU -

Le renouvellement principal des eaux des bassins de Port Grimaud proviendra, ainsi que le montre l'ensemble des observations relevées ci-dessus :

- De l'apport des eaux du large (courantologie d'alimentation et de vidange par vents de système Est et Ouest)

- De l'apport des eaux douces sous jacentes de la Giscle, principalement en période de débit et notamment à la faveur de vents de système Nord ou d'Ouest.

Ces deux sources d'alimentation sont importantes et l'apport d'eaux pompées ne peut être que très subsidiaire faute de pouvoir effectuer dans des conditions économiquement acceptables des prélèvements assez importants pour modifier très sensiblement l'état hydrologique de l'ensemble.

Dans ces conditions un apport d'eaux artificiel modéré, peut être judicieusement envisagé en ce que cet apport sera susceptible de déterminer des courants locaux dans les zones d'eaux mortes que ne manquera pas de créer le tracé imposé par les nécessités architecturales et urbanistiques.

Le débit horaire de $30 \text{ m}^3/\text{heure}$ retenu par les promoteurs nous paraît acceptable pour quelques interventions locales en des points judicieusement choisis.

7 - CONCLUSIONS GENERALES

Il résulte de l'ensemble des observations faites que le plan d'eau de Port Grimaud se trouve dans une situation susceptible d'assurer le renouvellement de sa masse hydrologique par le seul jeu des phénomènes naturels.

On a vu en effet que par vents de système Nord règnent des courants de sortie, traduisant une vidange des bassins ; il en est de même des vents d'Ouest, par contre par vents d'Est la résultante courantologique est un courant d'alimentation. On a vu également qu'en période de débit de la Giscle une alimentation en eaux douces était sensible.

Ces mouvements d'alimentation et de vidange seront, en période normale - c'est-à-dire de vents régnants faibles ou très modérés, de pression barométrique voisine de la moyenne et d'étiage de la Giscle - rythmés à la cadence des marées, leur amplitude sera faible mais les mouvements d'oscillation propre du bassin en modifieront le rythme et semblent devoir limiter les zones d'eaux mortes susceptibles de s'installer sous l'influence des seuls courants de marée.

Dès que les conditions normales définies ci-dessus subiront quelques modifications, ce régime qui représente le régime minimum d'alimentation des bassins sera profondément modifié : les mouvements de marées dont l'amplitude ne varie guère, se produiront par rapport à un plan d'eau moyen surélevé (vents régnants système Est) ou abaissé (vents régnants système Ouest) et lorsqu'à un système Est fort par exemple succèdera un système Ouest les dénivellations pourront atteindre et dépasser 0,55 m. entre 2 pleins ou 2 creux de marée et 0,70 m. entre 1 plein et 1 creux. Ces mouvements bien que ne

se produisant pas à la cadence des marées, seront fréquents et marqueront tout changement de condition météorologique. Il faut également mentionner l'alimentation par la Giscle en période de débit de ce cours d'eau. Il s'en suivra dans ces conditions un régime accru des échanges hydrologiques très favorables au maintien de l'état sanitaire des eaux dans les bassins.

L'étude météorologique nous donne d'intéressantes indications sur la fréquence de ces conditions favorables :

Par vents faibles à modérés, dénivellations probables 0 à 0,10 : en + 14%, en - 24%. Par vents modérés à forts, dénivellations de 0,10 à 0,20 : en plus 11 %, en moins 7,65%. Par vents forts à très forts, dénivellations de 0,20 à 0,30 : en plus 3,3 %, en moins 6,67 %. Par vents très forts à tempête, dénivellations 0,30 à 0,40 et plus : en plus 0,03 % en moins 0,63 %. Les périodes de vents de secteur Nord favorables à la vidange des bassins apparaissent avec une fréquence d'environ 30 %.

En ce qui concerne l'alimentation artificielle à prélever en mer, les écarts de température entre les eaux marines et les eaux du bassin resteront - sauf en période d'hiver - trop faibles pour modifier sensiblement les conditions d'équilibre biologique de celui-ci. Cette intervention ne sera donc efficace que pour créer des courants superficiels dans les zones mortes. Il importe donc avant tout de déterminer les points de rejet des eaux de pompage. Ces points, au vu du plan des bassins devront exercer leur effet (trois points de rejet étant prévus) le premier (point P_1) vers l'extrémité Est du canal Nord, le second (point P_2) au Nord du bassin Nord-Ouest et le troisième (Point P_3) au Nord du canal Ouest. (voir plan annexe n° 1)

L'alimentation des bassins et le renouvellement de leurs eaux sera la résultante de phénomènes naturels. Il importera donc avant tout de n'entraver que le moins possible le libre jeu de ceux-ci ; en particulier, il y aurait un intérêt certain à conserver à la passe d'entrée la largeur de 35 m. qu'elle a, selon le plan de dragage, à son entrée et à son débouché dans le petit bassin Nord-Est.

Bien entendu le point de pompage en mer sera choisi en un point où ne risquera pas de se produire une aspiration des eaux résiduaires de l'émissaire desservant la Cité Lacustre, dont on assurerait ainsi la propre pollution . . .

En définitive nous pouvons dire que l'alimentation et le renouvellement des eaux du bassin de Port Grimaud sera assuré par le jeu des phénomènes naturels dans des conditions suffisantes en tant que salubrité pour des eaux lagunaires ; que l'alimentation par pompage de $30 \text{ m}^3/\text{h.}$ d'eau de mer pourra contribuer à éliminer les zones d'eaux mortes signalées et l'accumulation de macro-déchets dans celles-ci à condition d'améliorer la passe d'entrée comme il est dit ci-dessus et surtout d'éviter de pomper les eaux d'alimentation dans une zone polluée par le rejet des effluents.

Cette question du rejet des eaux résiduaires nous paraît d'ailleurs d'une importance capitale car ni Port Grimaud, ni les communes de Sainte-Maxime et Saint-Tropez ne sont à priori hors de l'atteinte éventuelle de celles-ci.