

Cycles diurnes du coefficient d'atténuation des particules (c_p) à différentes saisons en Mer Ligure.

Pierre Gernez ^{1,2}

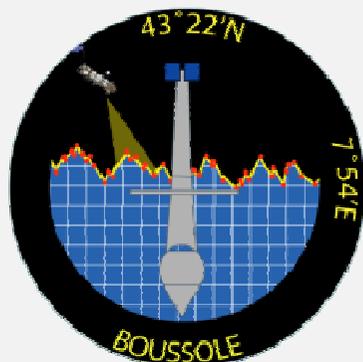
David Antoine ²

Yannick Huot ^{2,3}

¹ Acri-ST, Sophia-Antolis, France

² Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, France

³ Université de Sherbrooke, Canada



Cycles diurnes du coefficient d'atténuation des particules (c_p) à différentes saisons en Mer Ligure.

Pourquoi cette échelle temporelle?

Pourquoi c_p ?

Pourquoi à différentes saisons?

f

Cycles diurnes du coefficient d'atténuation des particules (c_p) à différentes saisons en Mer Ligure.

Pourquoi cette échelle temporelle?

- 24 h = cycle jour nuit
- Photosynthèse
- Paramètres photosynthétiques
[Doty & Oguri, 1957; Bruyant et al., 2005]
- Division cellulaire
[Vaulot & Marie, 1999]

Pourquoi c_p ?

f

Pourquoi à différentes saisons?

Cycles diurnes du coefficient d'atténuation des particules (c_p) à différentes saisons en Mer Ligure.

Pourquoi cette échelle temporelle?

- 24 h = cycle jour nuit
- Photosynthèse
- Paramètres photosynthétiques
[Doty & Oguri, 1957; Bruyant et al., 2005]
- Division cellulaire
[Vaulot & Marie, 1999]

Pourquoi c_p ?

- Mesure routinière depuis ~30 ans
- Sur les profileurs autonomes, gliders
- Estimateur du POC
[Loisel & Morel, 1998; Oubelkheir et al., 2005]
- Particules entre ~ 0.1 et 20 μm
- Cycles diurnes
[Siegel et al., 1989; Stramski & Reynolds, 1993]

Pourquoi à différentes saisons?

Cycles diurnes du coefficient d'atténuation des particules (c_p) à différentes saisons en Mer Ligure.

Pourquoi cette échelle temporelle?

- 24 h = cycle jour nuit
- Photosynthèse
- Paramètres photosynthétiques
[Doty & Oguri, 1957; Bruyant et al., 2005]
- Division cellulaire
[Vaulot & Marie, 1999]

Pourquoi c_p ?

- Mesure routinière depuis ~30 ans
- Sur les profileurs autonomes, gliders
- Estimateur du POC
[Loisel & Morel, 1998; Oubelkheir et al., 2005]
- Particules entre ~ 0.1 et 20 μm
- Cycles diurnes
[Siegel et al., 1989; Stramski & Reynolds, 1993]

Pourquoi à différentes saisons?

- Etudes diurnes généralement limitées à quelques jours
- Quelle est l'influence des conditions environnementales sur les rythmes diurnes?
[Rivkin & Putt 1988]

Cycles diurnes du coefficient d'atténuation des particules (c_p) à différentes saisons en Mer Ligure.

Pourquoi cette échelle temporelle?

- 24 h = cycle jour nuit
- Photosynthèse
- Paramètres photosynthétiques
[Doty & Oguri, 1957; Bruyant et al., 2005]
- Division cellulaire
[Vaulot & Marie, 1999]

Pourquoi c_p ?

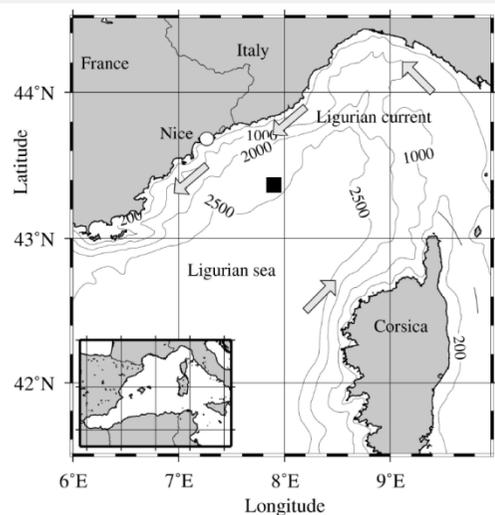
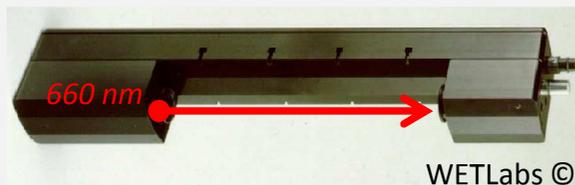
- Mesure routinière depuis ~30 ans
- Sur les profileurs autonomes, gliders
- Estimateur du POC
[Loisel & Morel, 1998; Oubelkheir et al., 2005]
- Particules entre ~ 0.1 et 20 μm
- Cycles diurnes
[Siegel et al., 1989; Stramski & Reynolds, 1993]

Pourquoi à différentes saisons?

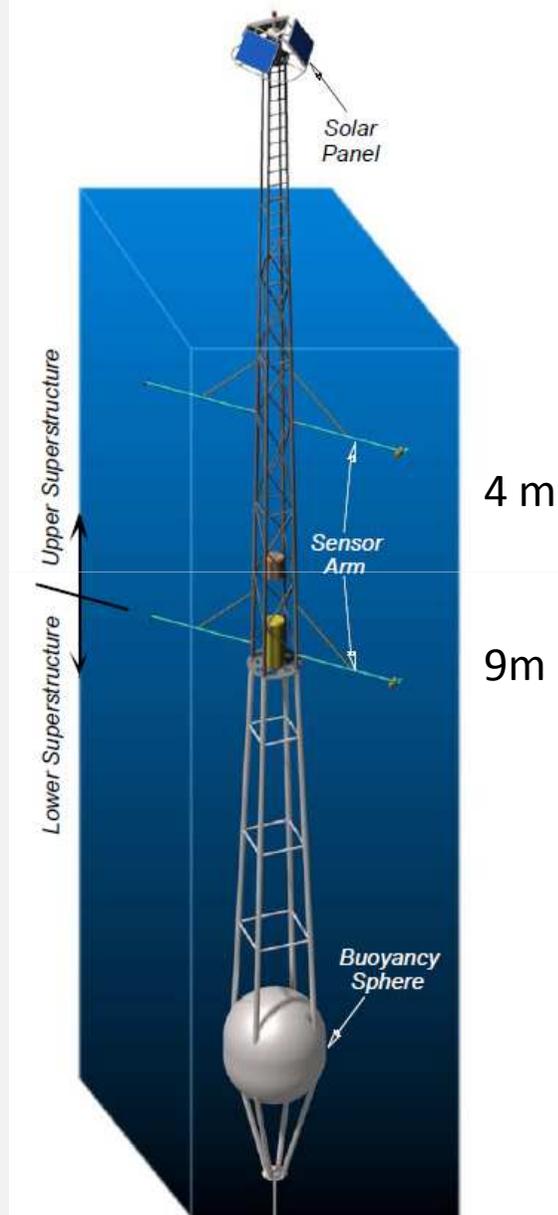
- Etudes diurnes généralement limitées à quelques jours
- Quelle est l'influence des conditions environnementales sur les rythmes diurnes?
[Rivkin & Putt 1988]

OBJECTIFS

- 1) ***Observations systématiques de la variabilité diurne à différentes saisons (large gamme de conditions environnementales).***
- 1) ***Caractérisation de cette variabilité diurne.***
- 2) ***Modélisation.***
- 3) ***Informations biogéochimiques?***

Site**Coefficient atténuation**

$$C \sim C_w + C_p$$

Bouée BOUSSOLE**Stratégie**

- Mesures bouée en continu (15 minutes): PAR, c_p , fluo Chl a
- En surface (4 et 9 m)
- Analyse d'une série temporelle de 2 ans (2006 et 2007)
- Campagnes mensuelles

Profils verticaux: CTD, c_p , pigments (HPLC)

<http://www.obs-vlfr.fr/Boussole/html/project/introduction.php>

[Antoine et al., 2006, 2008]

Segmentation en 4 saisons

Mélange

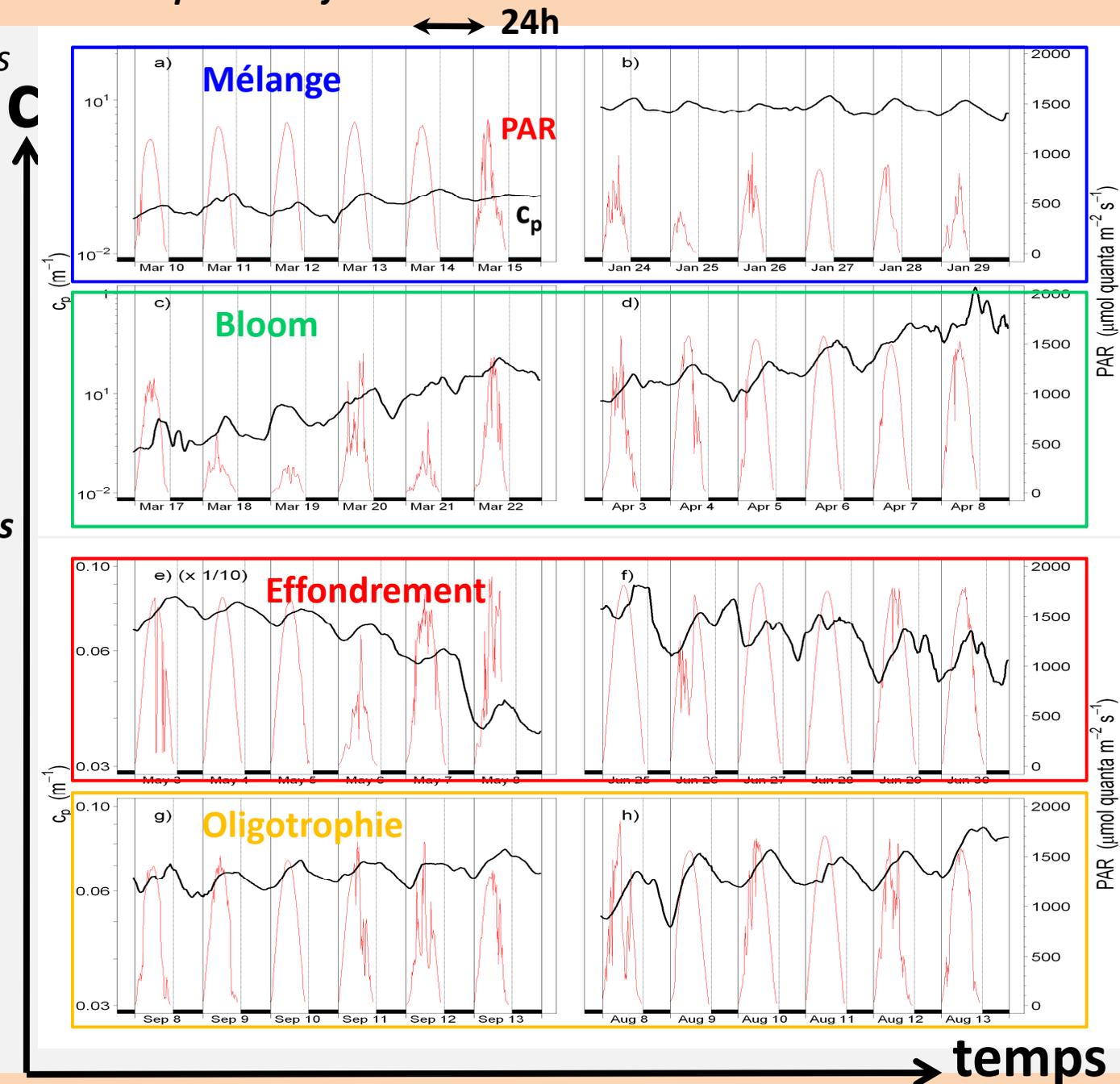
Bloom

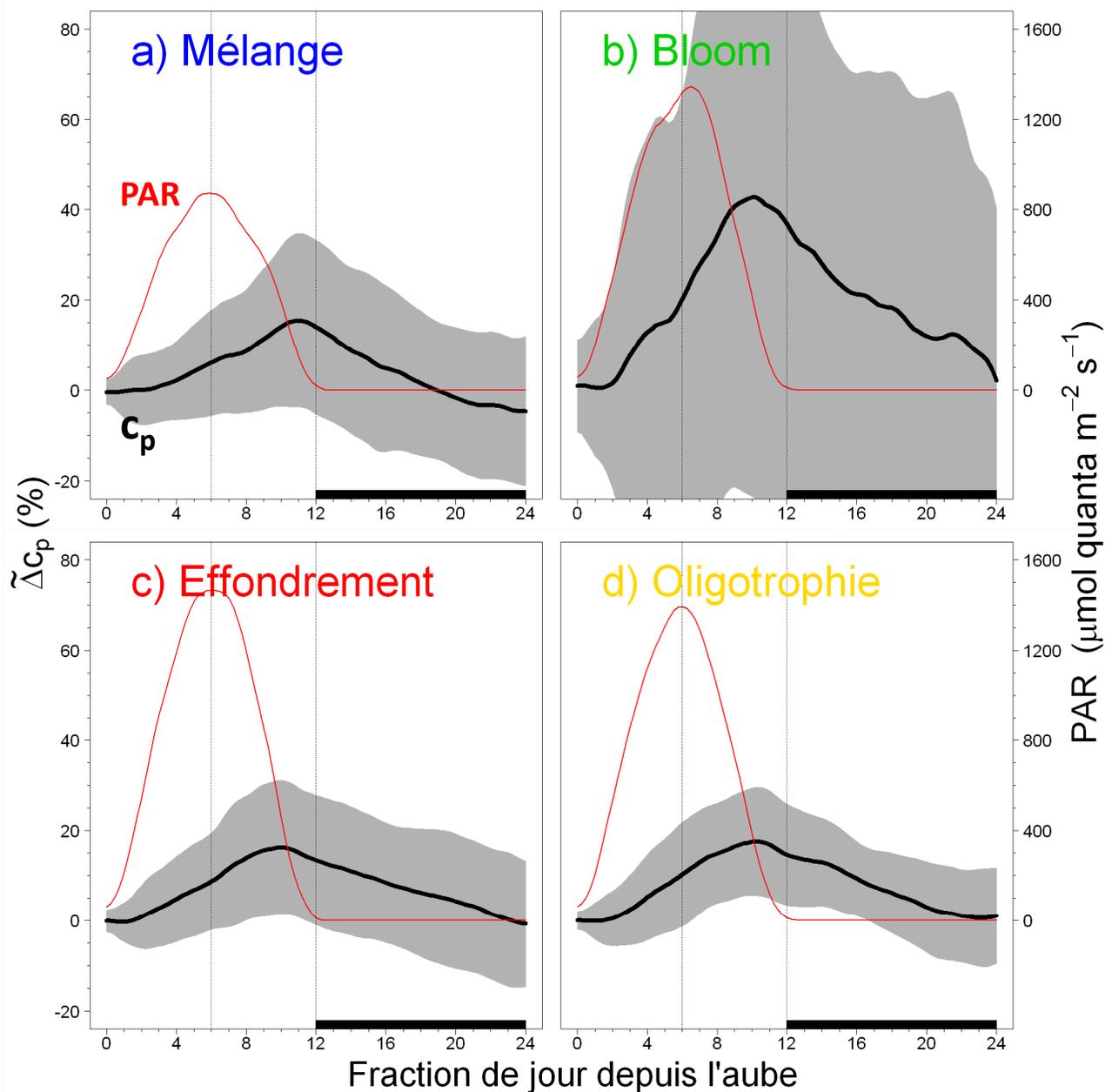
Effondrement

Oligotrophie

Occurrence des cycles diurne à chaque saison

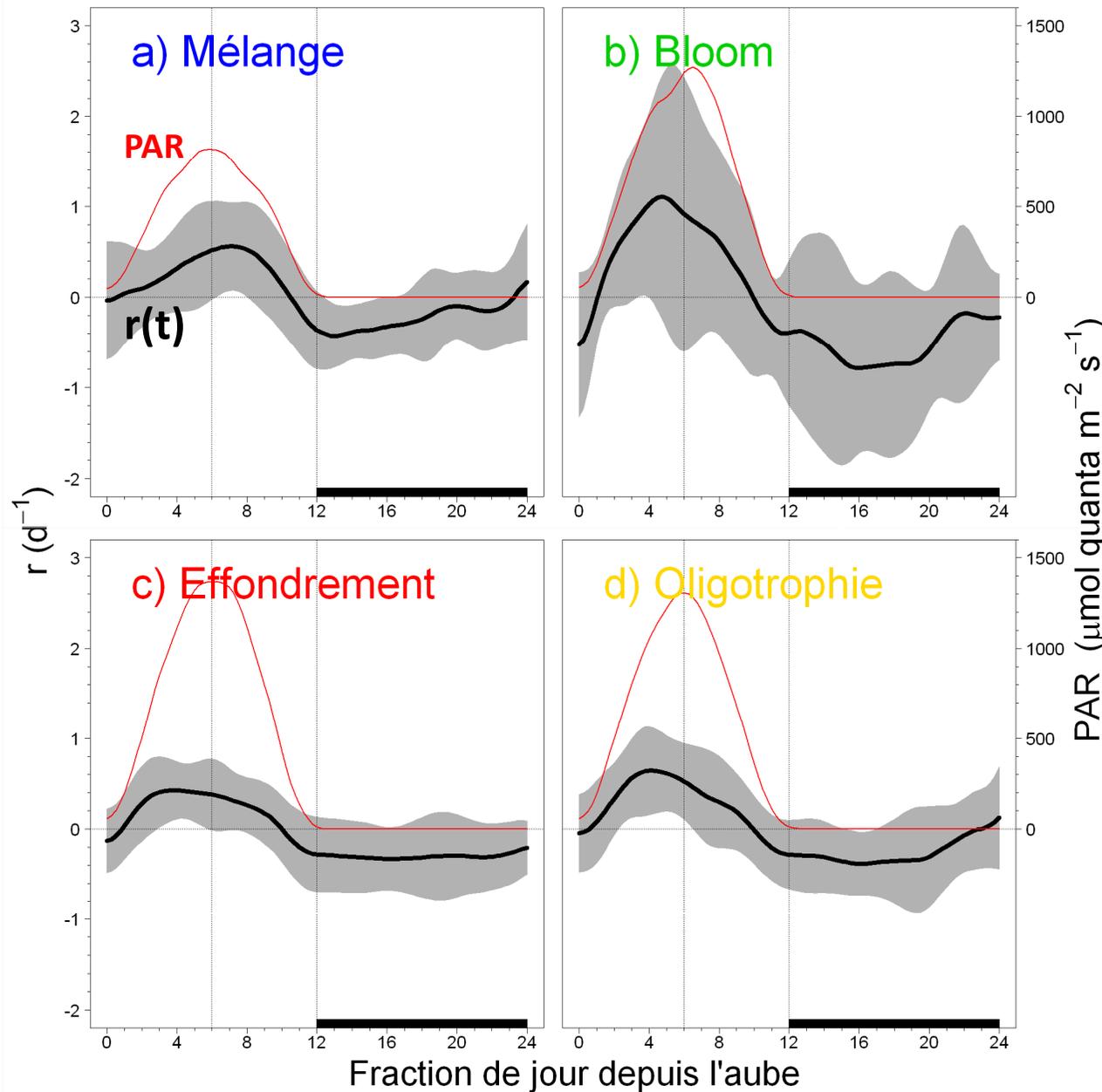
Amplitude et forme des cycles en fonction des saisons?





Cycles diurnes de c_p

- à chaque saison
- Forme régulière
- Amplitude variable
- ~ 15% toute l'année sauf
- > 40% pendant le bloom



Taux de variation $r(t)$

$r(t) \sim$ taux de production

$$r(t) = 1/c_p \partial c_p / \partial t.$$

[Siegel et al., 1989]

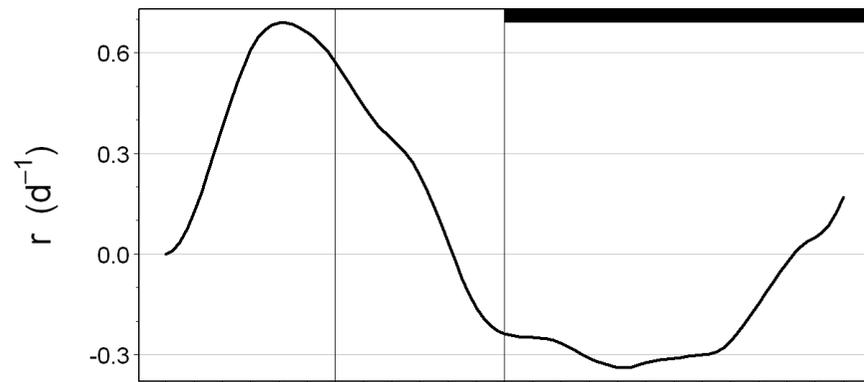
Cycles diurnes de $r(t)$

- à chaque saison
- Forme régulière
- Amplitude variable

➤ **Dissymétrie / midi:**

Maximum le matin

[Harding et al., 1981; Bruyant et al., 2005]

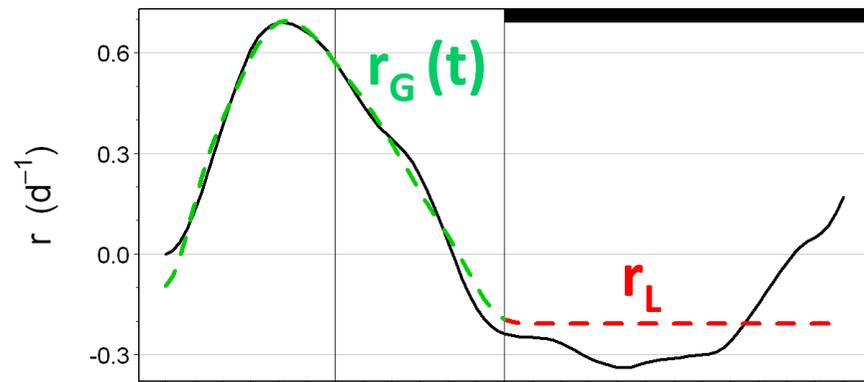


Exemple du taux de variation moyen pendant l'oligotrophie

$$r(t) = r_G(t) + r_L \quad [\text{Siegel et al., 1989}]$$

$r_L \sim$ pertes (Losses)
constant, indépendant du PAR.

$r_G(t) \sim$ production (Growth)
variable, dépend de PAR et de t.



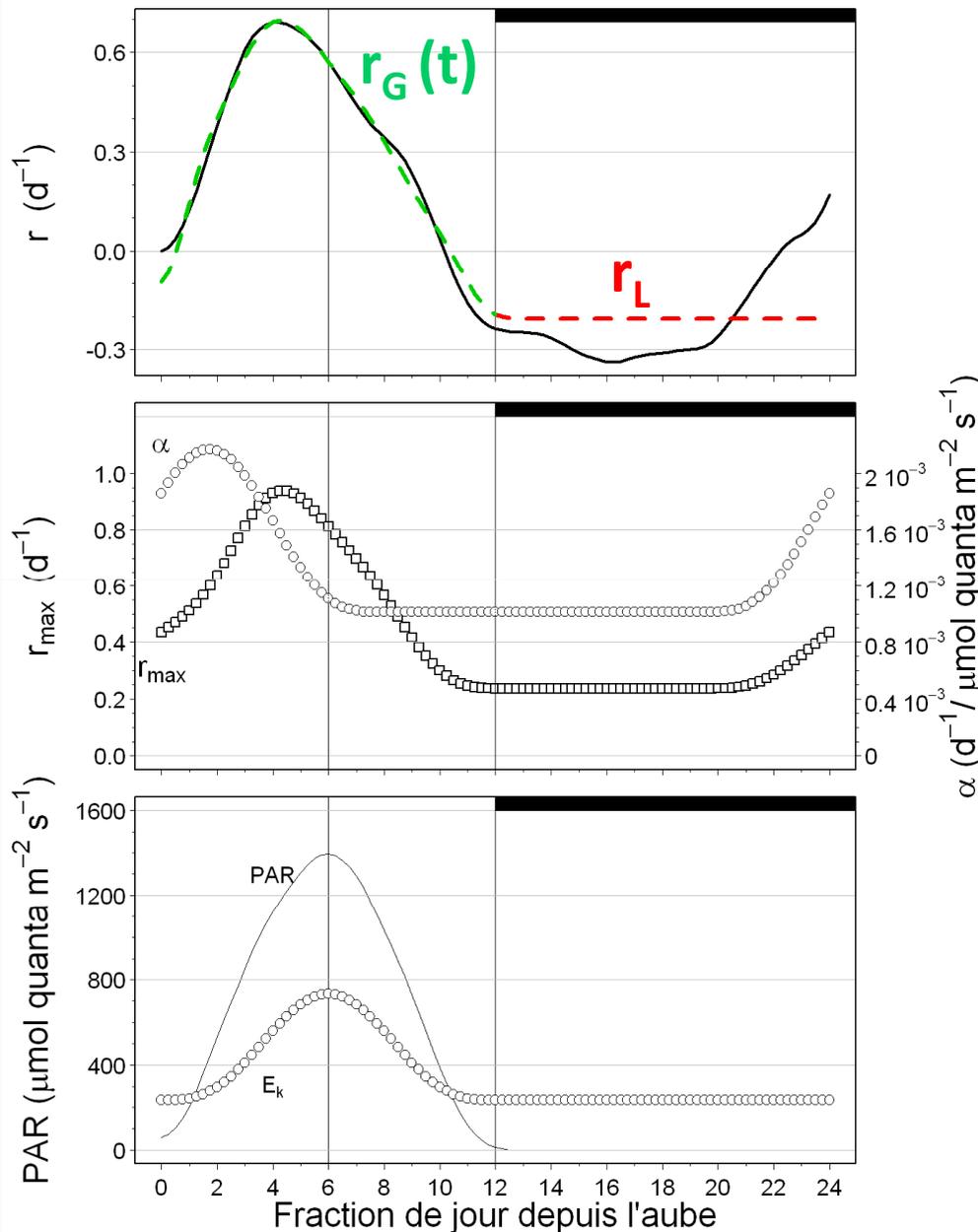
Exemple du taux de variation moyen pendant l'oligotrophie

$$r(t) = r_G(t) + r_L \quad [Siegel et al., 1989]$$

$r_L \sim$ pertes (Losses)
constant, indépendant du PAR

$r_G(t) \sim$ production (Growth)
variable, dépend de PAR et de t.

f



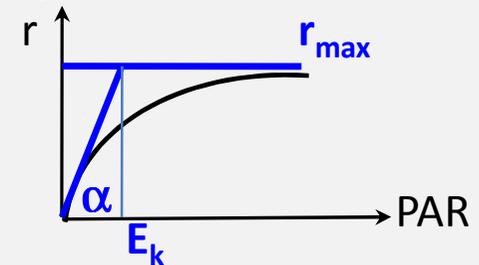
Exemple du taux de variation moyen pendant l'oligotrophie

$$r(t) = r_G(t) + r_L \quad [Siegel et al., 1989]$$

$r_L \sim$ pertes (Losses)
constant, indépendant du PAR

$r_G(t) \sim$ production (Growth):

➤ Modélisé comme un taux de production photosynthétique [Jassby & Platt, 1976]



➤ Paramètres variables en fonction du temps

Taux de variation max: $r_{max}(t)$

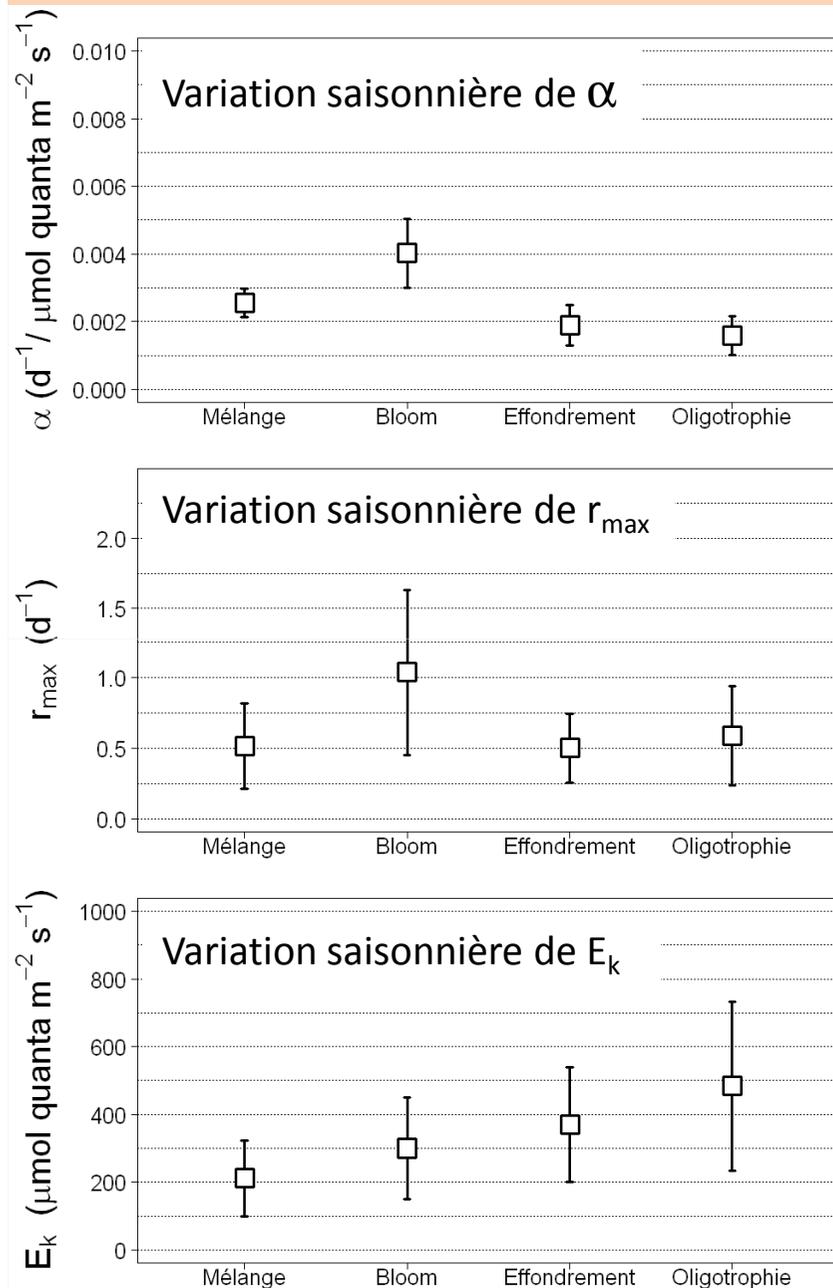
Efficacité de croissance: $\alpha(t)$

Eclairement saturant: $E_k(t)$

➤ Cycle diurne des paramètres adapté de [Bruyant et al., 2005]

➤ α et r_{max} déphasés, en avance / PAR

➤ E_k en phase avec PAR



Modélisation des cycles diurnes moyens par saison de $r(t)$:

→ cycles diurnes moyens par saison de α , r_{max} et E_k

→ Valeurs saisonnières moyennes de α , r_{max} et E_k

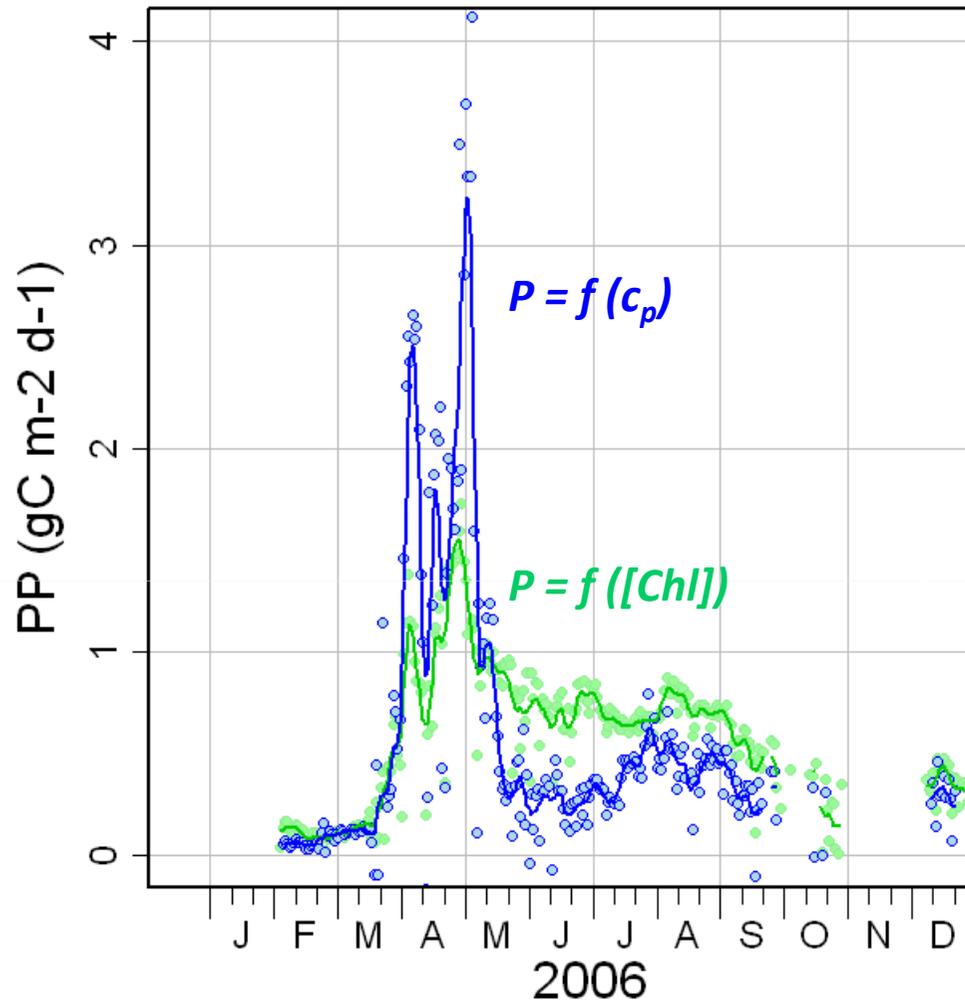
α et r_{max} varient en parallèle

➤ Maximum pendant le bloom

➤ Faible le reste de l'année

E_k est maximum pendant l'oligotrophie

➤ Photoadaptation



Production intégrée entre 0 et Z_{eu}

Z_{eu} calculée à partir de $[Chl]_{surf}$
 [Morel & Berthon, 1989]

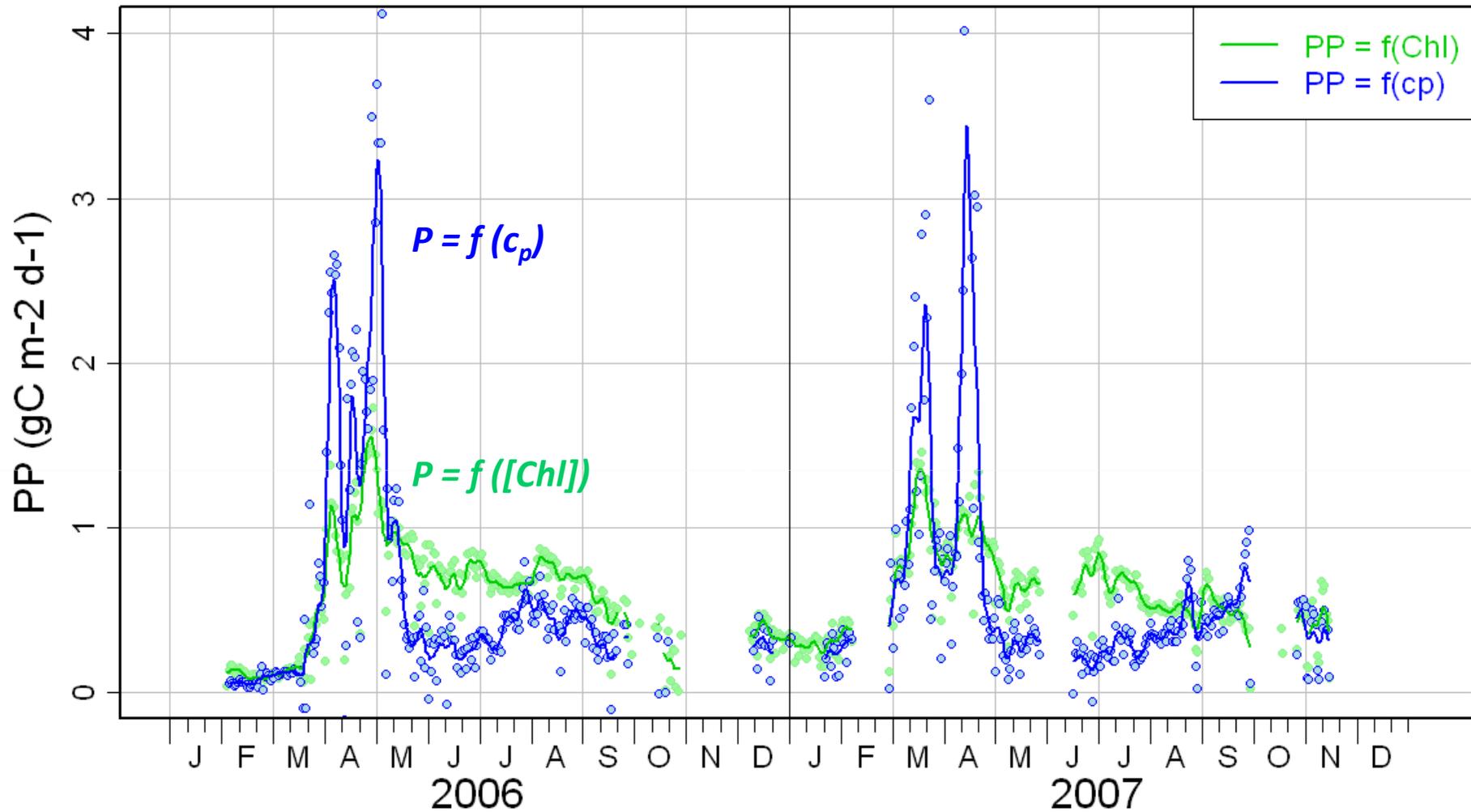
Deux méthodes optiques indépendantes

- à partir de la **[Chl]** [Morel, 1991; Antoine & Morel, 1996]
- à partir des cycles de c_p

Même importante dynamique saisonnière

Différences

- Niveau d'incertitude?
- $P = f(c_p)$ utilise des paramètres physiologiques différents selon les saisons, alors que $P = f([Chl])$ utilise des paramètres constants.
- $P = f(c_p) \sim$ production communautaire nette
- $P = f([Chl]) \sim$ production primaire nette



Variabilité saisonnière > interannuelle

L'échelle diurne est accessible de façon systématique

Important potentiel de c_p pour la biogéochimie

- Complément utile de la [Chl] [Loisel & Morel, 1998; Claustre et al., 2005; Behrenfeld & Boss, 2003]
- Quantification du POC [Loisel & Morel, 1998; Gardner et al., 2006]
- **Nouvelle approche pour mesurer la production communautaire nette** [Claustre et al., 2007]
- **Nouvelle approche pour étudier la variabilité diurne de la production à la fois**
 - **photosynthétique** [Harding et al., 1981; Bruyant et al., 2005]
 - **hétérotrophe (bactéries)** [Fuhrman et al., 1985, Church et al., 2004]

Résultats préliminaires

- Validation des paramètres biogéochimiques nécessaire

Perspectives:

- Variations verticales à l'aide des profileurs autonomes [IOCCG Working Group]
 - Séparer les contributions des différents groupes de particules
 - Télédétection: c_p n'est pas mesurable par satellite... mais b_{bp} l'est [Loisel & Stramski, 2002]
- application future aux satellites géostationnaires de couleur de l'océan?* [IOCCG Working Group]