



Conservatoire de  
l'Espace Littoral et des  
Rivages Lacustres  
Délégation Corse

# Diagnostic écologique de l'étang de Santa Giulia, évolutions du milieu et orientations de gestion



Stéphanie Vigetta  
Master Gestion Intégrée du Littoral  
et des Ecosystèmes, 2e année  
Università di Corsica

Diagnostic écologique de l'étang de Santa Giulia, évolutions du milieu et orientations de gestion

Document réalisé par Stéphanie Vignetta

Université de Corse

Faculté des Sciences et Techniques

Master 2<sup>ème</sup> année Gestion Intégrée du Littoral et des Ecosystèmes

20250 Corte

Stage effectué du 3 mars 2008 au 31 août 2008 au sein de la délégation Corse du Conservatoire de  
l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres

Maître de stage : Michel Muracciole

3rue Luce de Casabianca

20200 Bastia

Crédit photo et images :

Photographie aérienne : IGN

Images, figures, tableaux et photographies : S. Vignetta

## Remerciements

Dans le cadre de ma formation en Master Gestion Intégrée du Littoral et des Ecosystèmes, j'ai effectué mon stage au sein de la Délégation Corse du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages Lacustres.

Le travail que représente cette étude a nécessité l'aide de nombreuses personnes, sans qui tout aurait été plus long, plus laborieux, et avec qui tout a semblé plus intéressant encore.

Aussi, je tiens à remercier Michel Muracciole, mon maître de stage, délégué de rivages, pour m'avoir fait confiance pour ce stage. Il m'a appris que travailler dans l'environnement c'est d'abord observer, s'imprégner pour comprendre un milieu dans sa globalité et en garder l'essentiel; mais aussi Isabelle Guyot pour sa patience et son aide, Michel Delaugerre, Anne Martinetti, Sophie Lorenzo pour leurs conseils ainsi que Marie-France Valentini pour son efficacité.

J'ai également eu l'occasion de travailler avec de nombreuses personnes qui m'ont beaucoup aidé. Je tiens à remercier Guy François Frisoni, Responsable du département « Espaces naturels et protégés » à l'Office de l'Environnement et Marie Laure Pozzo di Borgo, Conservatrice de la Réserve Naturelle des Tre Padule de Suartone, pour m'avoir conseillé, accompagné sur le terrain et dans mes raisonnements, pour avoir été aussi présent et impliqué dans mon stage. Je tiens également à remercier Isabelle Vescovali, Chargée de Mission scientifique à la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia, Benjamain Esperance, Adjoint au Chef de Service du Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Yoann Baldi, Ifremer, Gilles Faggio, Association des amis du parc.

Je souhaite également remercier les personnes de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Corse qui ont bien voulu m'aider : Gérard Pergent pour m'avoir donné un jour ma chance en m'acceptant en Master GILE; Vanina Pasqualini pour avoir accepté d'être mon enseignant tuteur, pour ses conseils et son aide; Antoine Orsini, Julia Culioli, Bernard Marchand, Sylvia Agostini, Philippe Poggi pour leurs conseils, leur aide et le prêt de leur matériel.

Mes remerciements vont aussi à Julien, qui m'a réconforté lors de mes baisses de moral, qui a mis les deux pieds dans la vase pour m'aider sur les missions délicates... Mais également à mes amis récents et plus anciens, aux stagiaires du Cdl, pour les agréables moments passés.

Mes remerciements les plus sincères vont à ma famille qui a eu la force de me soutenir et de me réconforter malgré les plus dures épreuves de la vie et surtout à mon frère, Cédric, pour avoir existé et que je garde tout près de moi, dans mon cœur.

## *Résumé*

Dans le cadre de sa politique foncière de protection des espaces naturels côtiers et lacustres d'intérêt écologique et paysager, le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres a acquis il y a plus de 20 ans le site de Santa Giulia. Ce site très pollué depuis les années 1980, a été l'objet d'études en 1985 et 1992, la qualité du milieu semblait s'améliorer. Délaissé ensuite par l'organisme public, il nécessite aujourd'hui un état des lieux pour constater les tendances évolutives du milieu afin de suggérer des orientations de gestion. L'étude porte essentiellement sur les herbiers mixtes à *Ruppia sp.*, la faune aquatique, la qualité des eaux et sédiments, le fonctionnement de la lagune et la végétation. Les résultats montrent une progression de l'herbier depuis 1997, alors que la macrofaune benthique diminue en terme de diversité et de biomasse. Le milieu est classé comme confiné bien que le renouvellement des eaux soit assez fréquent. La végétation a évolué depuis 1993. A terme, ces résultats permettront d'établir un plan de gestion adéquat pour la protection, la valorisation et la restauration du site.

## *Mots clés*

Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, Site de Santa Giulia, lagune, diagnostic écologique, plan de gestion, Indice d'abondance moyen de l'herbier, macrofaune benthique, hydrodynamisme, grau, végétation, analyses physico-chimiques.

### *Abstract*

Within the framework its land policy of protection of the coastal and lakeside natural spaces of ecological and landscaped interest, the 'Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres' has acquired than twenty years ago the site of Santa Giulia. This site, very polluted since the 1980s, was the object of study in 1985 and in 1992 when the quality of the environment seemed to improve. Abandoned then by organization public, it nécessite an inventory of fixtures today to notice the tendencies evolutionary of the environment to suggest orientations of gestion. The study concerns essentially the *Ruppia* meadow, the aquatic fauna, the quality of waters and sediments, functioning of the lagoon and vegetation. The results show a progress of the meadow since 1997, while the benthique macrofauna decreases in term of variety and biomass. The lagoon is classified as confined environment. Although the renewal of waters is rather frequent. The vegetation evolved since 1993. Later, these results will allow to draw up an adequate plan of management for the protection, the valuation and the restoration of the site.

### Key word

Santa giulia's site, lagoon, ecological diagnosis, plan of management, average indication of abundance of meadow, macrofauna benthique, hydrodynamism, grau, vegetation, analyses physico chemical

## SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	7
MATERIEL ET METHODE .....	8
LE SITE ETUDIE.....	8
ETUDE CADASTRALE .....	9
ETUDE DE LA LAGUNE.....	9
Le bilan hydrique théorique de l'étang de Santa Giulia .....	10
L'hydrodynamisme .....	11
Le grau .....	11
La bathymétrie .....	11
La superficie .....	11
Les analyses physico chimiques de l'eau .....	11
Les analyses physico-chimiques des sédiments.....	12
LES FACTEURS BIOTIQUES.....	12
La macro faune benthique .....	12
La faune vagile.....	12
La flore aquatique .....	13
ETUDE DE L'ESPACE TERRESTRE .....	14
RESULTATS.....	15
ETUDE CADASTRALE .....	15
ETUDE DE LA LAGUNE.....	16
Le bilan hydrique théorique de l'étang de Santa Giulia .....	16
L'hydrodynamisme .....	18
Le fonctionnement et disfonctionnement du grau .....	18
La bathymétrie .....	20
La superficie .....	21
Les analyses physico chimiques de l'eau et du sédiment.....	21
LES FACTEURS BIOTIQUES.....	24
La macro faune benthique .....	24
La faune vagile.....	25
La flore aquatique .....	25
ETUDE DE L'ESPACE TERRESTRE .....	28
DISCUSSION.....	31
EVOLUTION DU MILIEU .....	31
SUIVI SCIENTIFIQUE.....	33
REHABILITATION ECOLOGIQUE ET PAYSAGERE .....	34
MAITRISE FONCIERE .....	35
DISCUSSION GENERALE .....	35
CONCLUSION.....	36
BIBLIOGRAPHIE.....	37
ANNEXES .....	39

# INTRODUCTION

---

Le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (Cdl), établissement public, a été créé par la loi du 10 juillet 1975. Il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Ecologie, de développement et de l'Aménagement durable. Son objectif est de mener une politique foncière de sauvegarde de l'espace littoral et de maintien des sites naturels et de l'équilibre écologique, par l'acquisition de sites fragiles et menacés, en vue de leur protection définitive (ATEN, Mai 2008).

Depuis 2003, le Cdl est tenu de réaliser les plans de gestion des territoires qu'il acquiert (décret du 29/08/03) afin de mettre en place le volet technique des relations entre le Conservatoire et les gestionnaires. Pour chaque site, ces documents de gestion comportent un bilan écologique et patrimonial, les objectifs à atteindre et les actions à mener (Leonardini, 2007).

La lagune de Santa Giulia a été acquise par le Cdl entre 1979 et 1981, et s'est faite en trois acquisitions. Différentes études ont déjà portées sur ce site.

En 1985, Frisoni établit un diagnostic écologique de l'étang. L'étude révèle un milieu eutrophisé et pollué, notamment par les rejets domestiques des résidences touristiques et par les rejets résiduels de la cave vinicole se trouvant à proximité. Le dépôt de litière de *Posidonia oceanica* contribue à l'apport en matière organique dans l'état et ainsi à l'eutrophisation du milieu. La photo-interprétation (Frisoni, 1985) met en évidence la diminution continue de la largeur du grau. La pêcherie de bordigue installée sur la rive à l'époque ne fait qu'amplifier ce phénomène.

En 1992, Frisoni établit la situation hydrobiologique de Santa Giulia. Les rejets domestiques sont relevés par une stations de relèvement et la cave vinicole a fermé, entraînant donc l'arrêt de ses rejets résiduels. Les conséquences de l'arrêt de ces rejets ont été une progression de l'herbier à *Ruppia sp.*, et la disparition de la plupart des espèces de macrofaune benthique typiques de milieu eutrophisé et la réapparition d'espèces plus sensibles.

En 1997, Agostini (2000) met en évidence la répartition des herbiers à *Ruppia sp.*, révélant ainsi une progression importante de l'herbier, excepté près des côtes et dans la zone d'embouchure des ruisseaux.

Aussi, le but de cette étude est de réaliser un diagnostic écologique du site de Santa Giulia plus récent et d'évaluer les tendances évolutives du milieu afin de proposer des orientations de gestion pour protéger, valoriser et restaurer le site.

# MATERIEL ET METHODE

## LE SITE ETUDIE

La lagune de Santa Giulia est située sur la commune de Porto-Vecchio (Corse du Sud), au fond du Golfe de Santa Giulia aux coordonnées : N41°31 / E9°16

Elle se trouve sur un territoire acquis par le Cdl de 310 ha (Frisoni, 1985) comprenant l'étang, la rive Ouest et le massif rocheux adjacent, nommé Giuncajola (Fig. 1)

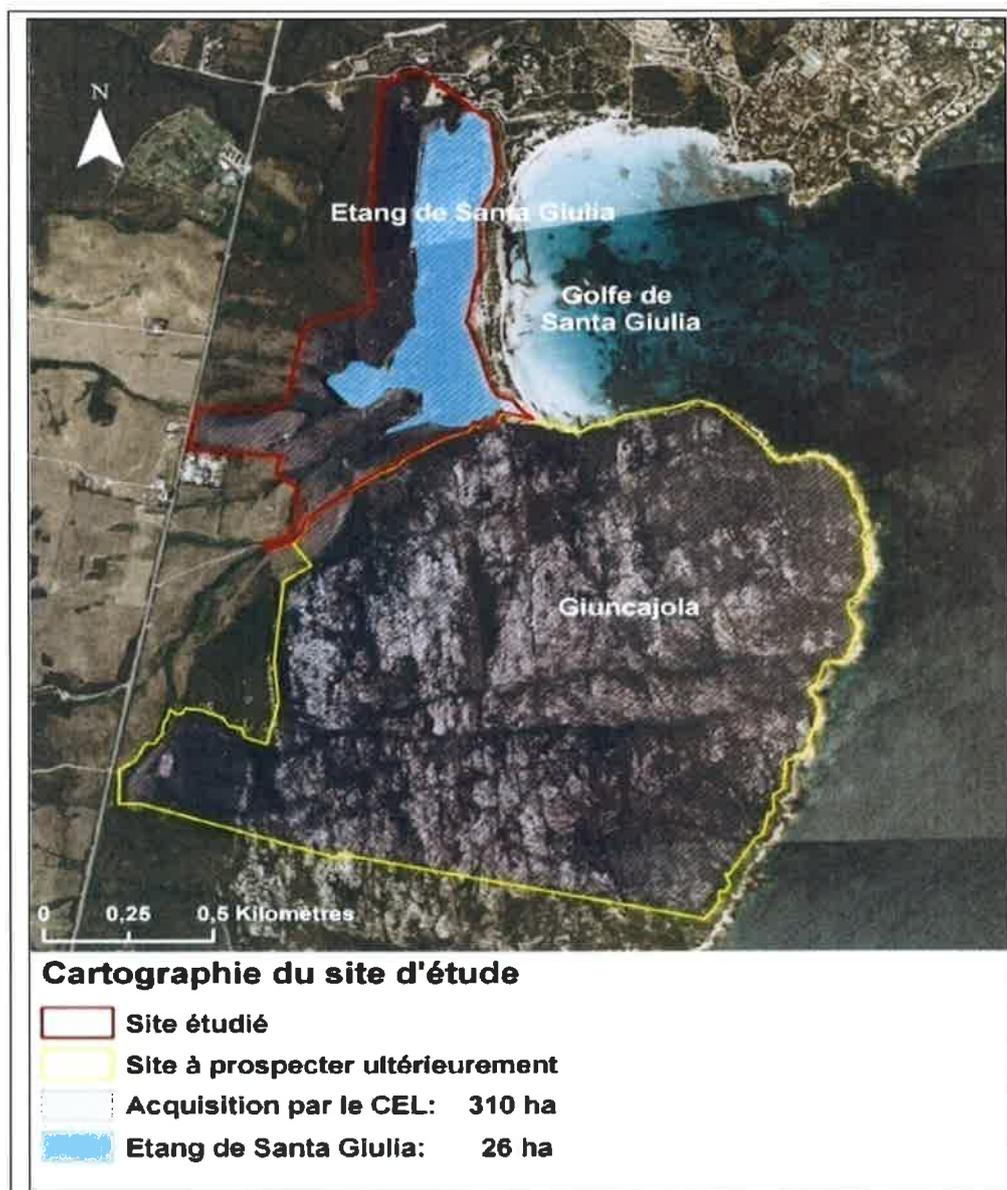


Fig. 1: Cartographie des terrains acquis par le Cdl, étudiés et à prospecter (d'après la photographie IGN 2002).

La végétation présente sur le site est essentiellement du maquis thermoméditerranéen (rive Ouest, Sud et Nord), mais aussi des sansouires, jonchaies et phragmitaies. Dans la lagune, les herbiers mixtes à *Ruppia sp.* dominant, accompagnés de quelques espèces de macrophytes.

La lagune de Santa Giulia est isolée de la mer par un cordon littoral sableux (Frisoni, 1985) en voie d'érosion depuis 1986 (Pergent-Martini *et al.*, 1997). Un grau au sud, qui n'a cessé de se réduire, permet une communication avec la mer. Un grau temporaire aurait existé au Nord de l'étang (Frisoni, 1985).

Le fond y est sablonneux-limoneux côté lido et grau, limoneux-argileux côté ouest, vaseux ailleurs. Au Sud, abondent des débris de *Posidonia oceanica* (Pergent-Martini *et al.*, 1997).

La lagune de Santa Giulia est divisée en deux sous – ensembles : le bassin Nord qui ne reçoit que les eaux de ruissellement du bassin versant, le milieu y est confiné ; et le bassin Sud, qui reçoit les eaux de trois ruisseaux principaux et est en communication avec la mer via le grau (Labbens, 2000).

Le site de Santa Giulia est devenu réserve cynégétique après l'arrêté préfectoral du 20-09-1988 (Labbens, 2000). Il est classé ZNIEFF type I sur 61 ha. (Labbens, 2000).

## **ETUDE CADASTRALE**

L'étude cadastrale permet la délimitation des parcelles acquises par le Cdl. Elle est réalisée sur le logiciel de Système d'information géographique (SIG) ArcGis 9.1, où les données internes du Cdl sont vectorisées et couplées à une photographie aérienne du site (2002, IGN: Institut Géographique National). Après consultation des propriétaires voisins, une carte des rives à céder est établie.

## **ETUDE DE LA LAGUNE**

Pour l'étude de la lagune, cinq stations de prélèvements et de mesures sont choisies, et différents paramètres, biotiques et abiotiques, sont étudiés.

### **LES STATIONS DE PRELEVEMENTS**

Les stations de prélèvements sont positionnées selon leur représentativité du milieu et en tenant compte des choix de stations des études précédentes (Frisoni, 1985 ; Frisoni et Dutrieux, 1992). Les positions des stations sont enregistrées avec un GPS (Global Positioning System). Les coordonnées sont notées en [Annexe 1](#). Des points test ont été positionnés avec le GPS afin de recalibrer les coordonnées de façon plus précises.

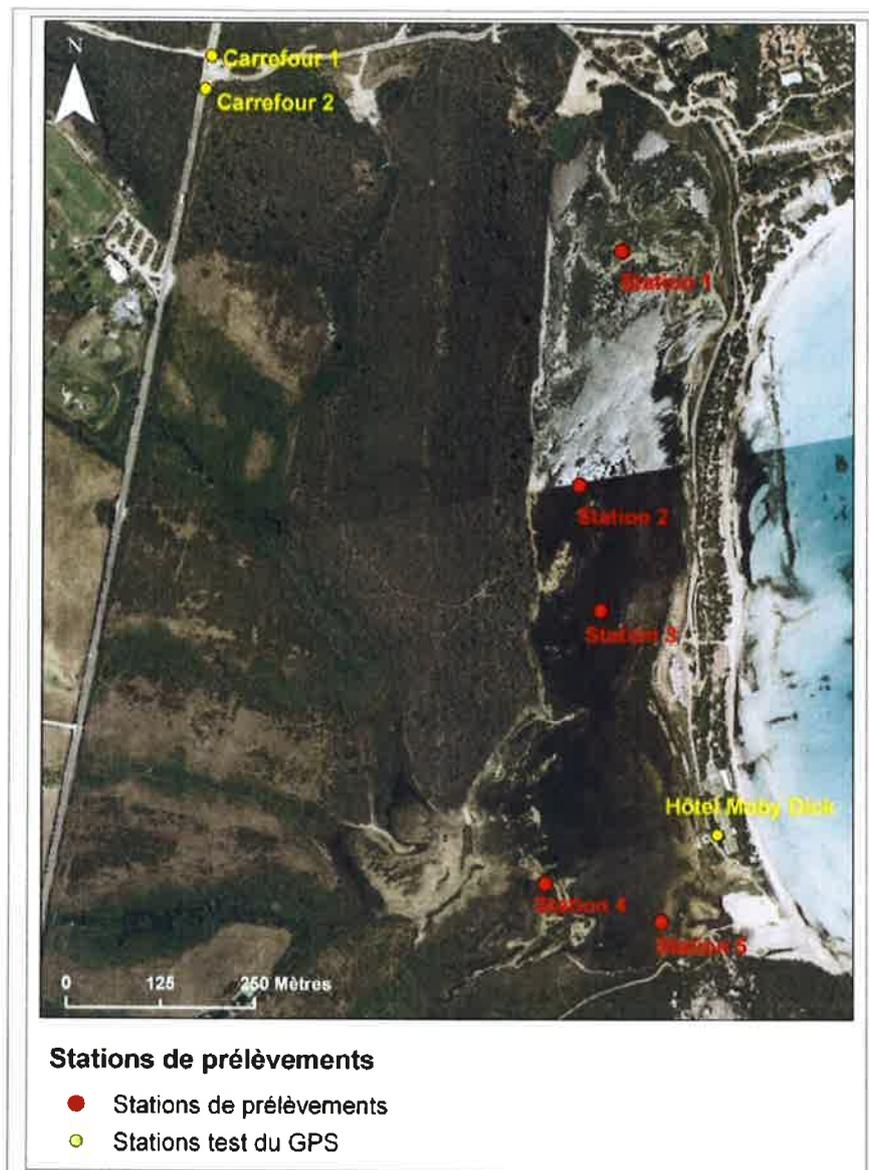


Fig.1 : Cartographie des stations de prélèvements et des stations tests.

## LES FACTEURS ABIOTIQUES

### *Le bilan hydrique théorique de l'étang de Santa Giulia*

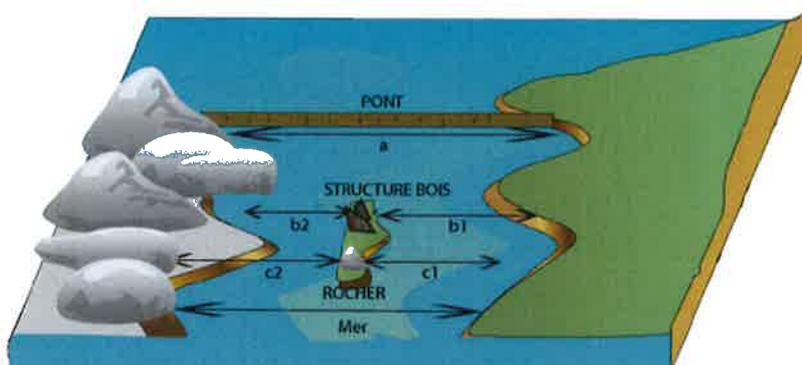
Le bilan hydrique théorique de la lagune est réalisé grâce à l'identification et l'estimation des apports et pertes d'eau et à l'observation du fonctionnement de la lagune. Le taux de renouvellement des eaux est calculé à partir de données mesurées, calculées ou prélevées dans la bibliographie (Calculs détaillé en [Annexe 2](#)).

## *L'hydrodynamisme*

Pour comprendre l'hydrodynamisme de la lagune, l'observation du vent, de sa direction, de son influence sur l'état du plan d'eau, sur les courants et sur les zones de dépôt est nécessaire.

## *Le grau*

Le grau n'a cessé de diminuer depuis 1971 où il mesurait 20m (Frisoni, 1985). L'observation du grau, de ses ouvertures/fermetures, de sa largeur et profondeur et des courants permet de comprendre l'influence des marées, de la météo et des activités anthropiques sur l'ampleur des échanges. Les mesures se font au pont, à la structure de bois et au rocher qui sont sur place, et donc toujours réalisées au même endroit (Fig.2). Le grau se divise en deux chenaux, le chenal nommé 1 est celui côté lido et le chenal nommé 2 est celui côté falaise.



**Fig. 2:** Schéma explicatif des lieux de prises de mesures

## *La bathymétrie*

La mesure de profondeur aux stations de prélèvements permet de donner des indications sur la bathymétrie. Ces relevés permettent de calculer le volume de l'étang. La profondeur se mesure à l'aide d'une règle graduée, à partir d'une embarcation ou à pied.

## *La superficie*

L'estimation approximative de la superficie de l'étang et d'éventuelles évolutions des rives se fait sur le SIG par la comparaison de photographies aériennes (IGN, 1992 et 2002).

## *Les analyses physico chimiques de l'eau*

Les prélèvements pour les analyses chimiques d'eau sont faits les 6 avril et 28 mai 2008 sur les cinq stations, à 15cm de profondeur. Elles portent sur le nitrate, l'ammonium, l'azote Kjeldhal, les orthophosphates, le phosphore total, le carbone organique dissous et la chlorophylle a. Le LD2A (Laboratoire départemental d'analyse des eaux) se charge des analyses.

Les mesures physiques portent sur la température, le pH, l'oxygène, le pourcentage de saturation en oxygène dissous, la salinité, la conductivité et la transparence de l'eau. Elles se font aux mêmes stations, aux mêmes moments et dans les mêmes conditions que les mesures chimiques. Elles sont réalisées avec une sonde multiparamètres d'abord prêtée par la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia puis acquise par le Cdl.

#### *Les analyses physico-chimiques des sédiments*

Les prélèvements pour les analyses physico-chimiques du sédiments sont fait le 8 juin 2008. Ils se font par carottier ([Annexe 3](#)) une fois à chaque station, à 15cm de profondeur, où sont prélevés 2.5kg de sable pour les mesures de granulométrie et 200g pour les analyses chimiques. Les prélèvements sont envoyés au LD2A qui sous traite les analyses à la SADEF.

### LES FACTEURS BIOTIQUES

L'étude des facteurs biotiques passe par l'identification des espèces présentes dans la lagune qui outre les fonctions d'inventaires, permettent de caractériser le milieu et son confinement.

#### *La macrofaune benthique*

Une opération de prélèvements sur la macrofaune benthique est réalisée avec un carottier ([Annexe 3](#)) le 1<sup>er</sup> avril 2008. Le nombre de carottes effectuées se fait en fonction des milieux différents existants à la station de prélèvement. Ainsi deux carottes sont prélevées aux stations 1, 2, 3, 4 et 3 carotes à la station 5 ([Annexe 4](#)). Les prélèvements se font à 15cm de profondeur. Un prélèvement test de six échantillons a été effectué à la station 5 et deux autres prélèvements de trois échantillons chacun ont été effectués près des rives afin de vérifier que les résultats n'ont pas été influencés par un échantillonnage trop faible ou par des prélèvements faits dans des milieux trop vaseux. Les échantillons prélevés sont triés au tamis (1mm de maille). Les individus vivants et morts sont identifiés puis comptés afin d'obtenir des proportions d'espèces selon les stations, de la biocénose et de la thanatocénose. Les prélèvements tests ne font l'objet que d'observations qualitatives.

#### *La faune vagile*

L'ichtyofaune est identifiée grâce à l'observation *in situ* et à la capture par piège à alevins fabriqué manuellement et déposé en face de chaque station, sur la rive. La capture de crustacés se fait grâce à un filet troubleau de manière aléatoire.

## La flore aquatique

Pour l'étude de la végétation lagunaire, la flore aquatique est dans un premier temps identifiée. Dans un deuxième temps, un état des herbiers est fait. Les cartographies disponibles sur les herbiers, (Frisoni, 1985 ; Frisoni et Dutrieux, 1992 ; Agostini, 2001) sont numérisées et vectorisées. La photo-interprétation étant impossible ici, il est alors mis en évidence des tendances évolutives. Deux types de transects sont réalisés. Des transects de vérification servent à confirmer la présence des herbiers là où ils étaient signalés présents par Agostini (2001), et absents là où ils n'étaient pas signalés (Fig. 3).

Des transects signalant la présence et la couverture des herbiers mixtes à *Ruppia sp.* (Annexe 5) pour des sections de longueur de 1m à 2.6m (selon les secteurs et difficultés de progression ; Annexe 6) et sur un mètre de part et d'autre du transect sont réalisés (Fig. 3)

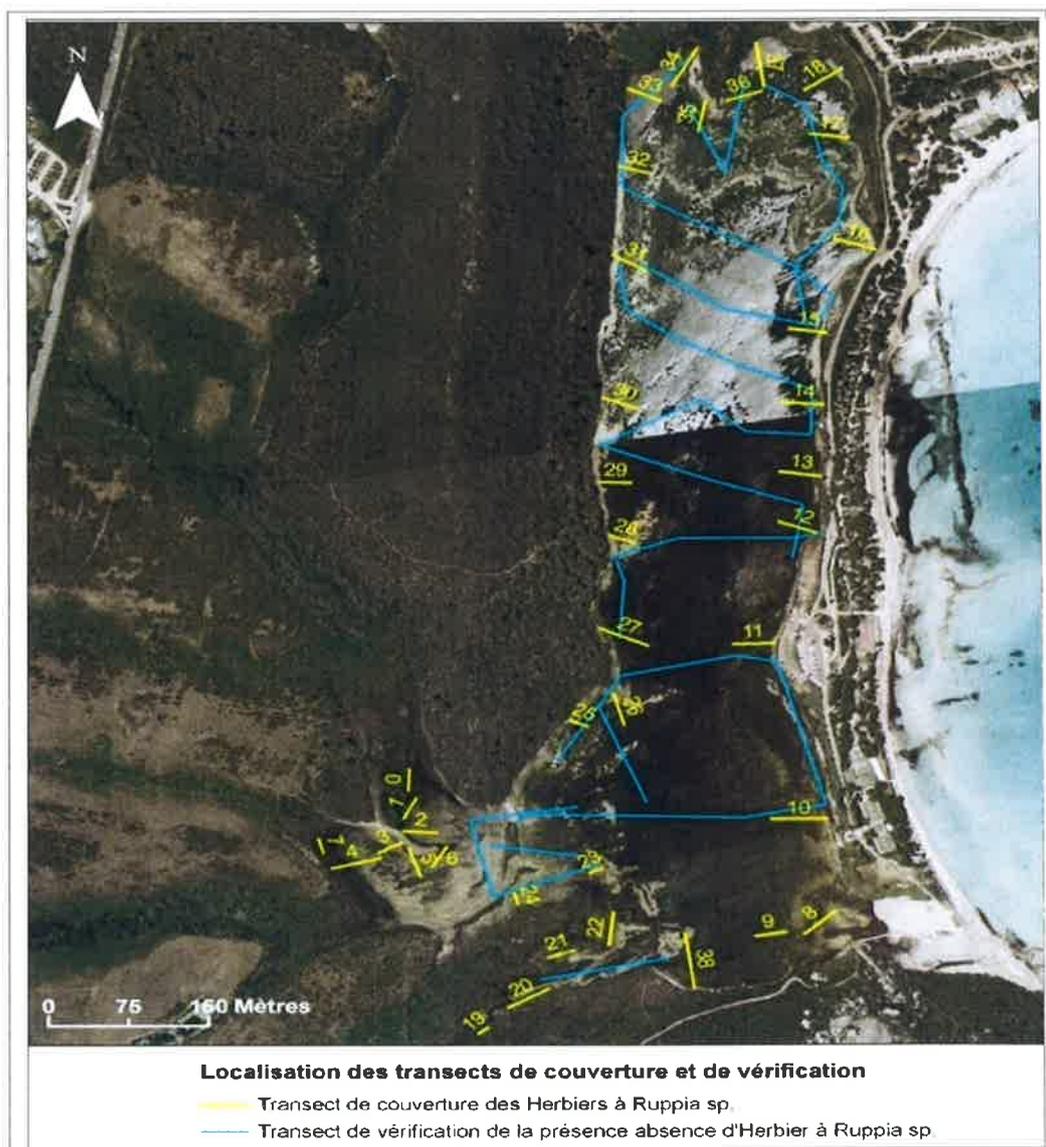


Fig. 3: Cartographie des transects de recouvrement/fréquence et transects de vérification réalisés

L'abondance des herbiers le long des transects est évaluée grâce à la fréquence d'observation et le recouvrement. On note la fréquence d'observation (%) en comptabilisant un point par section lorsque *Ruppia sp.* est présente, aucun point si elle est absente. Le recouvrement est noté et codifié (Tableau 1). Les résultats sont rapportés à la longueur du transect.

**Tableau 1:** Codification utilisée pour estimer le recouvrement de *Ruppia sp.* par surface unitaire.

Codification	Recouvrement (%)
0	0
1	5
2	10
3	20 à 49
4	50 à 89
5	90 à 100

Un Indice d'Abondance Moyen (IAM) de *Ruppia sp.* est défini pour un transect donné comme le produit fréquence\*code de recouvrement (Bernard *et al.*, 2002). Dans les résultats une valeur de 0 indiquera un transect sans herbier, une valeur de 50 indiquera un transect avec 100% de recouvrement par les herbiers sur la totalité du transect.

## **ETUDE DE L'ESPACE TERRESTRE**

### **LA VEGETATION**

Les grands changements dans la végétation du site depuis 1993 (Lorenzoni *et al.*) doivent être identifiés. Des vérifications sur le terrain des données de Lorenzoni *et al.* (1993) sont alors effectuées. Les grands changements sont notés et mis en évidence sur un logiciel de dessin (Adobe Illustrator).

### **LES ACTIVITES ANTHROPIQUES**

Les activités anthropiques sont identifiées à partir de la bibliographie déjà présente, par l'observation de traces ou impacts laissés par ces activités (débris, pollutions) et par le questionnement des habitants.

# RESULTATS

## ETUDE CADASTRALE

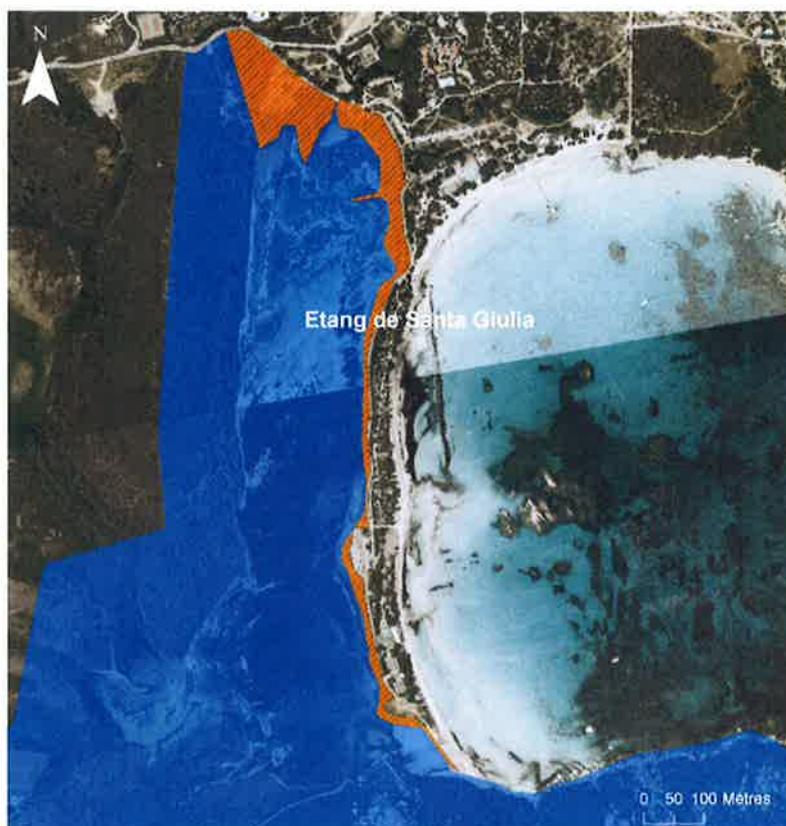
L'étude cadastrale révèle que le Cld possède 310ha : l'étang, la rive ouest et des parcelles adjacentes et le massif rocheux « Giuncajola » (Fig. 4). L'acquisition du site a commencé en 1979.



Fig. 4: Cartographie des territoires acquis par le Cld et appartenance des parcelles adjacentes.

En Corse, le propriétaire d'un terrain possède la partie des ruisseaux qui le traverse. Le Cld est donc propriétaire d'une partie des ruisseaux se déversant dans l'étang, soit le Vignarellu, le Lezza, l'Alzelli et une partie de leurs affluents.

Le terrain du Cld est bordé par quatre propriétaires : Corsabail (qui loue en leasing à la Société Anonyme Sud Corse Hôtellerie regroupant tous les propriétaires du lido), la Société d'Intérêt Collectif Agricole de Porto Vecchio, EDF (Electricité de France), et la famille Pandolfi, Mr Paul Pandolfi possédant une parcelle et Pandolfi confrère et sœurs possédant les trois dernières (Fig. 4). La cession d'une partie des rives a été proposée au Cld peu avant l'étude (Fig. 5).



**Parcelles acquises par le CELRL et possibilités d'acquisition**

- Parcelles acquises par le CELRL
- Proposition de cession de terrain

*Fig. 5:* Cartographie des parcelles qui pourraient être cédées au Cdl par leurs propriétaires

## **ETUDE DE LA LAGUNE**

### **LES FACTEURS ABIOTIQUES**

#### *Le bilan hydrique théorique de l'étang de Santa Giulia*

L'étang de Santa Giulia se divise en deux sous bassins : un bassin Sud approvisionné en eau douce par trois ruisseaux principaux et leurs affluents et en eaux salées par le grau; un bassin Nord,

approvisionné en eau par les eaux de ruissellement et par un petit ruisseau, dont il n'a jamais été fait mention dans les études précédentes

La lagune est alimentée en eau par un bassin versant de 15.5km<sup>2</sup> (Frisoni, 1985). L'apport d'eau douce est de 2 482 312 m<sup>3</sup> d'eau. Les ruisseaux apportent à eux trois 2 216 350 m<sup>3</sup> d'eau par an. Leurs bassins versants sont de 7.57km<sup>2</sup> pour le Vignarellu, de 1.40km<sup>2</sup> pour l'Alzelli et de 4.67km<sup>2</sup> pour le Lezza (Données fournies par la DIREN, obtenues par modélisation, 2008).

Les apports d'eau de mer sont estimés à 5 274 833 m<sup>3</sup> par an. L'évaporation sur l'étang est estimée à 314 600m<sup>3</sup> par an (Météo France, 2002). Le volume de l'étang étant estimé à 78000m<sup>3</sup>, le taux de renouvellement des eaux de la lagune par les eaux douces est de 2.4 fois par mois, il est de 5.6 fois par mois par les eaux marines, le taux de renouvellement total est de 8 fois par mois. Tous ces résultats sont schématisés dans la figure ci-dessous (Fig. 6).

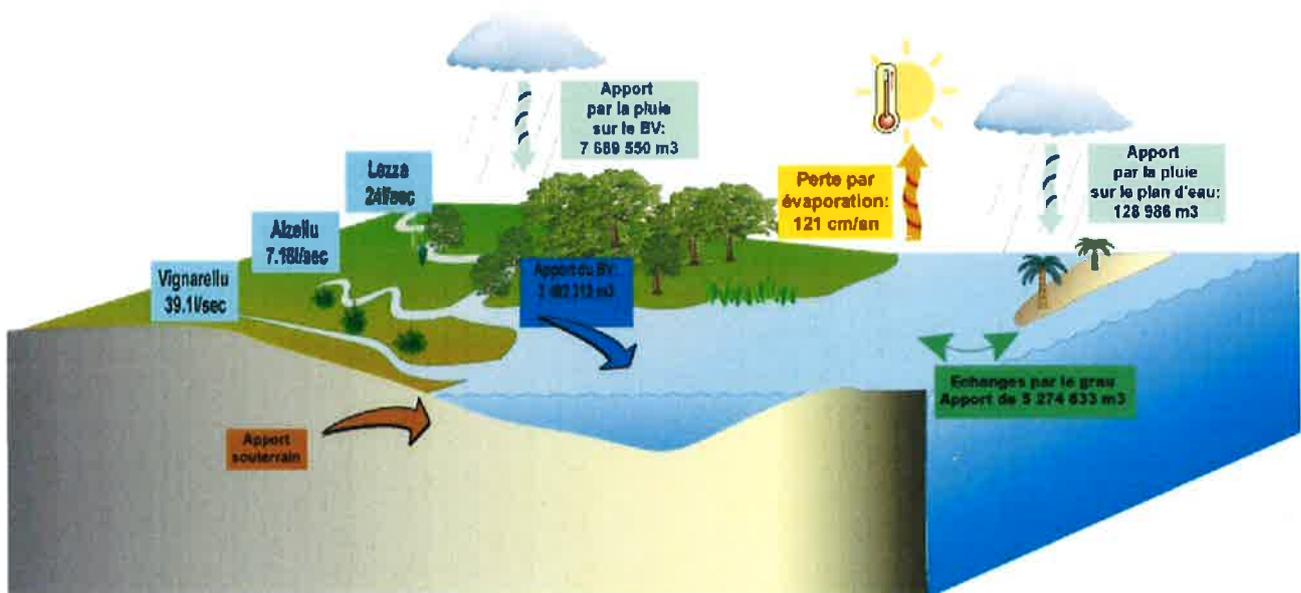


Fig. 6: Schématisation du fonctionnement de la lagune de Santa Giulia, apports et pertes en eau.

La profondeur moyenne a pu être sous estimée et la salinité moyenne peut être faussée par le manque de données sur une longue période. La première valeur peut modifier l'estimation du volume ; quant à la seconde, elle peut intervenir sur le calcul de la quantité d'eau de mer entrante. Les taux de renouvellement ont donc sans doute été surestimés, mais compte tenu de la petite taille du plan d'eau, ces résultats ne sont pas aberrants. Aussi, il s'agit plus ici d'obtenir un indicateur que de valeurs précises. On constate donc que les eaux de l'étang sont bien renouvelées.

## L'hydrodynamisme

Les vents les plus fréquents sur le site viennent du Sud-Ouest (SO), du Sud (S) et de l'Est (E). Les vents venant de la mer sont atténués par le lido et donc plus faible sur l'étang. Ce sont donc les vents de SO, du S et du Nord (N) qui brassent le plus les eaux de la lagune. Lors de forts vents, des vaguelettes se forment sur l'étang, entraînant des courants assez forts et remobilisant le sédiment (l'eau devient trouble). Par vents SO des zones d'accumulation se créent sur la rive Est, notamment la litière de *P. oceanica* qui s'accumule de plus en plus au fil du temps jusqu'à parfois être colonisée par la sansouire. Les échanges entre mer et lagune se font via le grau et sont influencés par les vents et marées.

### Le fonctionnement et dysfonctionnement du grau

Le vent influe sur la direction des courants et la vitesse d'entrée et de sortie des eaux de l'étang, bien que la marée soit la principale cause des mouvements dans le grau (Tableau 2). Les marées descendantes entraînent une sortie des eaux de l'étang, une marée montante fait pénétrer l'eau dans la lagune. Les vents jouent aussi un rôle sur ces courants, en les renforçant s'il est de même sens que la marée (Ex. 19 avril) ou en les inversant, au moins en surface quand il est de sens inverse (Ex. 7 et 28 mai). La marée barométrique due à la pression atmosphérique joue aussi son rôle.

**Tableau 2:** Observations du grau, des échanges mer/lagune selon les vents et marées.

Date	Marée	Vent	Courant	Grau	Plan d'eau	Commentaire
19-avr	Descendante	Fort vent d'Ouest	Sortant rapidement	Ouvert	Vaguelettes	Grau déborde
27-avr	Montante	Vent d'Est	Entrant	Ouvert	Rides/ vaguelettes	grau rétracté, chenal 1 légèrement obstrué.
07-mai	Descendante	Vent d'Est	Entrant côté lagune et sortant côté mer	Ouvert	Rides/ vaguelettes	
15-mai	Montante	Pas de vent	Entrant	Chenal 1 bouché	Aucun mouvement	Accumulation de litière de P.o. dans le grau 1
28-mai	Descendante	Fort vent d'Est	Entrant côté lagune et sortant côté mer	Grau ouvert	Rides/ vaguelettes	

P.o. : *Posidonia oceanica*

Le grau se divise en deux parties, nous appellerons le chenal 1 celui se trouvant le plus au nord et le chenal 2 celui le plus au Sud contre la falaise.

Les activités humaines ont une influence sur ces échanges. En effet, la litière de *P. oceanica* enlevée de la plage et déposée sur les rives de l'étang, s'envole avec le vent, pour finir dans l'étang.

Le dépôt se trouvant à proximité du grau est entraîné par les courants, la litière colmate en partie ou complètement le grau et cela se traduit dans les observations (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Tableau des mesures effectuées sur le grau en 2008

Date	larg. a	Prof. A	larg. b1	Prof. B1	Larg. b2	Prof. B2	Larg. c1	Prof. C1	Larg. c2	Prof. C2	Larg. Mer	Prof. Mer	Commentaires
01 avr	31.40	0.25	11.3	0.20	6.5	0.35	10.3	0.20	6.2	0.25	15.0	0.15	accumulation de litière sur le fond du grau 1 et 2
27 avr	32.00	0.30	12.8	0.25	6.0	0.40	15.5	0.25	8.0	0.30	12.3	0.15	accumulation de litière sur le fond du grau 1 et 2
07 mai	32.80	0.30	13.8	0.25	10.0	0.45	18.0	0.25	7.4	0.20	5.7	0.15	Accumulation de sable sur la rive nord du grau à l'embouchure, et accumulation de litière sur le fond du grau 1 et 2
15 mai	34.00	0.40	14.0	0.25	6.5	0.46	18.2	0.12	7.5	0.20	5.0	0.20	Grau 1 obstrué en partie par de la litière de P.o
22 mai	33.50	0.40	15.2	0.32	6.0	0.51	19.3	0.30	7.7	0.25	17.0	0.27	Petite réouverture du grau 1; léger comblement de la rive sud du grau près de l'étang par de la litière de P.o; présence d'un delta de sable à l'embouchure

P.o : Posidonia oceanica; Grau 1 : grau le plus au Nord; Grau 2 : grau le plus au Sud; Larg. : largeur; Prof. : profondeur

Lorsque la largeur du chenal 2 augmente, sa profondeur reste relativement stable, ce qui laisse supposer que la hauteur de la couche de litière déposée sur le fond (20cm) augmente avec la profondeur.

Les déplacements du grau dépendent de la dérive littorale qui semble aller du Nord vers le Sud. Ainsi, le lido empiète parfois sur la rive nord du grau réduisant sa largeur d'embouchure (Ex. 7 mai).

Le chenal 2, plus profond et contre la falaise, est plus stable et s'obstrue moins vite que le chenal 1.

On remarque également qu'en Mai, où les précipitations étaient particulièrement importantes (178mm, Données Météo France, 2008), le grau était plus large et plus profond, lorsqu'il n'était pas obstrué par la litière de *P. oceanica*.

Enfin, on remarque que les dimensions du grau n'ont cessé de diminuer depuis les premières mesures effectuées : 90m en 1889, 80m en 1952, 20m en 1971 (selon photo-interprétation, Frisoni et Dutrieux, 1992), 17m aujourd'hui.

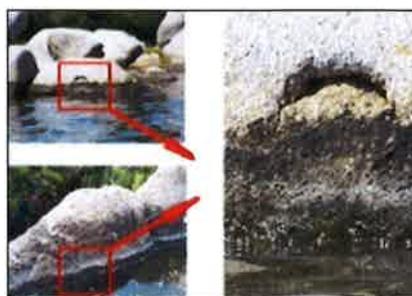
### La bathymétrie

Les mesures montrent clairement une évolution de la profondeur et ce pour chaque station (Tableau 4). Ces résultats vont de paire avec les précipitations inhabituelles qui ont eu lieu en avril et mai (178mm en mai 2008 contre 16mm en mai 2007 ; Météo France, 2008). Les stations du milieu de l'étang sont nettement plus profondes que les autres, la station 1 a un haut fond, ce qui contribue à son confinement.

**Tableau 4:** Mesures des profondeurs de chaque station.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
01-avr-08	22 cm	35 cm	32 cm	19 cm	18 cm
27-avr-08	20 cm	40 cm	38 cm	22 cm	20 cm
15-mai-08	23 cm	41 cm	40 cm	24 cm	24 cm
28-mai-08	36 cm	51 cm	58 cm	35 cm	35 cm

Par ailleurs, l'observation d'anciennes marques sur les rochers permet de constater une diminution du niveau d'eau de 11cm (au Sud) à 22cm au Nord (Fig. 7). Ces résultats peuvent être dus aux variations de niveaux d'eau, dues aux marées barométrique, à la sécheresse, à la pluviométrie.



**Fig. 7:** Photographie et mesures des différences de niveau d'eau dans l'année et par rapport au passé.

### La superficie

La superficie, estimée sur SIG, est à peu près égale à 26ha. Vu la difficulté à délimiter exactement la lagune sur photographie aérienne, il est difficile de dire si la surface n'a réellement pas changé. La délimitation de la lagune avec un GPS aurait permis une meilleure précision. La longueur maximale de l'étang est de 1120m, sa largeur maximale de 490m. La profondeur moyenne de l'étang étant de 30cm, le volume de l'étang est de 78000m<sup>3</sup>.

La comparaison de photographie aérienne de 1992 (pixellisée) et de 2002 ne semble pas montrer d'évolution des rives. Celle-ci devrait plutôt être mise en évidence par l'évolution de la végétation.

### Les analyses physico chimiques de l'eau et du sédiment

Les résultats d'analyses physiques et chimiques de l'eau sont traités ensembles (Tableau 5).

**Tableau 5 :** Résultats d'analyses physico-chimiques sur deux sessions de prélèvement d'eau pour chaque station en 2008.

	Stations	NH4	N	NO3	P	Ortho	COD	Chl. A	T°C	Sal	Cond	O2	Sat	pH	Transp
		μMol/l	mg/l	μMol/l	mg/l	PO4 μMol/l	mg/l C	μg/l		mS/cm	dissous mg/l	O2 %		eau	
06 avr	1	0.4	<1.0	<0.3	<0.0	<0.5	10.2	10.2	20.8	26.6	41.7	12	129	5	TB
	2	1.1	<1.0	<0.3	<0.0	<0.5	7.5	13.0	19	29.9	46.5	16.2	175	9.3	TB
	3	0.9	<1.0	<0.3	<0.0	<0.5	5.4	0.7	18.2	30.7	47.7	11	126	8.9	TB
	4	0.6	<1.0	<0.3	<0.0	<0.5	4.0	2.0	18.6	29.5	46	9.5	101	8.9	TB
	5	0.6	<1.0	<0.3	<0.0	<0.5	3.2	4.8	17.7	32.7	50.4	8.9	96.3	4.9	TB
28 mai	1	1.0	<1.0	<0.3	0.1	1.2	11.3	1.0	25.2	41	61	2.8	34.3	8.2	TB
	2	2.1	<1.0	<0.3	<0.0	1.0	10.7	<0.1	23.6	46	67.2	5.9	70	8.4	TB
	3	1.9	<1.0	<0.3	<0.0	0.9	8.5	0.2	23.5	49	71.8	5.7	66	8.4	TB
	4	2.0	<1.0	<0.3	<0.0	1.2	8.0	0.9	22	22.5	36.2	6.6	75.5	8.1	TB
	5	2.3	1.0	<0.3	<0.0	0.7	4.4	1.8	22.5	29	45	5.3	61.3	8.0	TB

NH4: Ammonium; N: Azote Kjeldhal; NO3: Nitrate; P: Phosphore total; Ortho PO4: Orthophosphate; COD: Carbone Organique Dissous; Chl.A: Chlorophylle A; T°C: température; Sal: Salinité; Cond: Conductivité; O2 dissous: Oxygène dissous; Sat O2: Pourcentage de saturation en oxygène ; pH : Potentiel Hydrogène ; Transp: transparence; TB: Très Bonne

Les mesures physiques du 6 avril 2008 ont été faussées par une sonde défectueuse, elles ne seront donc pas analysées. Les analyses physiques de l'eau (Ex. 28 mai) montre un gradient de salinité et de température décroissant du Nord au Sud, ce qui laisse penser que le renouvellement de l'eau agit surtout au Sud de la lagune. La saturation en oxygène permet de caractériser l'état d'eutrophisation

de l'étang et est mauvaise pour la station 1, bonne pour la station 2 et moyenne pour les autres stations (Grille d'interprétation Ifremer, 2004). Le pH définit l'eau comme basique.

Selon les grilles d'interprétations (Annexe 7; Ifremer, 2001) et en prenant en compte les valeurs déclassantes, les nitrates caractérisent le milieu comme très bon, l'ammonium le définit comme bon. La chlorophylle A décrit le milieu comme médiocre pour les stations 1 et 2, très bon pour les stations 3, 4 et 5. Ces résultats montrent un probable bloom phytoplanctonique en avril 2008, dont la mort de la biomasse phytoplanctonique aurait entraîné une forte consommation en oxygène pour sa dégradation, ce qui expliquerait le faible taux de saturation en oxygène, surtout pour la station 1 dont la diminution en chlorophylle A a été importante entre les deux prélèvements. La concentration en azote total et en phosphore total est normale.

Les mesures sur l'eau montrent donc un milieu en très bon à bon état en général, moins bon pour la partie Nord de l'étang.

Les résultats d'analyses des sédiments sont présentés avec leur granulométrie (Tableau 6).

**Tableau 6 :** Résultats d'analyses physico-chimiques portant sur les cinq stations, prélevés sur une session de prélèvements le 5 juin 2008 (Résultats estimés sur Terre fine sèche à 2 mm).

Granulo	Stations	Refus 2 mm %	Argile ‰	Limon Fin ‰	Limon Grossier ‰	Sable Fin ‰	Sable Grossier ‰	Mat. Org. ‰	Carb. Org. ‰	N <sub>T</sub> ‰	C/N
	1	9.7	198	164	81	249	308	95.2	55.0	5.01	10
	2	4.9	192	103	59	307	339	85.6	49.5	4.53	10
	3	5.5	172	118	65	298	346	94.7	54.7	4.69	11
	4	16	83	67	33	88	729	16.5	9.6	0.61	15
	5	6.7	17	<5	<5	62	916	7.5	4.3	0.29	15
Analyses chim	Stations	Pt g/kg	As mg/Kg	Cd mg/Kg	Cr mg/Kg	Cu mg/Kg	Hg mg/Kg	Ni mg/Kg	Pb mg/Kg	Zn mg/Kg	
	1	0.32	2.4	0.28	32.8	11.7	0.059	8.8	27.0	68.0	
	2	0.24	1.8	0.14	46.8	9.1	0.039	6.3	24.0	38.7	
	3	0.25	2.4	0.17	26.4	8.5	0.040	6.8	24.0	41.5	
	4	0.083	1.7	0.041	10.3	3.4	0.024	2.3	24.5	27.4	
	5	0.057	0.93	<0.04	4.7	<3	0.009	<0.8	14.5	5.3	
<b>Granulo :</b> granulométrie, <b>Analyses chim :</b> Analyses chimiques, <b>Argile:</b> fraction < 2µm; <b>Limon fin:</b> fraction entre 2µm et 20µm; <b>Limon grossier:</b> fraction entre 20µm et 50µm; <b>Sable fin:</b> fraction entre 50µm et 200µm; <b>Sable grossier:</b> fraction entre 200µm et 2mm; <b>Mat. Org.:</b> Matière organique; <b>Carb. Org.:</b> Carbone organique; <b>N<sub>T</sub>:</b> Azote Total; <b>C/N:</b> Rapport Carbone/Azote; <b>Pt:</b> Phosphore total; <b>As:</b> Arsenic; <b>Cd:</b> Cadmium; <b>Cr:</b> Chrome; <b>Cu:</b> Cuivre; <b>Hg:</b> Mercure; <b>Ni:</b> Nickel; <b>Pb:</b> Plomb; <b>Zn:</b> Zinc											

On constate que le Nord de l'étang est sablonneux vaseux, tout comme le centre de l'étang. En descendant vers le sud de la lagune la proportion d'argile devient plus faible et la proportion de sable grossier plus forte. La station 4 présente un sol fait essentiellement de sable grossier, tout comme la station 5 qui ne comporte presque pas d'argile et de limon. On peut donc déduire que les stations du Nord retiendront plus de pollution dans leurs sédiments que celle du Sud. Ces résultats sont confirmés par les analyses. En effet, quelques soient les métaux traces considérés, ils sont toujours en quantités plus élevées dans le Nord. La station proche du grau présente des taux très faible, sans doute grâce au renouvellement des eaux plus important dans cette zone. La station 4 présente des taux un peu plus élevé mais beaucoup moins qu'ailleurs. On peut supposer qu'il y a peu d'apports de polluants par les ruisseaux (si l'on considère que le contexte géologique est le même au Nord et au Sud).

Selon les grilles d'interprétation (Annexe 8; Ifremer, 2001), la Matière Organique contenue dans les sédiments des stations 1, 2 et 3 montre un état médiocre, très bon pour les stations 4 et 5. L'Azote Total contenu dans les sédiments révèle un état du milieu mauvais pour la station 1, médiocre pour les stations 2 et 3 et très bon pour les stations 4 et 5. Le phosphore total est caractéristique de milieu en très bon état pour toutes les stations.

Selon l'arrêté du 14 juin 2000<sup>1</sup> et les grilles d'interprétations des niveaux de métaux traces correspondants (Annexe 9), aucun contaminant n'atteint le niveau N1 (impact potentiel neutre ou négligeable). Si l'on se réfère aux grilles utilisées par l'Ifremer (Ifremer, 2004), le Plomb et le Mercure sont classés en Etat 2 (état passable) à la station 1, et le Cadmium en Etat 2 pour les stations 1 et 3 (Annexe 10). Mais selon les niveaux de référence définis par le groupe GEODE pour les métaux traces, tous les métaux ici présents ont une teneur inférieure au bruit de fond environnemental sauf le Chrome pour la station 2 (Ifremer, 2004).

---

<sup>1</sup> *Relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire*

## LES FACTEURS BIOTIQUES

### LA FAUNE AQUATIQUE

#### *La macrofaune benthique*

Après prélèvements de macrofaune benthique, les espèces ont été déterminées et comptées (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Récapitulatif des espèces prélevées à chaque station, estimation de la biocénose et de la thanatocénose moyenne en fonction du nombre de carottes effectuées.

Espèces	Stat 1	Stat 2	Stat 3	Stat 4	Stat 5	Espèces	Stat 1	Stat 2	Stat 3	Stat 4	Stat 5
<b>Hydrobia acuta</b>	1200T	970T	1200T	45T	1800T	<b>Ruditapes decussatus</b>	/	/	/	/	1T
<b>Cerastoderma glaucum</b>	80T	80T	100T	25T 1B	80T	<b>Ruditapes aureus</b>	/	/	/	/	7T
<b>Abra ovata</b>	6T	7T	15T	51T 6B	40T	<b>Donax sp.</b>	/	/	/	/	2T
<b>Chironomes</b>	/	2B	/	/	/	<b>Loripes lacteus</b>	/	/	/	/	140T
<b>Upogebia littoralis</b>	/	/	/	/	2B	Un nombre moyen d'individus trouvés a été calculé selon le nombre de carotte effectué par station; T: Tanatocénose; B: Biocénose; Les crabes n'ont pas été comptés mais observés.					

Peu d'individus vivants sont trouvés, quelque soit l'espèce. Le faible échantillonnage n'est pas mise en cause car les prélèvements test ne dévoilent qu'une espèce supplémentaire (*Nereis diversicolor*) et en faible quantité et la biocénose n'est pas plus importante que lors des premiers prélèvements. Le peu d'individus vivants trouvés sont des adultes, souvent *Cerastoderma glaucum*. Les juvéniles semblent ne pas survivre. Des chironomes ont été trouvés en plus grande quantité (espèce dominante dans le prélèvement), ce sont des espèces caractéristiques de milieux eutrophisés. Au vu des résultats, il n'est possible de caractériser le confinement du milieu que grâce à la thanatocénose. Selon la théorie du confinement (Guelorget et Perthuisot, 1983), les espèces qui y vivaient indiquent que les stations 1, 2, 3, 4 et 5 avaient un degré de confinement entre 3 et 4. La présence de *Loripes lacteus* et *Upogebia littoralis* caractérise aussi le grau comme ayant un confinement de 2 à 3. L'étang semblant être surtout caractérisé par *Hydrobia acuta*, *Cerastoderma glaucum* et *Abra ovata* aurait un degré de confinement global de 4 à 5, hormis pour le grau.

### *La faune vagile*

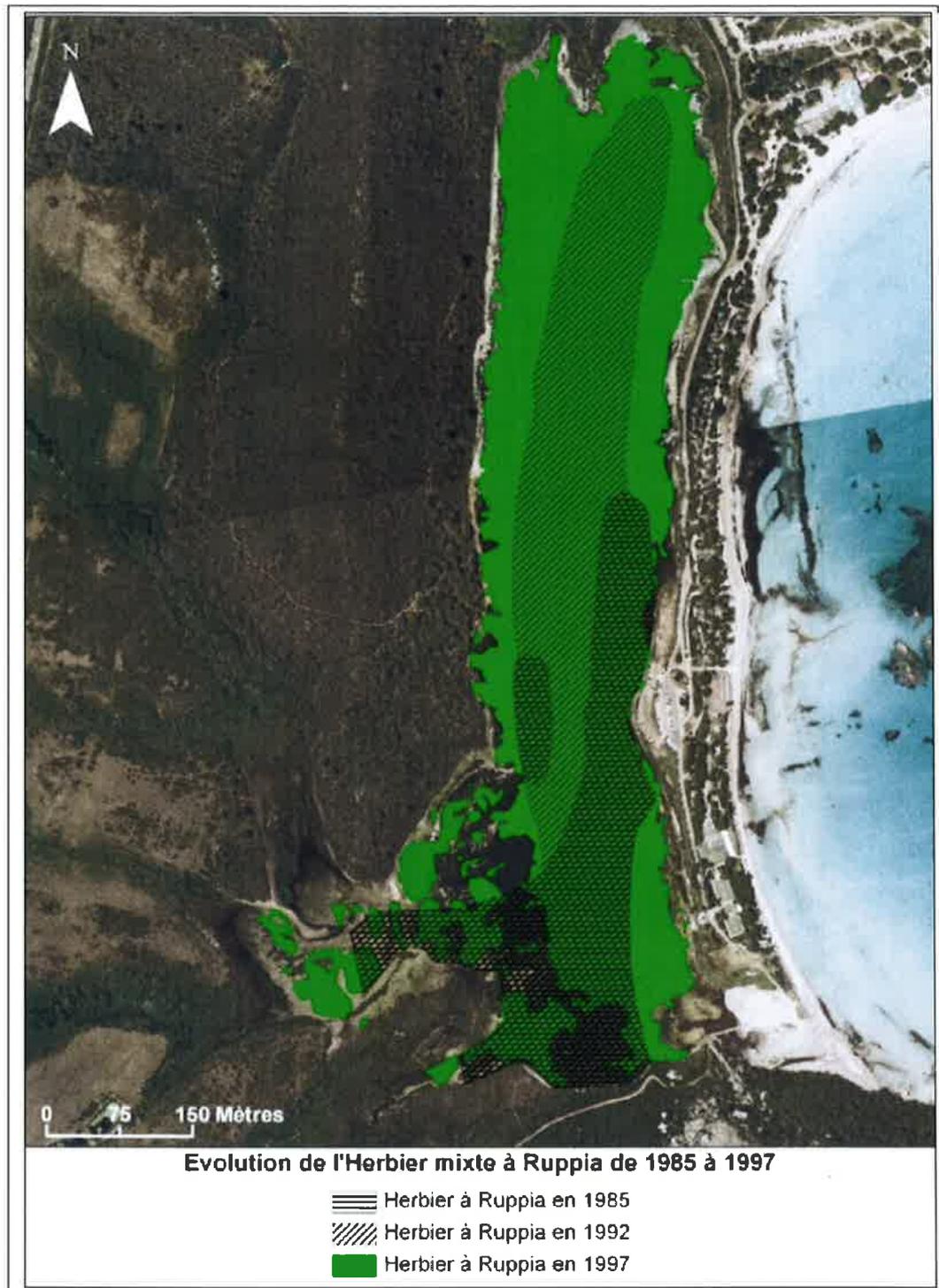
Les poissons observés sont *Pomatoschistus marmoratus*, *Aphanius fasciatus* et *Atherina boyeri*. Le pêcheur pêcherait *Anguilla anguilla*. *Gambusia affinis* a été observé dans le Lezza et proviendrait d'une introduction dans les mares du golf voisin pour lutter contre les moustiques.

*Pachygrapsus marmoratus* et *Carcinus marnas* ont été observés. *Upogebia littoralis*, espèce typique des milieux à influence marine a été également capturée par filet troubleau près du grau. Ailleurs dans l'étang, *Mysis sp.* (espèce caractéristique de milieu confiné) semble dominer.

### *La flore aquatique*

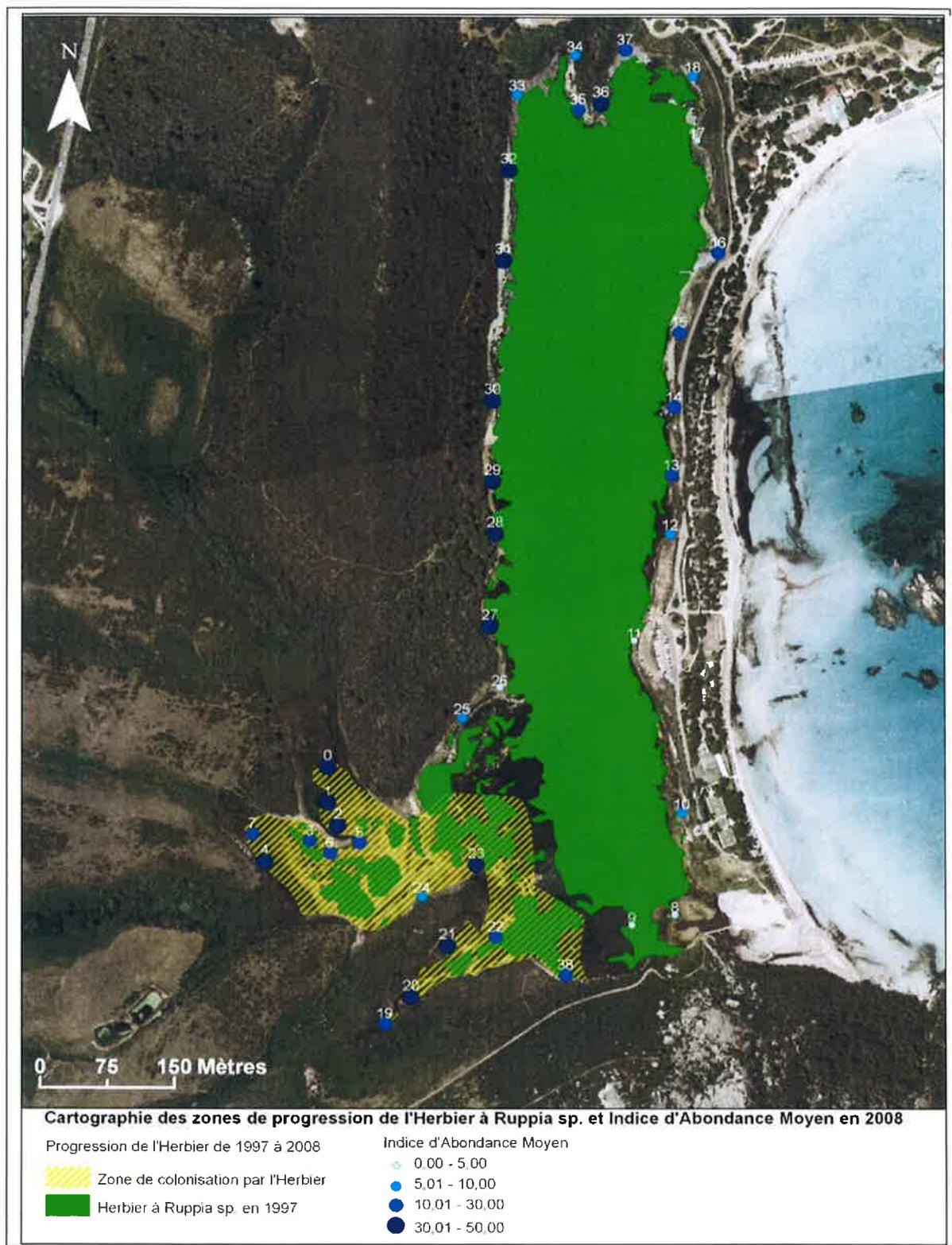
Parmis la flore aquatique, on trouve *Ruppia sp.*. Si *Ruppia cirrhosa* a été formellement identifiée, ce n'est pas le cas de *Ruppia maritima* (mais identifiée en 1997 par Agostini (2001)). Les macrophytes présentes sont *Chaetomorpha linum* et *Rhizoclonium riparium*, observées surtout dans le sud de l'étang, dans la zone d'apport des ruisseaux, là où les bovins viennent se rafraîchir

Les herbiers mixtes à *Ruppia sp.* ont progressé depuis 1985 (Fig. 8).



*Fig.8* : Progression des herbiers de 1985 à 1997, d'après les cartographies de Frisoni (1985), Frisoni et *Dutrieux (1992)*, *Agostini (2001)*.

La cartographie des IAM, ainsi que de la zone où une progression évidente de l'herbier à *Ruppia sp.* a été observée permettent une meilleure interprétation des résultats (*Fig. 9*). Les herbiers les plus abondants et réguliers se trouvent surtout sur la côte ouest, aux embouchures des ruisseaux et au Nord. Enfin les transects 19 et 22 (Sud) montrent un herbier épars mais régulier. Les transects à IAM le plus faible se trouve surtout à l'Est, là où les débris de *P. oceanica* sont les plus importants.



**Fig. 9:** Cartographie des zones de progression de l'herbier mixtes à *Ruppia sp.* et des IAM en 2008

Ces deux types de transect ont permis de mettre en évidence une importante progression de l'herbier mixte à *Ruppia sp.* dans la région Sud Ouest, où il occupe quasiment toute la zone (Fig. 9). Si l'on s'accorde à dire qu'un IAM élevé peut être signe de progression et un IAM faible là où l'herbier était noté présent un signe de régression, l'on peut dire que l'herbier progresse à l'Ouest et

surtout dans le Sud de l'étang, alors qu'il semble régresser, du moins souffrir de l'apport de litière en *P. oceanica* sur la rive Est et près du grau. Pour le reste, l'herbier ne semble pas avoir évolué, il reste important dans toute la lagune mais reste quasiment toujours éloigné de quelques mètres de la rive. La partie de l'étang se situant sans herbier (entre le transect 2 et le transect 9) n'est toujours pas colonisée. Les fréquences, recouvrement et IAM sont présentés en annexes ([Annexe 11](#))

## ETUDE DE L'ESPACE TERRESTRE

### LA VEGETATION

La végétation est légèrement différente de celle relevée par Lorenzoni (1993). Cela peut s'expliquer par de réelles modifications ou par une différence d'appréciation sur le terrain ([Fig. 10](#)).

Les principaux changements et précisions à noter sont :

La rive Est : *Inula crithmoides* et *Halimione portulacoides* dominent le secteur proche de l'eau. *Phragmites australis* domine les terres plus hautes. Les sansouires sont souvent présentes. Elles s'installent également sur les litières de *P. oceanica* dures mais toujours humides. Des parties de phragmitaies ont disparu au profit de *Juncus acutus*. Le groupement d'*Arthrocnemum glaucum* a disparût. En général, du plan d'eau vers la terre ferme, la végétation se répartit comme suit : Salicornes annuelles/Salicornes vivaces/inule ou obione/joncs divers/ Phragmites. Près du grau, l'accumulation de sable et de litières de *P. oceanica* a formé des dunes où des plantes typiques des milieux sableux s'installent. Des pieds de *Tamarix africana* ont apparût.

La rive Ouest : peu de changement sont à noter, si ce n'est la disparition de l'obione sur une avancé de Terre. Le transect *H. portulacoides*, *I. crithmoides*, *J. acutus* vers les terres, suivis de Salicornes vivaces puis de salicornes annuelles vers les rives s'observe sur une bonne partie de la rive Ouest.

La rive Sud : La végétation a quasiment disparût de la langue de terre. Les sansouires s'installent sur les rivages de l'embouchure du Lezza, mais sont envahies en partie sur la rive droite du Vignarellu par *Puccinellia festuciformis* et *Juncus maritimus*. *Juncus acutus* progresse çà et là. *Cotula coronopifolia* colonise presque totalement l'ancien groupement à *Juncus subulatus* sur les rives du Lezza, et commence à coloniser les rives du Vignarellu et de l'Alzelli.

Légende.

1 : Groupement à *Phragmites australis*, 2 : Groupement à *Scirpus maritimus* fo *compactus*, 3 : Groupement à *Carex otrubae* et *Senecio aquaticus* subsp. *barbaretifolius*, 4 : Groupement à *Dorycnium rectum* (et *Phragmites australis*, *Rubus ulmifolius*, *Phillyrea angustifolia*.), 5 : Groupement à *Phragmites australis* et *Sporobolus pungens*, 6 : Groupement à *Juncus maritimus*, 7 : Groupement à *Juncus subulatus*, 8 : Groupement à *Sarcocornia* (= *Arthrocnemum*) *fruticosa*, 9 : Groupement à *Arthrocnemum glaucum*, 10 : Groupement à *Salicornia emerici* et *Salicornia patula*, 11 : Mosaïque à *Salicornia emerici*, *Salicornia patula* et *Puccinellia festuciformis* s. l., 12 : Groupement à *Halimione portulacoides*, 13 : Groupement à *Inula crithmoides*, 14 : Groupement à *Puccinellia festuciformis* s. l., 15 : Mosaïque entre *Juncus acutus* et des espèces prairiales, 16 : Mosaïque entre *Juncus acutus* et *Halimione portulacoides*, 17 : Groupement à *Juncus acutus* et *Elymus pycnanthus*, 18 : Groupement à *Juncus maritimus* et *Scirpus maritimus*, 19 : Mosaïque entre *Arthrocnemum fruticosum*, *Halimione portulacoides* et *Parapholis filiformis*, 20 : Peuplement de *Tamarix africana*, 21 : Groupement à *Triglochin bulbosa* subsp. *barrelieri*, *Spergularia bocconii* et *Parapholis filiformis*, 22 : Groupement à *Elymus elongatus*, 23 : Groupement à *Spartina versicolor*, 24 : Groupement à *Spartina versicolor* et *Schoenus nigricans*, 25 : Groupement à *Dittrichia viscosa*, 26 : Groupement à *Atriplex hastata*, 27 : Groupement à *Plantago coronopus* subsp. *coronopus*, 28 : Peuplement d'*Alnus glutinosa*, 29 : Saussaie à *Salix atrocinerea*, 30 : Remblai avec *Juncus acutus* et *Halimione portulacoides*, 31 : Mosaïque entre *Juncus acutus*, *Dittrichia viscosa* et *Cotula coronopifolia*, 32 : Sable et débris coquillers, 33 : Sable nu et feuilles mortes de *Posidonia oceanica*, 34 : Rochers, 35 : Route, Ad : *Arundo donax*, Cal : *Callitriche stagnalis*, Cr : *Crithmum maritimum*, Ef : *Elymus farctus*, Ep : *Elymus pycnanthus*, F : *Frankenia laevis*, G : *Galium verrucosum* var. *halophilum*, Ip : *Iris pseudacorus* et *Juncus effusus*, Ja : *Juncus acutus*, Jm : *Juncus maritimus*, Js : *Juncus subulatus*, Jp : *Juniperus phoenicea*, L : Lido construit, M : Maquis, P : *Puccinellia festuciformis* s. l., Ph : *Phragmites australis*, Qs : *Quercus suber*, R : *Ruppia maritima*, S : *Salicornia emerici* et *Salicornia patula*, Sc : *Schoenus nigricans*.

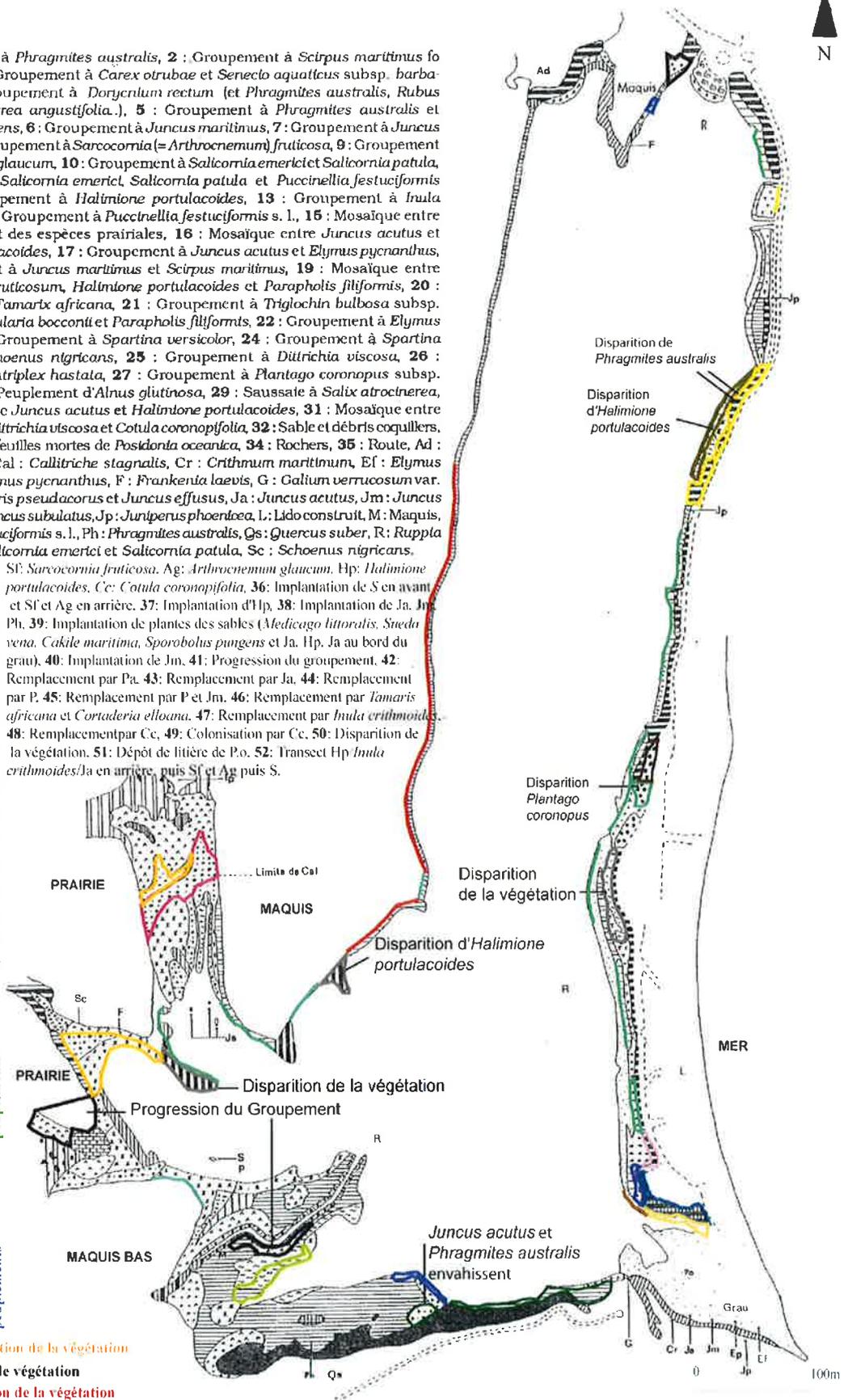
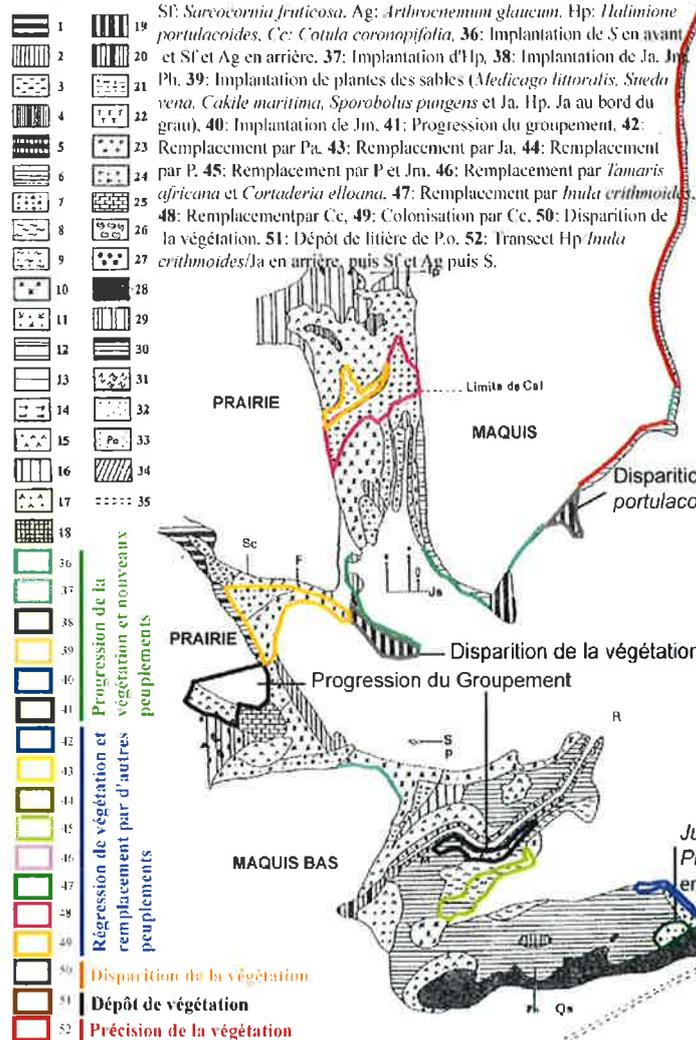


Fig. 10: Cartographie des changements de végétation des rives de la lagune de Santa Giulia par rapport à 1993 (Lorenzoni, 1993)

## LES ACTIVITÉS HUMAINES

La pêche de loisir a été pratiquée encore jusque récemment dans la lagune mais n'est plus aujourd'hui. Les filets, colmatés, sont toujours sur place. Quelques personnes viennent parfois prélever des crabes dans l'étang.

Aucune activité n'a lieu dans l'étang, ce sont plutôt les rives qui sont touchées. La rive Ouest est peu fréquentée car peu accessible alors que la rive Est est très fréquentée.

La chasse était pratiquée, des cartouches, sûrement anciennes, ont été retrouvées. Mais le site étant classé en réserve cynégétique, cette activité ne devrait plus avoir lieu.

Des randonnées en quad sont aussi organisées sur le chemin des rives sud de l'étang.

La cave vinicole n'existe plus. Le bâtiment a été repris par une entreprise de matériaux de construction. L'ancien Club Med ainsi que l'Hôtel Moby dick ont été rachetés par la SA Sud Corse Hôtellerie. Des stations de relèvement des eaux ont été installées afin de collecter les eaux usées. Les propriétaires du lido continuent cependant de débarrasser la plage de la litière de *P. oceanica*. Cette litière n'est plus déversée dans l'étang, mais parfois sur les rives Sud-Est. La SA Sud Corse Hôtellerie semble décidée à céder ses rives au Cdl. En attendant, elle a décidé de donner autant que possible un aspect sauvage au lido en fermant un parking pour qu'il reprenne son état naturel, en créant des dunes artificielles à côté du grau, en plantant beaucoup de végétation sur le lido. Les résidences Castel Verde et Casa Sultana ont été construites dans un souci d'intégration paysagère.

Enfin, des travaux ont été menés au Nord, où se trouve un village marin. Selon les habitants ces travaux ont contribué à augmenter les apports sur la rive Nord car les ruissellements seraient canalisés directement dans le ruisseau au Nord, entraînant régulièrement des débordements du ruisseau et des inondations. Une digue artisanale a alors été construite.

# DISCUSSION

---

Les résultats obtenus lors de cette étude permettent d'identifier les tendances évolutives du site et d'envisager des mesures de gestion afin de restaurer, protéger et valoriser cette zone.

## EVOLUTION DU MILIEU

### L'HERBIER MIXTE A RUPPIA SP.

L'arrêt de l'activité de la cave viticole et donc des rejets dans les ruisseaux semble avoir permis la progression de l'herbier mixte à *Ruppia sp.* dans la zone d'embouchure des ruisseaux.

La progression de l'herbier est paradoxale à la régression de la macrofaune benthique. Il est impossible de savoir, vu l'absence d'étude entre 1992 et aujourd'hui, si l'herbier était moins important il y a quelques années, ou s'il a progressé puis régressé à nouveau. L'absence de recolonisation par l'herbier d'une partie de l'étang (entre le bassin Sud et le bassin Nord) est encore inexpliquée. La présence importante dans le sud d'épiphytes peut s'expliquer par une mauvaise dégradation de la matière organique (Rapport C/N élevé, taux de matière organique bas).

Le manque de suivi pendant les 16 dernières années rend plus difficile le travail d'interprétation. Il serait nécessaire dorénavant de suivre l'herbier, et d'en faire un état régulièrement (tous les deux ans). Aussi des investigations complémentaires pourraient être intéressantes pour comprendre pourquoi l'herbier ne recolonise pas certaines zones.

### LA MACROFAUNE BENTHIQUE

Le constat en termes de macrofaune benthique est inquiétant. La richesse taxonomique a fortement diminué par rapport à ce qui avait été trouvé par Frisoni (1992). Le taux de renouvellement des eaux élevé de la lagune laisse supposer que le milieu est peu sensible à des pollutions faibles et continues, mais plus facilement touché par des apports massifs et ponctuels, même s'il est capable de se restaurer rapidement (Frisoni *et al.*, 1987). Les faibles taux de pollution analysés dans les sédiments confirment cette hypothèse. Cependant une étude d'Ifremer sur l'évaluation de la toxicité globale des sédiments par l'analyse de développement larvaire de *Crassostrea gigas* en présence d'élutriats de sédiments (2005) révélait une toxicité de 100% au Nord de Santa Giulia. Sachant que

nos analyses ne portaient que sur les métaux lourds, d'autres polluants pourraient être mis en cause. Les sources de pollutions pourraient être : l'ancienne décharge au Nord, (en partie ensevelie), la récente augmentation des apports d'eau de ruissellement au Nord, l'importance des apports d'eau par le bassin versant (notamment par les ruisseaux, réceptacle d'un bassin versant de plus en plus urbanisé) ou des rejets ponctuels. Des analyses sur d'autres polluants seraient nécessaires.

Des apports en eau douce différents pourrait expliquer ces résultats. Il serait judicieux d'étudier la pluviométrie du site sur les 10 dernières années afin d'observer des changements inter annuels.

L'étouffement de la macrofaune par l'herbier dense n'est pas mis en cause car cette dernière ne se porte pas mieux dans les zones sans végétation.

L'hypothèse la plus probable reste une anoxie du sédiment. En effet la consommation en oxygène pour la dégradation de la litière de *P. oceanica* pourrait en être la cause. Les résultats vont en partie dans le sens de cette hypothèse : des chironomes ont été trouvés en espèce dominante dans le prélèvement, les éléments analysés révèlent en partie une qualité médiocre à mauvaise du sédiment concernant l'eutrophisation. De plus le dépôt de feuilles de *P. oceanica* qui modifie la nature et surtout la structure du sédiment limite ses potentialités en termes d'habitat naturel. Des mesures sur l'oxygène dans le sédiment et pourquoi pas des analyses bactériologiques pour vérifier la présence de bactéries sulfato-réductrice permettrait de mieux comprendre ce phénomène.

Quoi qu'il en soit la petite taille du plan d'eau le rend particulièrement sensibles aux influences extérieures, naturelles ou anthropiques. La macrofaune, vivant dans les sédiments, est sans doute la plus touchée, du fait de l'inertie liée au sédiment et aux relargages ponctuels.

### LES RIVES ET LA VEGETATION

Aucune évolution des rives depuis 1992 n'est visible sur les photographies aériennes utilisées. Ceci étant dit, il est difficile de l'affirmer vu la mauvaise qualité d'une des images utilisées.

L'évolution de la végétation peut traduire une évolution des rives et du milieu. Ainsi, le développement de sansouires sur la litière de *P. oceanica* peut témoigner d'un atterrissement ponctuel. La disparition de la phragmitaie au Nord témoignent de la disparition de l'ancien émissaire. Le groupement à *Arthrocnemum glaucum* a certainement été détruit lors de l'agrandissement du parking. Si la cession des rives se fait, une réhabilitation de cette végétation pourrait être faite. La progression de *J. acutus* sur les prairies témoignent peut être d'une pression moins importante sur lui (paturage, gyrobroyage). La progression ou l'invasion de *Puccinellia*

*festuciformis* et *Juncus maritimus* sur les salicornes témoignent d'un dessalement, certainement d'un apport d'eau douce supplémentaire.

Quelques espèces végétales invasives se trouvent sur le site. L'Herbe de la pampa (*Cortaderia selloana*), importée d'Amérique du Sud, se multiplie en Corse, notamment sur les rives d'étang. Elle modifie l'aspect paysager méditerranéen et élimine les espèces de petite taille. Son feuillage très inflammable augmente les risques d'incendie, aussi très coupant il est blessant. Il serait donc nécessaire d'enlever les quelques pieds se trouvant sur la rive Est par arrachage mécanique. La Canne de Provence est aussi considérée comme une espèce invasive et est à surveiller.

L'acquisition proche de la photographie aérienne (IGN, 2007) permettra de produire une carte de la végétation plus complète.

### LE CONFINEMENT

Le taux de renouvellement des eaux, bien que sans doute surestimé, est important. Il devrait donc permettre d'évacuer rapidement les pollutions et nutriments en excès. Il semblerait, vu le confinement (Gradient d'éloignement par rapport à la mer) indiqué au Nord, que le renouvellement des eaux se fasse essentiellement dans la partie Sud de l'étang, sous influence du grau et des apports du bassin versant. La thanatocénose benthique est typiquement paralique, mais la présence de coquilles marines prouve que l'influence marine était plus forte dans le passé. La forte présence d'*Hydrobia acuta* au près du grau peut être due aux fermetures successives de ce dernier, témoignant ainsi de confinement ponctuel. La présence d'*Upogebia littoralis* à la station 5 montre qu'aujourd'hui ce milieu est de confinement moindre, sous influence marine. Le ruisseau nord, gonflé par les rejets de canalisation d'eau de ruissellement peut laisser espérer un léger déconfinement.

### **SUIVI SCIENTIFIQUE**

Au vu des résultats, un suivi scientifique régulier de la lagune paraît indispensable pour comprendre son fonctionnement et son évolution. Il permettrait de comprendre les causes des phénomènes observés (Ex. régression de la macrofaune benthique alors que l'herbier a progressé). Il serait donc nécessaire de mettre en place un protocole d'analyses qui serait suivi régulièrement.

Ce suivi devrait s'appliquer à la qualité des eaux et du sédiment. Des analyses et mesures plus approfondies seraient faites. Ifremer (2004) a mis au point une méthode de suivi de la qualité d'un milieu, où l'étude des compartiments 'sédiment', 'eau', 'phytoplancton', 'macrofaune benthique', et 'Macrophytes' permettrait de caractériser l'état d'eutrophisation de la lagune. Une étude et un

suivi sur la bassin versant s'avère nécessaire pour comprendre le fonctionnement de la lagune, réceptacle de son bassin versant.

La dernière carte de la végétation remontant à 1993, une nouvelle étude, s'appuyant sur une photographie aérienne récente (IGN, 2007) permettrait de mieux comprendre l'évolution des rives et du milieu en faisant une véritable lecture paysagère.

Une étude du bassin versant permettrait d'identifier les apports néfastes à la lagune. Des analyses supplémentaire sur la lagune, comme l'oxygène dans le sédiment, la recherche d'autres polluants comme les organochlorés et les HAP, seraient nécessaires afin de connaître la cause d'une telle mortalité de macrofaune benthique. Ces résultats seraient d'autant plus intéressants qu'ils permettraient de mieux comprendre, voir de compléter les résultats obtenus par Ifremer (2005) concernant la toxicité de l'étang, mais aussi ceux obtenus par l'ifremer qui annonce dans une étude de 2007 un mauvais état chimique de la lagune en ce qui concerne les endosulfan et les pentachlorobenzène (organochlorés).

L'apparition de *Gambusia affinis* (dont la répartition est limitée par la salinité) devrait être surveillée, d'autant plus que c'est un compétiteur de l'aphanius.

## **REHABILITATION ECOLOGIQUE ET PAYSAGERE**

### **LUTTE CONTRE LA POLLUTION**

La plupart des pollutions semblent avoir cessé. Mais le nettoyage du site, des rives de l'étang, terrains adjacent et ruisseaux serait nécessaire. L'installation de poubelles et de toilettes serait un atout supplémentaire.

### **LUTTE CONTRE LES APPORTS DE MATIERES ORGANIQUES**

La litière de *P. oceanica* déposée sur les rives de l'étang, s'envole dans l'eau et dans le grau. Vu les impacts visiblement dommageables de cet apport en matière organique, il semble nécessaire de faire arrêter tout dépôt de litière à proximité de l'étang et de faire évacuer les dépôts actuellement présents.

### **LIMITER L'IMPACT DU PATURAGE**

Les piétinements des bovins qui viennent se rafraichir dans le sud de la lagune engendrent une disparition de la végétation sur les terres piétinées, mais aussi des micros régression de l'herbier par piétinement et par apport de matière organique supplémentaire qui semblent favoriser l'apparition

de Chlorophycées. La constitution d'un rideau végétal au sud pour une meilleure protection des oiseaux, une meilleure épuration des eaux nécessiterait une gestion durable du pâturage.

### AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

La possible anoxie sédimentaire ne peut guère être améliorée que par une ouverture permanente du grau (et une diminution de l'apport en matière organique). Une étude complète devrait être menée sur le fonctionnement du grau, la courantologie et la sédimentologie, afin d'éviter des aménagements lourds inutiles voir dommageables au milieu.

### DESTRUCTION DE CERTAINS AMENAGEMENTS

Certains aménagements seraient nécessaires afin de réhabiliter le paysage. Ainsi l'ancienne station de pompage devrait être détruite. L'ancien bassin de rétention d'eau de la cave vinicole peut être laissé tel quel puisqu'il a bien été recolonisé par la végétation et par des amphibiens, il s'intègre relativement bien dans le paysage. Les canalisations et câbles divers laissés à l'abandon aussi bien dans l'étang que sur les terrains adjacents devraient être retirés.

### **MAITRISE FONCIERE**

La rive Est et Nord Est de l'étang a été proposée à la cession. Il serait vraiment très intéressant d'acquérir ce terrain afin de pouvoir gérer le milieu dans sa globalité.

### **DISCUSSION GENERALE**

Depuis 1985, la lagune de Santa Giulia avait vu son état s'améliorer. Or, depuis 1997, si l'herbier a progressé, la macrofaune benthique a, elle, régressé. L'arrêt de tous rejets dans l'étang rend plus difficile l'interprétation des résultats. Ces résultats, pour la plupart, montrent d'ailleurs une situation normale pour ce type de milieu. Aussi, des analyses et mesures supplémentaires, notamment de l'oxygène dans le sédiment, ou encore de polluants (organochlorés, HAP) apporteraient des compléments d'informations précieux, d'autant plus que certains organochlorés étaient mesurés en grande quantité dans l'étang de Santa Giulia en 2006 (Ifremer). Si la présence d'organochlorés est confirmée, une étude des activités du bassin versant serait du plus grand intérêt, afin d'identifier la présence de tout polluant et de remédier à la situation.

La gestion globale du site, à travers une maîtrise foncière plus étendue, permettrait de stopper tous dépôts de litière de *P. oceanica*, diminuant ainsi l'apport de matière organique à l'étang, mais aussi de nettoyer le site et de le suivre régulièrement.

# CONCLUSION

---

Le site de Santa Giulia a été acquis dans les années 1980. Trois études ont été faites sur l'étang, une en 1985 (Frisoni, 1985), une en 1992 (Frisoni et Dutrieux, 1992) et une sur les herbiers en 1997 (Agostini, 2001). Ces études semblent montrer une constante amélioration après une eutrophisation et une pollution sévère du milieu, le Cdl a cessé de s'y intéresser jusqu'à aujourd'hui.

Alors que tout laissait à croire que le milieu se porterait de mieux en mieux, les résultats de cette étude mettent le doigt sur une situation qui pourrait être inquiétante. Les analyses faites sur le milieu sont, pour certaines, les premières dans la lagune de Santa Giulia. Les résultats permettent de faire un état zéro en terme d'analyses du sédiment et de l'eau et un état des lieux plus récent en terme d'herbier, de faune aquatique, de végétation et de fonctionnement hydrique.

La mise en place d'un suivi régulier, de la végétation, de l'herbier, de la faune aquatique et en particulier de la macrofaune benthique, du grau mais aussi du bassin versant serait nécessaire à la compréhension de ce milieu. Les lagunes sont classées Habitats prioritaire par Natura 2000. La présence de plusieurs espèces protégées (l'Aphanius de Corse, la Cistude d'Europe, la Tortue d'Hermann) et d'habitats naturel d'intérêt européen ('Végétation pionnière à *Salicornia* et autres espèces annuelles des zones boueuses ou sableuses', 'Prés salés méditerranéens', 'Fourrés halophiles méditerranéens', 'Forêt à *Quercus suber*' font de cette lagune un milieu important à protéger, pour sa valeur écologique comme pour sa valeur paysagère.

# BIBLIOGRAPHIE

ATEN, 2008. <http://bibliothequeenligne.espaces-naturels.fr/outilsjuridiques/>. Mai 2008.

Andral B., Orsoni V., 2007. Directive Cadre Eau, Mise en œuvre du contrôle de surveillance, Résultats de la campagne 2006. Convention Agence de l'eau RM&C/IFREMER

Agostini S., 2001. *Contribution à l'étude des herbiers à phanérogames dans les étangs de Corse*. Thèse Doctorat « Ecologie marine », Université de Corse : 1-252 + ann.

Bernard G., Bonhomme P., Boudouresque C.F., Cadiou G., 2002. Système de surveillance des principales espèces de macrophytes dans les étangs de Berre et de Vaïne : Suivi 2002. Contrat GIS Posidonie/GIPREB. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-67 + ann.

Frisoni G.F., 1985. Santa Giulia: Situation actuelle de l'écosystème « étang » et perspectives d'avenir en vue de sa gestion. Rapp. CEMAGREF, Association des Amis du PNRC, AGENC: 1-62 + ann

Frisoni G.F. et Dutrieux E., 1992. L'étang de Santa Giulia, situation hydrobiologique en 1992, Rapp. DIREN et IARE : 1-5p + ann.

Frisoni G.F., Sagliocco M., Ximenes M.C., Perthuisot J.P., 1987. L'étang de Terrenzana (Haute Corse), Caractérisation écologique du site en vue de sa gestion. Rapp. AGENC et CERL: 1-32p + ann.

Galgani F., Orsoni V., 2006. Evaluation de la toxicité globale des sédiments dans les lagunes corses par un bio essai : développement larvaire de l'huître creuse *Crassostrea gigas* en présence d'élutriats de sédiments. Rapp. IFREMER et DIREN: 19p.

Guelorget O. et Perthuisot J.P., 1983. Le domaine paralique: Expressions géologique, biologique et économique du confinement. Presses de l'Ecole Normale Supérieure, 4(16): 136p.

Labbens B., 2000. Programme INTERREG III, Protection et Valorisation de l'étang de Santa Giulia, propositions préliminaires. Rapp. AGENC: 1-20p + ann.

Leonardini R., 2007. *Eléments pour la mise en place du plan de gestion du site naturel protégé de Rondinara-Prisarella, Commune de Bonifacio, Corse du Sud*. Mem. Master « Gestion Intégrée des Littoraux et des Ecosystèmes », Univ. Corse, 1-24 + ann.

Lorenzoni C., Gehu J.M., Lahondère C., Paradis G., 1993. Description phytosociologique et cartographique de la végétation de Santa Giulia (Corse du Sud). *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, 24 : 121-150.

Orsoni V., Baldi Y., 2004. Suivi de la qualité de l'eau dans la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia. Ifremer et Office de l'Environnement.

Orsoni V., Souchu P. Sauzade D., Ifremer, 2001. Caractérisation de l'état d'eutrophisation des trois principaux étangs de Corses (Biguglia, Diana et Urbino), et proposition de renforcement de leur surveillance, Rapp. Final. IFREMER, DEL et CO: 1-171 + Ann.

Pergent-Martini C., Fernandez C., Agostini S., Pergent G., 1997. Les étangs de Corse-Etat de référence 1997. Contrat Equipe Ecosystèmes Littoraux, Université de Corse, Office Environ. Corse et IFREMER. : 200p.

# ANNEXES

**Annexe 1:** Tableau des coordonnées latitudinales et longitudinales des stations de prélèvements et de mesures.

Stations	Coordonnées des stations de prélèvement et des points test corrigées
Point test 1 (Le Moby dick)	N 41°31'449" / E 9°16'314"
Point test 2 (Carrefour Nord)	N 41°32'031" / E 9°16'897"
Point test 3 (Carrefour Sud)	N 41°32'008" / E 9°16'888"
Station 1	N 41°31'868" / E 9°16'272"
Station 2	N 41°31'705" / E 9°16'212"
Station 3	N 41°31'615" / E 9°16'222"
Station 4	N 41°31'425" / E 9°16'147"
Station 5	N 41°31'391" / E 9°16'254"

**Annexe 2:** Détails des données et calculs ayant servit pour établir le bilan hydrique théorique.

**V**, le volume de l'étang ( $m_3$ ) ; **Q**, les apports annuels en provenance de la mer ( $m_3$ ) ; **q**, les apports annuels d'eau douce ( $m_3$ ) ; **s**, la salinité moyenne annuelle du plan d'eau ; **S**, la salinité moyenne de la mer ; **P**, profondeur (m) ; **Se**, Surface de l'étang ( $m^2$ ) ; **Sbv**, Surface du bassin versant ( $m^2$ ) ; **Abv**, l'apport du bassin versant ( $m_3$ ) ; **Ar**, l'apport des ruisseaux ( $m_3$ ) ; **Evp**, l'évaporation ( $m_3$ ) ; **Pa**, les précipitations annuelles sur l'étang ( $m_3$ ) ; **Pe**, les précipitations sur l'étang ( $m_3$ ) ; **Pbv**, les précipitations sur le bassin versant ; **Hr**, l'hauteur d'eau ruisselée ( $m_3$ ) ; **Hp**, l'hauteur d'eau précipitée ( $m_3$ ).

**P** = 0.3m (valeur mesurée)

**Se** = 260 000 $m^2$  (Labbens, 2000)

**V** = **Se** x **P** = 78 000  $m^3$  (valeur calculée)

**Sbv** = 15 500 000 $m^2$  (Labbens, 2000)

**Evp** = 121 cm soit 1.210  $m^3$  (Données DIREN)

**Pa** = 496.1mm soit 0.496 m<sup>3</sup> (Données Météo France)

**Pe** = Pa x Se = 128 986 m<sup>3</sup> (valeur calculée)

**Pbv** = Pa x Sbv = 7 689 550 m<sup>3</sup> (valeur calculée)

**Hr** = Abv / Sbv = 160mm (valeur calculée)

**Coefficient de ruissellement** = Hr / Pa = 0.32 (valeur calculée)

**Ar** = 24l/sec + 39.1l/sec + 7.18l/sec = 70.28l/sec soit 2 216 350 080l/an soit 2 216 350 m<sup>3</sup>/an  
(Données DIREN).

Les BV des ruisseaux représentant 88% du bassin versant de Santa Giulia, il faut rajouter 12% soit 265 962 m<sup>3</sup> pour obtenir l'apport total du BV (valeur calculée)

**Abv** = Ar + ((Ar x 12) / 100) = 2 482 312 m<sup>3</sup> (valeur calculée)

**q** = Abv + Pe - Evp = 2 296 698m<sup>3</sup> (valeur calculée)

**s** = 26.125 (Moyenne des extrêmes cités en dans la bibliographie (Frisoni, 1985 et Pergent-Martini et al., 1997))

**S** = 37.5

En considérant que la salinité s résulte du mélange entre une quantité Q d'eau à la salinité de 37,5 g/l et une quantité q d'eau à 0 g/l :

$$s = (Q \times S) / (Q+q)$$

$$sQ + sq = Q \times S$$

$$sq = Q (S - s)$$

et donc :

$$Q = sq / (S-s) = \text{salinité étang} = 5 274 833 \text{ m}^3 \text{ (valeur calculée)}$$

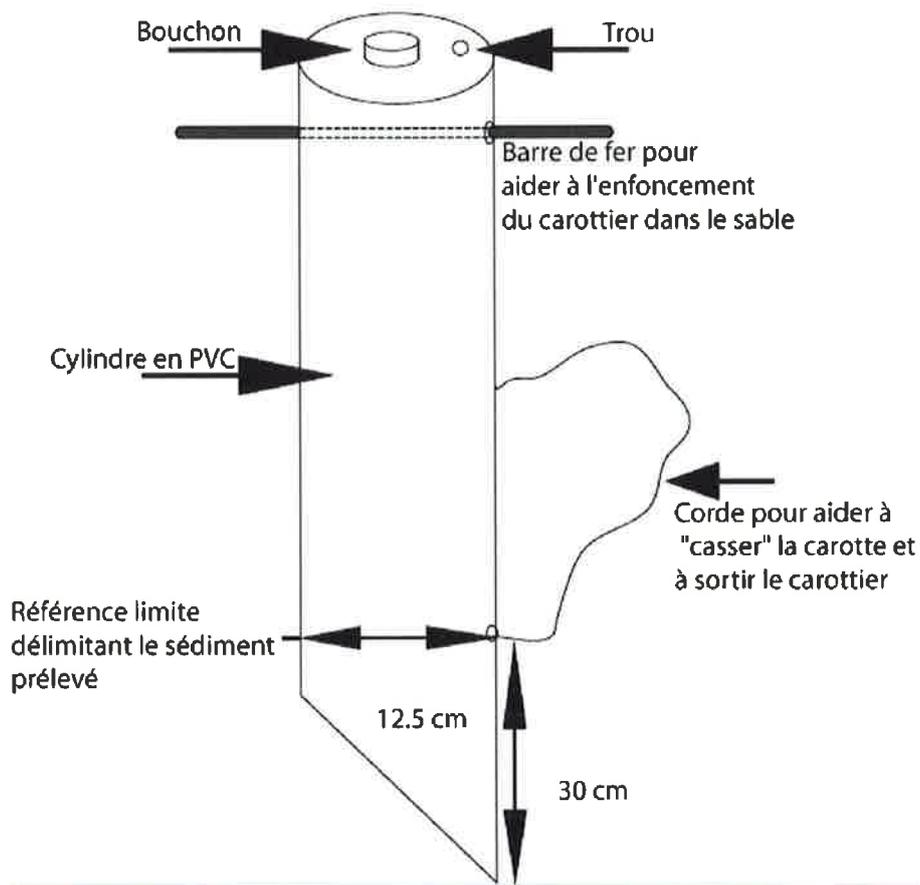
Donc

**Le taux de renouvellement par l'eau douce** = q/V = 29.44 par an soit, 2.4 fois par mois

**Le taux de renouvellement par l'eau de mer** = Q/ V = 67.62 par an soit 5.6 fois par mois.

**Le taux de renouvellement total** = (Q + q) / V = 97 par an soit 8 fois par mois.

**Annexe 3:** Schématisation du carottier utilisé pour faire des prélèvements de macrofaune benthique et de sédiment.



**Annexe 4:** Tableau présentant le nombre d'échantillons prélevés par station pour les prélèvements de macrofaune benthique, et types de milieux de prélèvement.

	Nombre de carottes	Vase	Sable	Herbier	Litière
Station 1	2		X	X	
Station 2	2	X		X	
Station 3	2	X		X	
Station 4	2		X	X	
Station 5	3		X	X	X

**Annexe 5:** Coordonnées latitudinales et longitudinales des transects, points de départ et point d'arrivé.

Transects	Coord départ des transects des couvertures d'Herbier	Coord arrivée des transects des couvertures d'Herbier	Transects	Coord départ des transects des couvertures d'Herbier	Coord arrivée des transects des couvertures d'Herbier
T0	N41°31,510 / E9°16,013	N41°31,495 / E9°16,011	T20	N41°31,357 / E9°16,039	N41°31,369 / E9°16,092
T1	N41°31,478 / E9°16,005	N41°31,491 / E9°16,016	T21	N41°31,386 / E9°16,092	N41°31,389 / E9°16,111
T2	N41°31,471 / E9°16,004	N41°31,468 / E9°16,028	T22	N41°31,390 / E9°16,133	N41°31,411 / E9°16,139
T3	N41°31,464 / E9°16,004	N41°31,458 / E9°16,986	T23	N41°31,436 / E9°16,125	N41°31,439 / E9°16,136
T4	N41°31,450 / E9°15,952	N41°31,455 / E9°15,988	T24	N41°31,428 / E9°16,074	N41°31,421 / E9°16,076
T5	N41°31,460 / E9°16,007	N41°31,441 / E9°16,013	T25	N41°31,532 / E9°16,125	N41°31,527 / E9°16,136
T6	N41°31,459 / E9°16,033	N41°31,447 / E9°16,021	T26	N41°31,547 / E9°16,155	N41°31,526 / E9°16,161
T7	N41°31,460 / E9°15,950	N41°31,470 / E9°15,947	T27	N41°31,575 / E9°16,183	N41°31,588 / E9°16,150
T8	N41°31,451 / E9°16,055	N41°31,388 / E9°16,265	T28	N41°31,640 / E9°16,182	N41°31,645 / E9°16,164
T9	N41°31,389 / E9°16,231	N41°31,391 / E9°16,254	T29	N41°31,680 / E9°16,162	N41°31,678 / E9°16,184
T10	N41°31,459 / E9°16,290	N41°31,462 / E9°16,251	T30	N41°31,733 / E9°16,170	N41°31,724 / E9°16,194
T11	N41°31,571 / E9°16,269	N41°31,572 / E9°16,239	T31	N41°31,822 / E9°16,188	N41°31,810 / E9°16,211
T12	N41°31,638 / E9°16,365	N41°31,647 / E9°16,279	T32	N41°31,877 / E9°16,199	N41°31,871 / E9°16,221
T13	N41°31,673 / E9°16,312	N41°31,678 / E9°16,283	T33	N41°31,026 / E9°16,211	N41°31,916 / E9°16,233
T14	N41°31,718 / E9°16,320	N41°31,722 / E9°16,290	T34	N41°31,948 / E9°16,261	N41°31,925 / E9°16,241
T15	N41°31,763 / E9°16,327	N41°31,767 / E9°16,300	T35	N41°31,915 / E9°16,263	N41°31,895 / E9°16,256
T16	N41°31,813 / E9°16,366	N41°31,822 / E9°16,338	T36	N41°31,913 / E9°16,276	N41°31,918 / E9°16,302
T17	N41°31,4884 / E9°16,357	N41°31,889 / E9°16,329	T37	N41°31,949 / E9°16,301	N41°31,920 / E9°16,303
T18	N41°31,928 / E9°16,357				
T19	N41°31,341 / E9°16,039	N41°31,345 / E9°16,047			

**Annexe 6 :** Tableau des mesures des surfaces unitaires pour chaque transect.

Taille surface unitaire (m)	Transects
1.10	23
1.50	21, 24, 25, 28, 29
1.80	0, 1, 3, 5, 7, 19, 27, 30, 31, 32, 33, 36, 37
2.00	2, 4, 6, 17, 20, 34, 35
2.30	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 26
2.50	18, 22

**Annexe 7:** Grille d'interprétation de l'eutrophisation du milieu à partir de mesures effectuées sur l'eau (Ifremer, 2001).

Variable			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
Δ %O <sub>2</sub> SAT		0		20		30		40		50	
TUR	(NTU)	0		5		10		25		40	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	(μM)	0		0,3		1		1,5		4	
NID	(μM)	0		2		6		10		20	
NITRI	(μM)	0		0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μM)	0		1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0		11		3		5		10	
Chl-a	(mg m <sup>-3</sup> )	0		5		7		10		20	
Chlaphe	(mg m <sup>-3</sup> )	0		7		10		15		25	
NT	(μM)	0		50		75		100		120	
PT	(μM)	0		0,75		1,5		2,5		4,5	

Les variables utilisées dans la grille sont les suivantes :

- | Δ %O<sub>2</sub> SAT | : Ecart par rapport à 100% de saturation (sans unité)
- TUR : Turbidité (NTU)
- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> : Concentration en phosphates (μM)
- NID : Concentration en azote inorganique dissous (μM)
- NITRI : Concentration en nitrites (μM)
- NITRA : Concentration en nitrates (μM)
- AMMO : Concentration en ammonium (μM)
- CHL-A : Concentration en chlorophylle-a (μg/l)
- Chlaphe : Concentration en chlorophylle-a + phéophytine-a (μg/l)
- NT : Concentration en azote total (μM)
- PT : Concentration en phosphore Total (μM)

**Annexe 8:** Grille d'interprétation de l'eutrophisation du milieu à partir de mesures effectuées sur le sédiment (Ifremer, 2001).

VARIABLE		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
MO	%	3,5	5,0	7,5	10,0	
NT	g/kg PS	1,0	2,0	3,0	4,0	
PT	mg/kg PS	400	500	600	700	

- MO: Matière organique
- NT : Concentration en azote total ( $\mu\text{M}$ )
- PT : Concentration en phosphore Total ( $\mu\text{M}$ )

**Annexe 9:** Grille des niveaux de références pour les métaux traces dans le sédiment (mg/kg se sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm ; source Ifremer, 2004)

Eléments traces	niveau N	
	N1	2
Arsenic	25	50
Cadmium	1,2	2,4
Chrome	90	180
Cuivre	45	90
Mercure	0,4	0,8
Nickel	37	74
Plomb	100	200
Zinc	276	552

**Annexe 10:** Etat de référence pour les métaux traces (en µg/g de poids sec de sédiments) applicable en Méditerranée pour l'interprétation des niveaux de contamination chimique dans les sédiments fins en milieu côtier naturel (source : Ifremer 2004)

	Plomb	Zinc	Mercure	Cuivre	Cadmium
Etat 1	> 25	< 90	< 0.05	< 15	< 0.15
Etat 2	25 à 50	90 à 200	0.05 à 0.4	15 à 60	0.15 à 0.6
Etat 3	> 50	> 200	> 0.4	> 60	>0.6

Selon le code couleur mis en place par l'Ifremer : Etat 1 : état ; Etat 2 : état passable; Etat 3 : état mauvais

**Annexe 11 :** Tableau présentant les fréquences, recouvrement et IAM pour chaque transect d'Abondance effectué

N° Transect	Point couverture selon longueur transect	Fréq. (%)	IAM	N° Transect	Point couverture selon longueur transect	Fréq. (%)	IAM
0	28,8	100	30,6	20	44,5	100	44,5
1	36,7	100	34,7	21	40,0	100	42,9
2	35,5	100	35,5	22	15,6	100	15,0
3	20,6	86,67	16,9	23	51,8	87,5	45,3
4	37,5	100	37,5	24	14,0	66,67	8,8
5	30,6	73,68	21,3	25	11,3	58,33	6,2
6	21,0	66,67	14,0	26	3,0	18,75	0,6
7	24,4	100	24,4	27	51,1	85,19	41,3
8	0,0	0	0,0	28	46,0	89,47	41,2
9	2,2	33,33	0,8	29	45,3	95,24	43,2
10	14,3	65,22	9,4	30	43,3	94,74	38,9
11	4,3	26,32	1,2	31	36,7	90	31,3
12	10,4	55,56	6,1	32	44,4	100	44,4
13	16,5	83,33	13,8	33	11,1	60	6,7
14	19,6	83,33	16,3	34	13,0	42,31	5,5
15	23,5	77,78	19,1	35	24,0	63,16	15,2
16	20,4	77,78	15,2	36	43,3	100	41,1
17	12,0	33,33	3,8	37	34,4	85,71	28,0
18	14,0	66,67	9,3	38	30,4	96	29,2
19	13,3	100	14,1				
Fréq.: Fréquenc							