



**SUIVI 2006 DU PHYTOPLANCTON DANS LES EAUX COTIERES CORSES:
évaluation de la stratégie d'échantillonnage proposée dans le cadre des contrôles de
surveillance de la DCE et première caractérisation des masses d'eau**

Anne GOFFART¹

**avec la collaboration de STARESO S.A.S., de l'IFREMER et de tous les acteurs grâce
auxquels les prélèvements et les analyses ont été effectués**

Décembre 2007

¹ A.Goffart@ulg.ac.be Laboratoire d'Océanologie MARE Center Université de Liège Belgique & STARESO Calvi Corse

Résumé

Les résultats obtenus dans le cadre du suivi 2006 du phytoplancton des eaux côtières corses ont permis:

- de tester et de valider une stratégie d'échantillonnage originale adaptée aux réseaux de surveillance et aux spécificités régionales;
- de caractériser globalement les communautés phytoplanctoniques de 6 masses d'eau côtières ne présentant pas de risque NABE à l'horizon 2015 (Calvi, Cargèse, Pianottoli, Est Cap Corse, Sud Bastia et Sant'Amanza);
- de démontrer le très bon état des masses d'eaux échantillonnées pour l'indicateur Phytoplancton;
- d'émettre des recommandations visant à optimiser l'effort d'échantillonnage et la validité des résultats.

La stratégie d'échantillonnage testée et validée propose de réaliser deux suivis « haute fréquence » au niveau des sites de référence de Calvi et de la station « Sud Bastia ». L'échantillonnage doit être réalisé en subsurface toute l'année, une fois par semaine de janvier à juin et une fois par quinzaine de juillet à décembre. Les autres masses d'eau sont échantillonnées une fois par mois, de janvier à décembre.

Les résultats 2006 mettent en évidence les caractéristiques communes des communautés phytoplanctoniques des masses d'eau de Calvi, Cargèse et Pianottoli et des masses d'eau Est Cap Corse, Sud Bastia et Sant'Amanza. Ceci suggère que les suivis réalisés dans le cadre des contrôles de surveillance pourraient se limiter aux observations « haute fréquence » réalisées à Calvi et à la station « Sud Bastia ».

Table des matières

Résumé.....	1
Table des matières	1
I Contexte et objectifs	2
II Stratégie d'échantillonnage.....	2
Stations	2
Fréquence d'échantillonnage.....	3
Prélèvements et paramètres mesurés	3
III Validation de la fréquence d'échantillonnage des sites de référence	3
III a Sites de référence: exemple de CALVI	3
III b Autres masses d'eau: exemple de CARGESE.....	7
IV Côte occidentale corse: premiers résultats du suivi 2006	11
V Côte orientale corse: premiers résultats du suivi 2006.....	11
VI Conclusions, recommandations et perspectives	14

I Contexte et objectifs

En Corse, seule la baie de Calvi, située sur la côte occidentale, fait l'objet d'études approfondies depuis 1979. Les séries de données acquises au départ de STARESO (Calvi) par l'Université de Liège au cours des trois dernières décennies ont permis d'identifier les fortes spécificités de l'écosystème planctonique. Elles ont clairement montré que:

- la variabilité interannuelle des paramètres physico-chimiques et de l'écosystème planctonique est essentiellement contrôlée par les facteurs climatiques et par les variations de la circulation du bassin Ligure;
- les variations interannuelles des paramètres physico-chimiques et des biomasses phytoplanctoniques atteignent un ordre de grandeur, sans que l'activité anthropique ne soit responsable de ces fluctuations.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE dans les eaux côtières corses, le projet réalisé grâce au soutien de l'Agence de l'Eau Rhône - Méditerranée et Corse visait à:

- aider à élaborer les réseaux de surveillance « Phytoplancton » au niveau du district corse,
- proposer une stratégie de suivi originale, qui intègre les exigences de la DCE, les spécificités des eaux côtières corses et les données existantes,
- tester au cours de l'année 2006 la stratégie proposée dans 6 masses d'eau réparties autour de la Corse.

Ce rapport présente les résultats obtenus lors du suivi « Phytoplancton » réalisé dans les eaux côtières corses en 2006. Les résultats de l'indicateur de biomasse (chlorophylle a) et de certaines variables environnementales (paramètres hydrologiques, sels nutritifs) sont synthétisés. Les objectifs sont:

1. d'analyser la pertinence de la stratégie d'échantillonnage proposée dans le cadre de la mise en œuvre des réseaux de surveillance du phytoplancton,
2. de caractériser globalement les communautés phytoplanctoniques des sites étudiés.

II Stratégie d'échantillonnage

Stations

Le plan d'échantillonnage testé en 2006 comprenait deux sites de référence corses pour l'indicateur « Phytoplancton »: le site de la Baie de Calvi, situé sur la côte occidentale, et le site « Sud Bastia » au large de la côte orientale. Quatre autres stations, situées dans des masses d'eau ne présentant pas de risque NABE à l'horizon 2015, avaient également été sélectionnées (côte occidentale: Cargèse et Pianottoli; côte orientale: Est Cap Corse et Sant'Amanza). Le choix des sites tient compte de la répartition des masses d'eau naturelles, de l'accessibilité aux sites et de la disponibilité d'opérateurs compétents pour effectuer les prélèvements.

Fréquence d'échantillonnage

Les deux sites de référence ont fait l'objet de suivis « haute fréquence » réalisés grâce au soutien logistique de STARESO en Baie de Calvi et de l'IFREMER à la station « Sud Bastia ». Le site de Calvi a été échantillonné une fois par semaine de janvier à juin, et une fois par quinzaine de juillet à décembre. La station « Sud Bastia » a été échantillonné avec la même fréquence, mais les prélèvements n'ont débuté qu'en février. Les autres masses d'eau ont été échantillonnées une fois par mois, de février - mars à décembre.

Prélèvements et paramètres mesurés

Les prélèvements de phytoplancton et de sels nutritifs ont été effectués en subsurface (1 m). Les paramètres hydrologiques sont mesurés à proximité immédiate des sites de prélèvements, à 1 mètre de profondeur (tableau 1).

Paramètre	Calvi	Cargèse	Autres masses d'eau
Chlorophylle a (spectrophotométrie)	x	x	x
Chlorophylle a & pigments phytoplanctoniques (HPLC)	x	x	-
Flore totale (fixation au lugol)	x	x	x
Sels nutritifs (NO ₃ , NO ₂ , Si OH ₄)	x	x	A confirmer
Température, salinité, O ₂ dissous, turbidité	x	x	x

Tableau 1 Paramètres mesurés dans les eaux côtières corses lors du suivi 2006

III Validation de la fréquence d'échantillonnage des sites de référence

III a Sites de référence: exemple de CALVI

Les données « haute fréquence » acquises dans les sites de référence permettent de définir les valeurs étalon à partir desquelles les limites de la variation naturelle du système sont définies. Elles fournissent les informations indispensables à la définition des seuils de qualité des masses d'eau, qui sont exprimés en écarts à la référence. Il est donc essentiel que les suivis effectués dans les sites de référence soient réalisés à une échelle de temps adaptée aux processus étudiés (par exemple un bloom qui, en Méditerranée, peut ne durer qu'une semaine) et au calcul des indicateurs adoptés au niveau national (e.g. P₉₀ pour la chlorophylle a).

Afin de vérifier le bien-fondé de la fréquence d'échantillonnage proposée pour les sites de référence des eaux côtières corses, les données du suivi DCE de la Baie de Calvi ont été

comparées au jeu de données complet acquis à Calvi en 2006 (données DCE + données des autres projets, dont le projet « Référentiel plancton », financé par l'Agence de l'Eau RMC).

L'évolution temporelle des paramètres étudiés montre une bonne correspondance entre les deux séries de données (figures 1 à 3). L'analyse des résultats met en évidence que la fréquence d'échantillonnage testée est bien adaptée au suivi de l'évolution saisonnière des communautés phytoplanctoniques et des paramètres qui contrôlent la production du site de référence. La fréquence d'échantillonnage choisie permet entre autres de saisir le pic printanier de phytoplancton, de très courte durée en 2006 (une semaine à 10 jours). Les conclusions issues de l'analyse des figures 1 à 3 sont confirmées par l'analyse des P_{90} (tableau 2).

Site de référence: CALVI - suivi 2006

Chlorophylle a (HPLC)

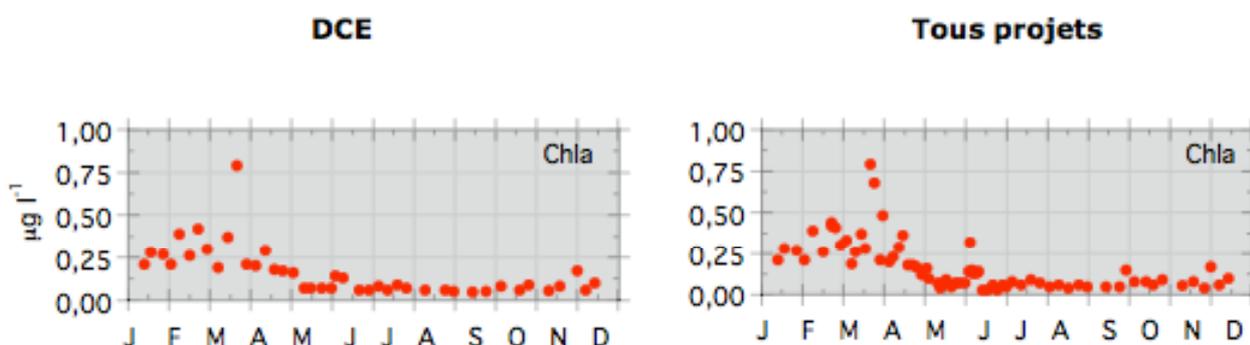


Figure 1 Evolution temporelle des concentrations en chlorophylle a en Baie de Calvi au cours de l'année 2006 (mesures par HPLC, prélèvements en subsurface). Graphe de gauche: données du projet DCE; graphe de droite: données de tous les projets menés en Baie de Calvi; nombre d'échantillons: voir tableau 2.

Pour tous les paramètres mesurés (chlorophylle a, température, salinité, oxygène dissous, turbidité, nitrates, silicates et nitrites), les P_{90} calculés sur les jeux de données « Phyto DCE » et « Phyto tous projets » sont très proches ou égaux.

Il apparaît donc que la fréquence d'échantillonnage proposée pour les sites de référence situés dans les eaux côtières corses est bien adaptée à la description de l'indicateur Phytoplancton. Une fréquence d'acquisition plus élevée ne se justifie pas dans le cadre des suivis DCE.

Site de référence de CALVI - suivi 2006

Paramètres hydrologiques

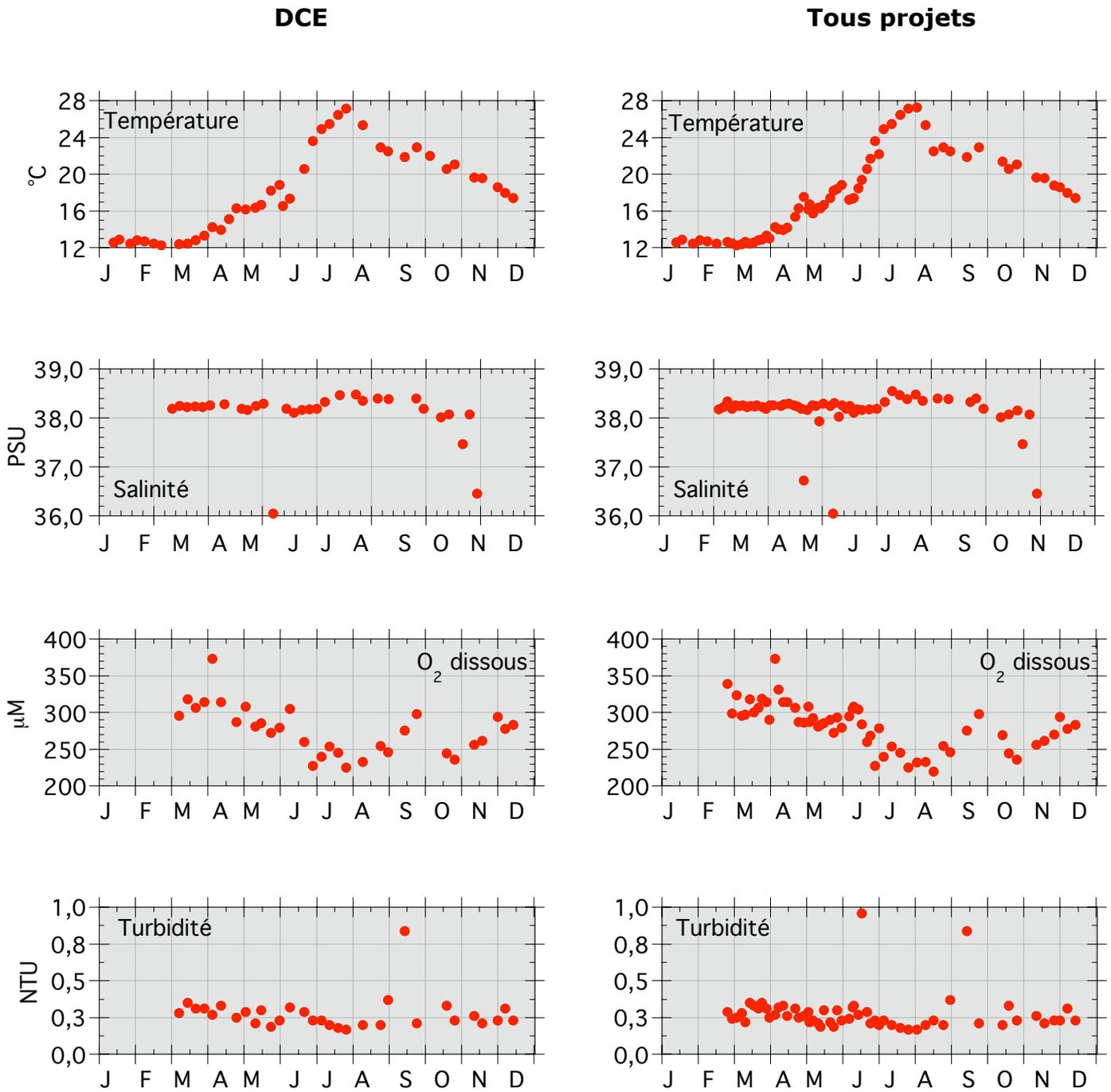


Figure 2 Evolution temporelle de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous et de la turbidité en Baie de Calvi au cours de l'année 2006 (mesures réalisées en subsurface à la sortie du port de STARESO). Colonne de gauche: données du projet DCE; colonne de droite: données de tous les projets menés en Baie de Calvi; nombre d'échantillons: voir tableau 2.

Site de référence: CALVI - suivi 2006

Sels nutritifs

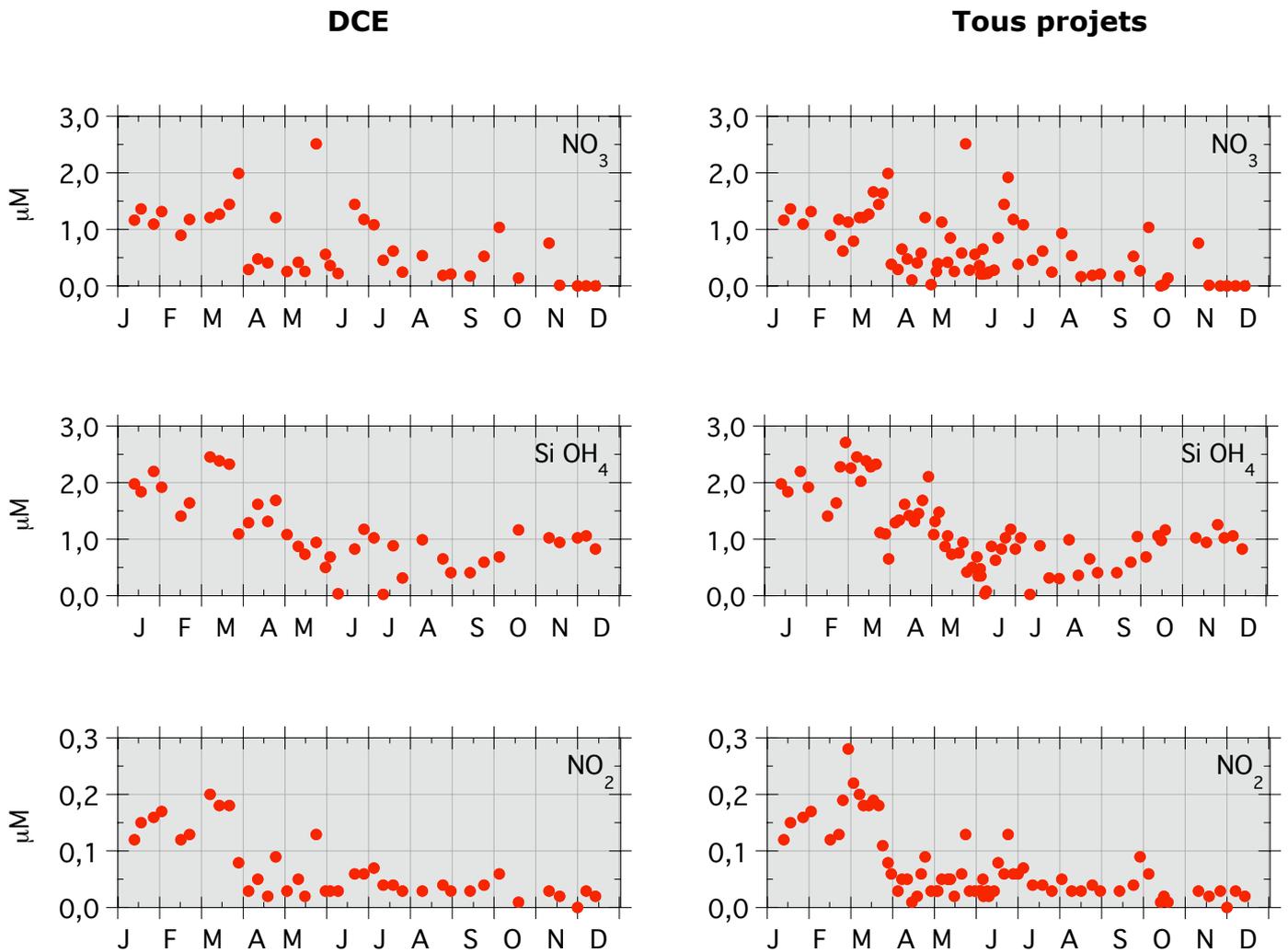


Figure 3 Evolution temporelle des concentrations en nitrates (NO_3), silicates (SiOH_4) et nitrites (NO_2) en Baie de Calvi au cours de l'année 2006 (prélèvements réalisés en subsurface). Colonne de gauche: données du projet DCE; colonne de droite: données de tous les projets menés en Baie de Calvi; nombre d'échantillons: voir tableau 2.

Paramètre	P ₉₀ DCE	Nombre d'échantillons DCE	P ₉₀ tous projets	Nombre d'échantillons tous projets
Chlorophylle a HPLC µg l ⁻¹	0,29	42	0,37	72
Température de l'eau °C	24,91	41	23,47	63
Salinité PSU	38,39	30	38,38	56
Turbidité NTU	0,33	31	0,33	57
O ₂ dissous µM	314,21	31	315,92	57
NO ₃ µM	1,38	39	1,38	69
SI OH ₄ µM	2,02	39	2,21	69
NO ₂ µM	0,16	39	0,18	69

Tableau 2 P₉₀ calculés sur les jeux de données « Phyto DCE » et « Phyto tous projets » en Baie de Calvi (janvier - décembre 2006; méthode de calcul du P₉₀: excel)

III b Autres masses d'eau: exemple de CARGESE

Au-delà de l'échantillonnage « haute fréquence » réalisé dans les sites de référence, la stratégie proposée consistait à échantillonner une fois par mois les autres masses d'eau et à comparer les résultats obtenus à ceux du site de référence associé (Calvi pour la côte occidentale, la station « Sud Bastia » pour la côte orientale).

Les résultats du suivi 2006 réalisé à Cargèse sont présentés aux figures 4 à 6. Le mode de représentation graphique choisi permet de comparer directement les résultats de Cargèse à ceux du site de référence de Calvi. Pour la plupart des paramètres mesurés, la similitude des données est surprenante (e.g. chlorophylle a, température, oxygène dissous, silicates, nitrites). Comme à Calvi, l'analyse des P₉₀ (tableau 3) confirme les observations réalisées sur base des graphiques. Elle met en évidence la continuité entre les masses d'eau de Calvi et de Cargèse dont les caractéristiques étudiées évoluent simultanément.

Ces premières observations valident la stratégie d'échantillonnage proposée et mettent en évidence le très bon état de la masse d'eau de Cargèse pour l'indicateur Phytoplancton. Seule la turbidité présente des valeurs qui s'éloignent considérablement de celles de Calvi. Dans la mesure où ces pics ne correspondent ni à une augmentation de la concentration en chlorophylle a, ni à une augmentation des sels nutritifs, ces variations ne semblent pas traduire une dégradation de la qualité de l'eau et sont peut-être à mettre en relation avec de violents épisodes pluvieux (à vérifier).

Site de référence de CALVI et masse d'eau de CARGESE - suivi 2006

Chlorophylle a

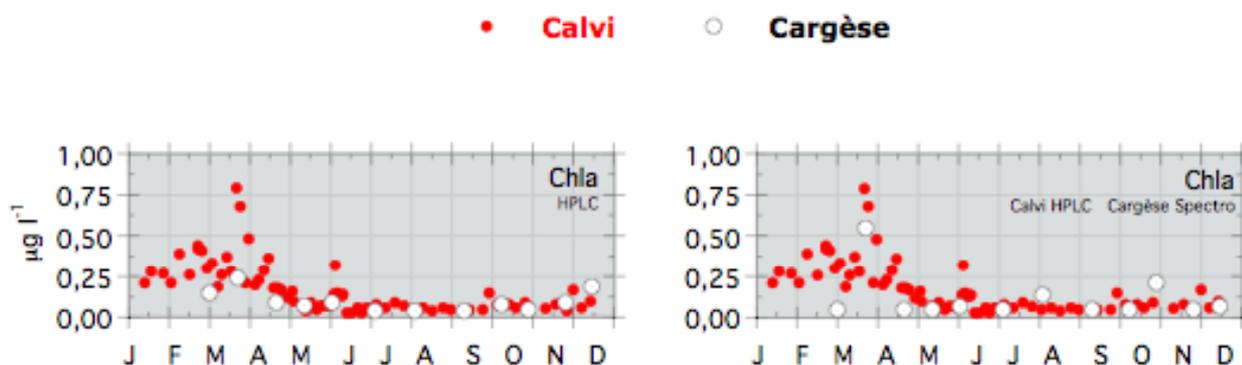


Figure 4 Evolution temporelle des concentrations en chlorophylle a à Cargèse et à Calvi au cours de l'année 2006 (prélèvements en subsurface). Graphe de gauche: chlorophylles mesurées par HPLC à Calvi et à Cargèse; graphe de droite: chlorophylles mesurées par HPLC à Calvi et par spectrophotométrie à Cargèse.

Paramètre	P ₉₀ CARGESE	Nombre d'échantillons CARGESE	P ₉₀ CALVI	Nombre d'échantillons CALVI
Chlorophylle a HPLC µg l ⁻¹	0,19	12	0,37	72
Température de l'eau °C	23,81	12	23,47	63
Salinité PSU	38,39	12	38,38	56
Turbidité NTU	21,12	11	0,33	57
O ₂ dissous µM	334,98	12	315,92	57
NO ₃ µM	0,37	12	1,38	69
SI OH ₄ µM	1,87	12	2,21	69
NO ₂ µM	0,08	12	0,18	69

Tableau 3 P₉₀ calculés sur les jeux de données acquis à Cargèse et dans le site de référence de Calvi (Cargèse: mars – décembre 2006; Calvi: janvier - décembre 2006; méthode de calcul du P₉₀: excel)

Site de référence de CALVI et masse d'eau de CARGÈSE - suivi 2006

Paramètres hydrologiques

● Calvi ○ Cargèse

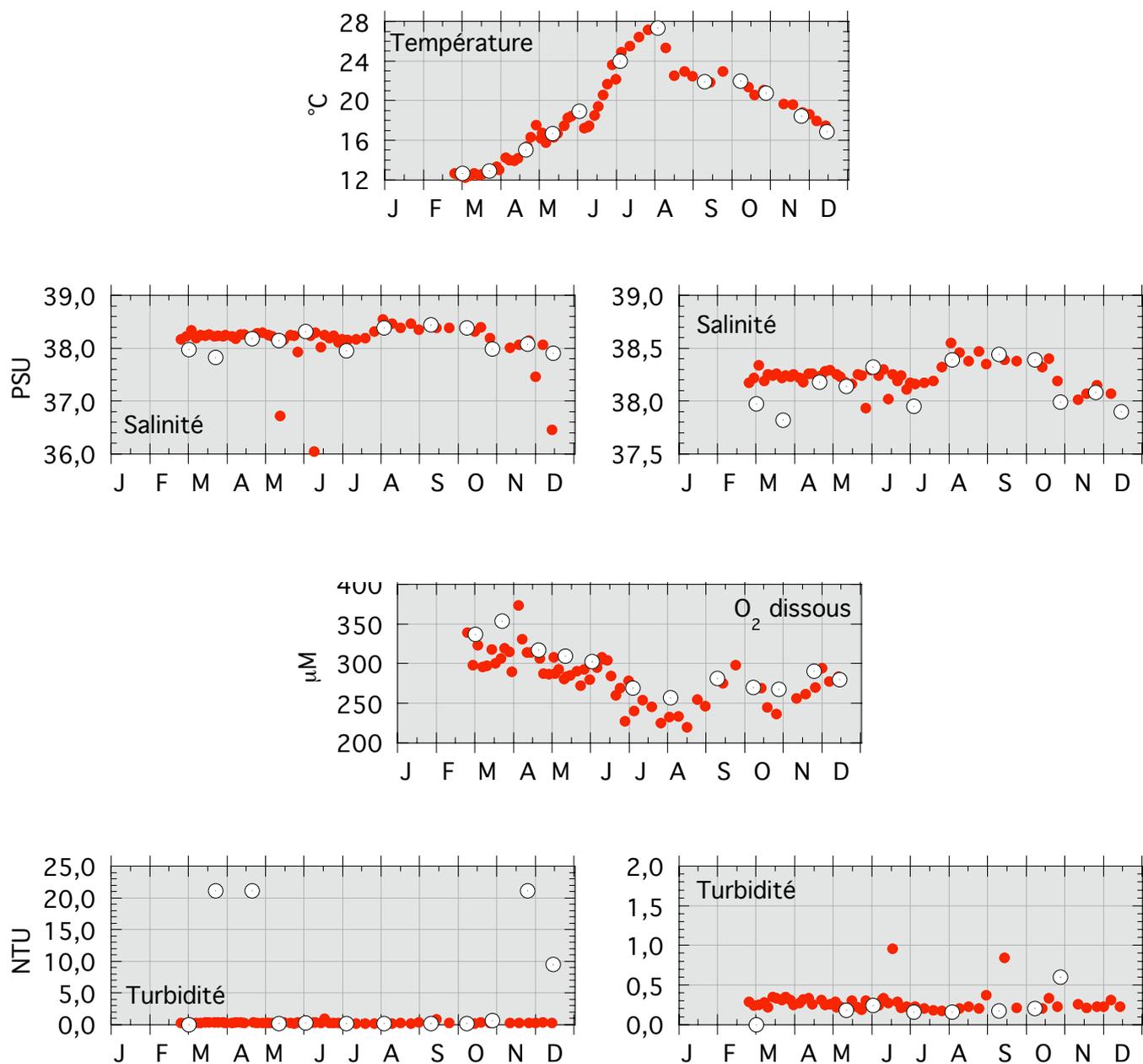


Figure 5 Evolution temporelle de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous et de la turbidité en Baie de Calvi et à Cargèse au cours de l'année 2006 (mesures réalisées en subsurface).

Site de référence de CALVI et masse d'eau de CARGESE - suivi 2006

Sels nutritifs

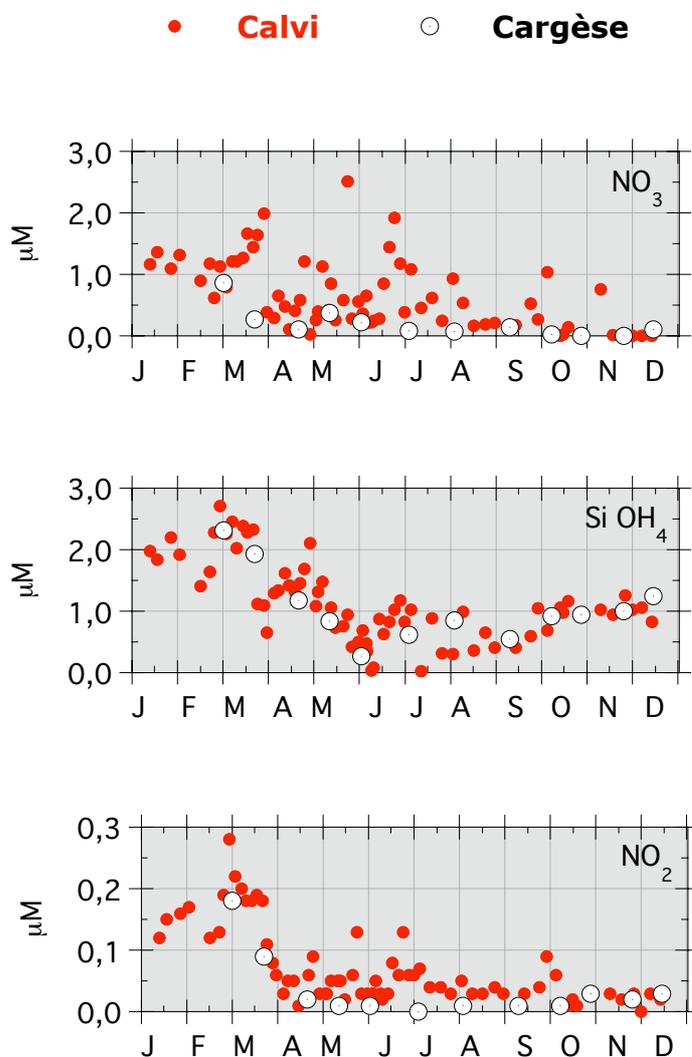


Figure 6 Evolution temporelle des concentrations en nitrates (NO_3), silicates (SiOH_4) et nitrites (NO_2) en Baie de Calvi et à Cargèse au cours de l'année 2006 (prélèvements réalisés en subsurface).

IV Côte occidentale corse: premiers résultats du suivi 2006

Bien que les différents suivis n'aient pas débuté simultanément dans les masses d'eau de Calvi, Cargèse et Pianottoli, les résultats disponibles montrent très clairement que les concentrations en chlorophylle a des trois sites sont du même ordre de grandeur et présentent la même évolution temporelle (figure 7). Les P_{90} annuels calculés pour les trois masses d'eau (Calvi 0,3; Cargèse 0,2; Pianottoli 0,2) sont situés largement sous le seuil de $1,1^2$ qui marque la limite entre le très bon état et le bon état. Ils traduisent donc le très bon état des masses d'eau étudiées.

Etant donné les caractéristiques communes des trois masses d'eau de Calvi, Cargèse et Pianottoli et leur très bon état, il est proposé de les regrouper et de limiter l'effort d'échantillonnage au niveau du suivi « haute fréquence » du site de référence de Calvi. Celui-ci pourrait être complété par le recours à l'imagerie satellitaire, qui permet d'obtenir à relativement faible coût une vision synoptique de la distribution de la chlorophylle dans des zones étendues et souvent difficilement accessibles.

V Côte orientale corse: premiers résultats du suivi 2006

Les conditions de référence pour la côte orientale Corse sont fournies par la station « Sud Bastia ». Les premières analyses montrent que les biomasses maximales y sont presque trois fois supérieures à celles observées à Calvi (figure 8). Elles atteignent une concentration de $2,22 \mu\text{g chl a l}^{-1}$ (25/04/06) contre seulement $0,79 \mu\text{g chl a l}^{-1}$ (21/03/06) à Calvi. Ceci confirme que la dynamique de l'écosystème planctonique des deux façades corses est différente et répond à des forçages hydrodynamiques spécifiques. Ces observations soulignent aussi l'importance de disposer de suivis « haute fréquence » situés sur les deux côtes.

Les concentrations en chlorophylle a mesurées aux stations Est Cap Corse et Sant'Amanza sont du même ordre de grandeur que celles mesurées au niveau du site de référence (figure 8). Elles sont caractéristiques de masses d'eau en très bon état: les P_{90} annuels (Sud Bastia 0,6; Est Cap Corse 0,6; Sant'Amanza 0,7) sont situés sous le seuil de 1,1 qui sépare le très bon état du bon état.

De plus, l'évolution temporelle des biomasses phytoplanctoniques est synchrone dans les trois masses d'eau: il est par exemple très clair que le pic de chlorophylle a supérieur à $2,0 \mu\text{g l}^{-1}$ est mesuré simultanément dans les trois sites.

En conclusion, la synthèse de l'étude réalisée le long de la côte occidentale s'applique également à la côte orientale: le suivi « Phytoplancton » effectué dans le cadre des contrôles de surveillance pourrait se limiter au suivi « haute fréquence » de la masse d'eau de référence (station Sud Bastia). Cette station paraît en effet représentative des masses d'eau sans risque NABE de la côte orientale.

² Seuil adoptée par le MED GIG Phytoplancton pour les eaux de type 3W (Ispra mai 2007)

Côte occidentale corse - suivi 2006

Chlorophylle a

● Calvi ○ Cargèse ⊠ Pianottoli

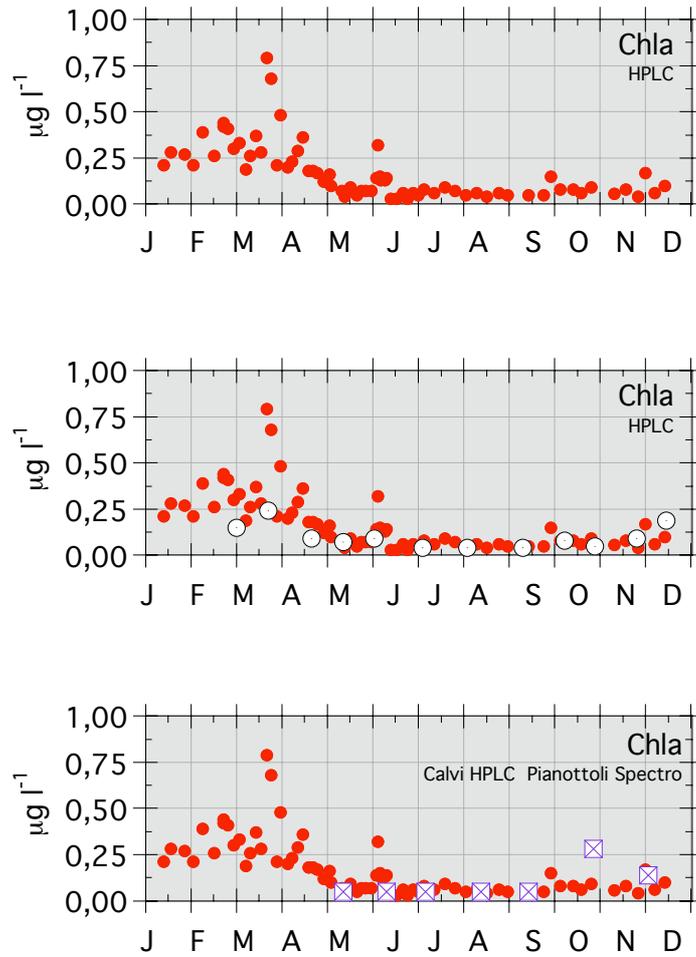


Figure 7 Evolution temporelle des concentrations en chlorophylle a à Calvi (site de référence), à Cargèse et à Pianottoli au cours de l'année 2006 (prélèvements en subsurface).

Côte orientale corse - suivi 2006

Chlorophylle a

● Sud Bastia ○ Est Cap Corse ☒ Sant'Amanza

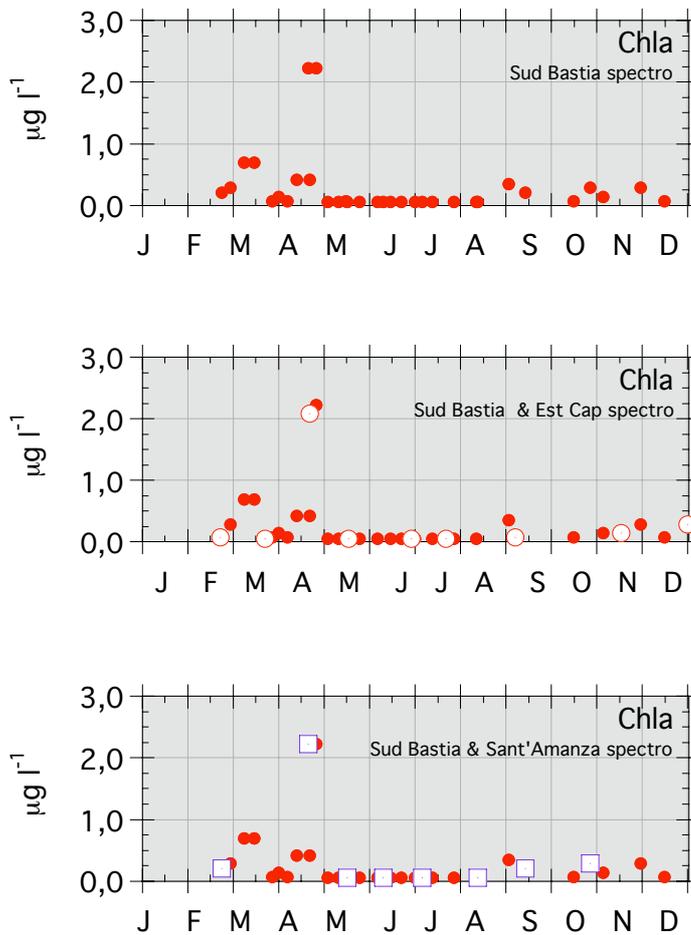


Figure 8 Evolution temporelle des concentrations en chlorophylle a aux stations Sud Bastia (site de référence), Est Cap Corse et Sant'Amanza au cours de l'année 2006 (prélèvements en subsurface).

VI Conclusions, recommandations et perspectives

Les résultats obtenus dans le cadre du suivi 2006 du phytoplancton des eaux côtières corses ont permis:

- de tester et de valider une stratégie d'échantillonnage originale adaptée aux réseaux de surveillance et aux spécificités régionales;
- de caractériser globalement les communautés phytoplanctoniques de 6 masses d'eau côtières ne présentant pas de risque NABE à l'horizon 2015 (Calvi, Cargèse, Pianottoli, Est Cap Corse, Sud Bastia et Sant'Amanza);
- de démontrer le très bon état des masses d'eaux échantillonnées pour l'indicateur Phytoplancton.

La stratégie d'échantillonnage testée et validée propose de réaliser deux suivis « haute fréquence » au niveau des sites de référence de Calvi (côte occidentale) et de la station « Sud Bastia » (côte orientale). L'échantillonnage doit être réalisé en subsurface toute l'année, une fois par semaine de janvier à juin et une fois par quinzaine de juillet à décembre. Les autres masses d'eau sont échantillonnées une fois par mois, de janvier à décembre.

Les résultats 2006 mettent en évidence les caractéristiques communes des communautés phytoplanctoniques des masses d'eau de Calvi, Cargèse et Pianottoli et des masses d'eau Est Cap Corse, Sud Bastia et Sant'Amanza. Ceci suggère que les suivis réalisés dans le cadre des contrôles de surveillance pourraient se limiter aux observations « haute fréquence » réalisées à Calvi et à la station « Sud Bastia ».

Dans l'avenir, et ce quelles que soient le nombre de masses d'eau étudiées par les contrôles de surveillance, l'effort d'échantillonnage sera valorisé au mieux si les recommandations suivantes sont respectées:

1. veiller à ce que l'échantillonnage couvre un cycle annuel complet (janvier – décembre);
2. effectuer les prélèvements dans les différentes masses d'eau à date fixe (par exemple partout le premier mardi de chaque mois), afin de disposer d'un jeu de données le plus synoptique possible;
3. éviter les prélèvements dans les 2 à 3 jours qui suivent un événement pluvieux violent, en raison des apports terrigènes qui peuvent altérer les propriétés des couches de surface.

De plus, il serait utile de développer une réflexion sur:

- l'utilisation de l'imagerie satellitaire dont les résultats seraient étalonnés avec les mesures « haute fréquence » des sites de référence;
- le développement de méthodes permettant de moduler les seuils bon état – état moyen en fonction des contraintes climatiques: idéalement, il faudrait abaisser les seuils les années où la production du site de référence est basse (hivers doux) et conserver ceux adoptés actuellement quand la production annuelle est plus élevée (hivers froids et venteux).