

TD optique marine

Master d'Océanographie II- Spécialité OPB, OPB305, Optique Marine

Alain Fumenia

Laboratoire d'Océanologie et de Géoscience (LOG)

alain.fumenia@univ-littoral.fr

L'azote organique particulaire (PON) est un indicateur clé de la biomasse totale dans l'océan. Il inclut le phytoplancton, le zooplancton, les bactéries, les virus ainsi que le matériel détritique, et représente une part importante de la composition élémentaire de la biomasse (acides nucléiques, chlorophylle, protéines, etc...). Le cycle de l'azote est étroitement couplé à celui du carbone, et donc au système climatique global. Dans un contexte de perturbations anthropiques affectant les processus biogéochimiques océaniques, il devient essentiel de pouvoir déterminer les tendances à long terme du budget de l'azote. Pour cela, il est nécessaire de développer de nouveaux outils de suivi à grande échelle. L'utilisation des propriétés optiques inhérentes (IOPs) comme proxy optique de la biomasse constitue une alternative aux mesures in situ, souvent ponctuelles et coûteuses.

Dans ce TD, vous allez déterminer le meilleur proxy optique du PON à l'échelle de l'océan global. Vous disposerez d'une base de données de *matchups* in situ, comprenant : les concentrations de surface en PON, le coefficient spectral d'absorption des particules, $a_p(442)$, du phytoplancton, $a_{ph}(442)$, des particule non algales, $a_{NAP}(442)$, ainsi que le coefficient de rétrodiffusion particulaire $b_{bp}(555)$.

La Figure 1a illustre la localisation des points de mesure du jeu de données de *matchups*, qui regroupe trois grands ensembles d'observations :

- L'océan ouvert oligotrophe (*Open-Ocean Dataset*, OOD, marqueurs bleus) ;
- L'océan Arctique, incluant à la fois des eaux oligotrophes et des eaux plus productives (*Arctic Ocean Dataset*, AOD, marqueurs rouges) ;
- Et les zones côtières européennes productives, soumises à des apports continentaux (*Coastal Water Dataset*, CWD, marqueurs verts).

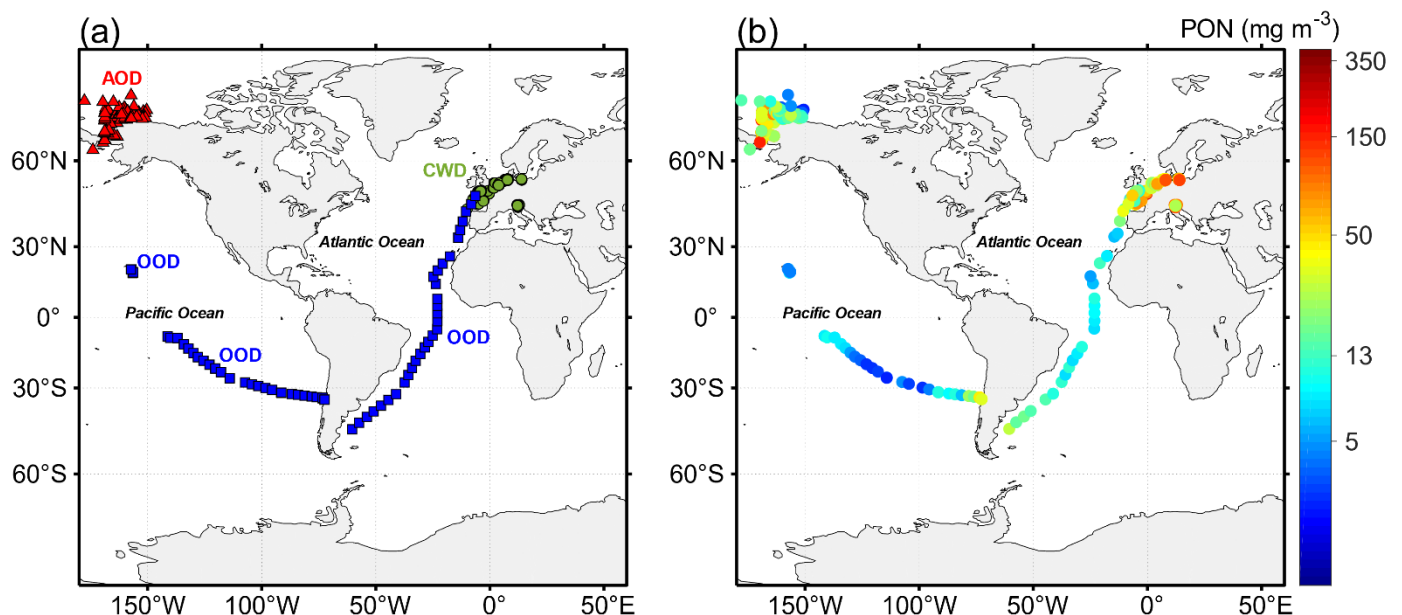


Figure 1. (a) Localisation géographique des stations. OOD (pour *open-ocean dataset*, marqueurs bleus), AOD (pour *Arctic ocean dataset*, marqueur rouge) et CWD (pour *coastal water dataset*). (b) Concentrations en PON en mg m⁻³.

Question n°1

L'objectif de cette première partie est d'explorer les relations statistiques entre les concentrations en PON et les IOPs fournies dans la base de données.

Vous devez tracer les relations PON vs. IOPs en utilisant une échelle logarithmique (\log_{10}).

En fonction de la forme de chaque relation observée, vous déterminez le type de régression (linéaire, polynomiale...) le mieux approprié pour chaque cas.

Sachant que l'estimation des incertitudes liées aux mesures d'IOPs est comprise entre 10 et 20 %, alors que celles liées aux mesures de PON sont de l'ordre de 4 à 8 %, vous déterminerez le type de modèle (dans le cas d'une relation linéaire) à mettre en œuvre : modèle de type I (*Ordinary Least squares*) ou de type II (*Major Axis method*), et vous expliquerez votre choix.

Chaque figure inclura les coefficients de régression, le nombre de mesures, et le coefficient de détermination, R^2 .

Les figures devront être clairement annotées et comporter une légende complète.

Question n°2

À partir des relations statistiques établies à la Question n°1, vous allez maintenant évaluer la performance des différents algorithmes empiriques développés pour estimer le PON à partir des IOPs.

À partir des équations de régression obtenues précédemment, estimez le PON à partir des valeurs d'IOPs du jeu de données. Vous obtiendrez ainsi un PON dérivé (ou estimé) pour chaque algorithme testé (ex. : à partir de $a_p(442)$, $a_{ph}(442)$, $a_{ANAP}(442)$, et $b_{bp}(555)$).

Comparez le PON estimé avec le PON mesuré en utilisant plusieurs indicateurs statistiques parmi les suivants:

- La pente (S) et intercept (I) de la régression entre PON estimé et PON observé
- Coefficient de détermination (R^2)
- Erreur quadratique moyenne ($RMSE$)
- Médiane de la précision symétrique ($MdSA$)
- Médiane de l'erreur absolue ($MdAPD$)
- Biais (*Mean Bias Error*)

Tracez pour chaque algorithme la relation : PON estimé vs. PON mesuré. Ajoutez la droite 1:1 pour évaluer visuellement la qualité de la prédiction. Indiquez sur chaque graphique les principaux paramètres statistiques (R^2 , $RMSE$, $N...$).

Sur la base des indicateurs statistiques obtenus, identifiez le meilleur proxy optique du PON à l'échelle de l'océan global. Justifiez votre choix en vous appuyant sur la force de corrélation, la faible dispersion des points, et les paramètres statistiques.

Question n°3

Le rapport POC/SPM (ou SPM représente le matériel en suspension = minéral + biomasse) peut être utilisé comme un indicateur de la composition des particules d'une masse d'eau.

Des valeurs de POC/SPM < 0.12 indiquent un ensemble de particules majoritairement minérales, et des valeurs de POC/SPM > 0.28 indiquent au contraire une dominance de particules organiques.

La figure 2 présente la relation entre le rapport $b_{bp}(555)/PON$ vs. POC/SPM et la relation $a_p(442)/PON$ vs. POC/SPM. Après avoir décrit brièvement les tendances observées (croissante, décroissante, ou pas de tendance), vous indiquerez quelle IOPs, entre le $b_{bp}(555)$ et $a_p(442)$, semble la plus sensible à la composition des particules. Emettez une hypothèse qui pourrait expliquer le fait qu'une des deux IOPs est plus sensible à la composition des particules.

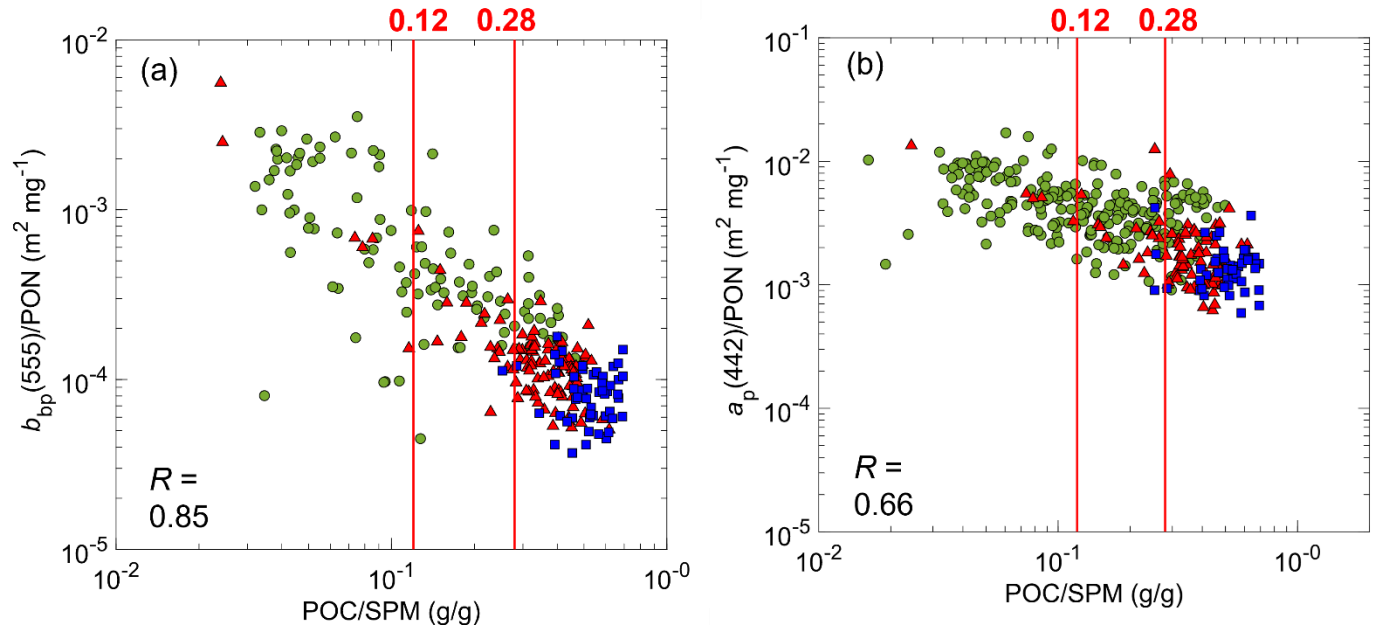


Figure 2. (a) Relation entre le $b_{bp}(555)/PON$ et le rapport POC/SPM, et (b) relation entre $a_p(442)/PON$ et le rapport POC/SPM. Les lignes verticales rouges correspondent à des valeurs seuils du rapport POC/SPM de 0.12 et 0.28, qui délimitent les eaux avec un assemblage particulaire à dominance minérale, des eaux mixtes et des eaux avec un assemblage particulaire à dominance organique (Stramski et al., 2023). R correspond au coefficient de corrélation. Les carrés bleus, triangles rouges et cercles verts se réfèrent aux jeux de données OOD, AOD et CWD.