



Modèle optique du microphytobenthos (MPBOM) : indépendance d'échelle et traitement de l'information pigmentaire.

Patrick Launeau(1), Vona Méléder(2), Farzaneh Kazemipour(3), Bruno Jesus(2) et Laurent Barillé(2)

(1) LPG UMR 6112 (2) MMS EA 2160 Université de Nantes et (3) Terres Inovia, Bretenière





RÉPUBLIQUE FRANCAISE

PAYS DE LA LOIRE

Caméras HySpex

CPER 2008 labo

et 2009 terrain aéro



Modèle optique du microphytobenthos (MPBOM) : indépendance d'échelle et traitement de l'information pigmentaire.

- Télédétection hyperspectrale expérimentale
- Propriétés optiques d'un biofilm semi-absorbant
- Calage sur des biomasses mesurées par HPLC
- Application aux images de toutes tailles et à toutes les échelles
- Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption
- Exemples de changements d'échelle
- Conclusion

et en 2016 grâce à







Télédétection hyperspectrale expérimentale



Dépôt de cellules par filtration douce

En suspension dans gélatine (culture + agar)



Extracellular Polymeric Substances (polysaccharides)





Télédétection hyperspectrale expérimentale



avec les feuilles ou les macroalgues (modèle non compatible avec MPB)





Télédétection hyperspectrale expérimentale





Vases et sables dessinent une droite de 600 nm à 920 nm

La contribution du support des biofilms peut donc être estimée par l'observation de l'intervalle de 750 nm à 920 nm

De même les supports expérimentaux présentent un spectre plat

LPG mms mer molécules santé

Kazemipour F., V. Méléder, P. Launeau (2011) "Optical properties of microphytobenthic biofilms (MPBOM): Biomass retrieval implication". Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Volume 112, Issue 1, January 2011, Pages 131-142



Propriétés optiques d'un biofilm semi-absorbant







Propriétés optiques d'un biofilm semi-absorbant



Les formules de Fresnel donnent :

En considérant que interface F du biofilm est infinie on peut écrire :

D'après la loi de Lambert η s'écrit :

 $R_{F} = \frac{(\sqrt{n^{2} - \sin^{2}(\theta)} - \cos(\theta))^{2} + k^{2}}{(\sqrt{n^{2} - \sin^{2}(\theta)} + \cos(\theta))^{2} + k^{2}} \qquad T_{F} = \frac{4\sqrt{n^{2} - \sin^{2}(\theta)} + k^{2}}{(\sqrt{n^{2} - \sin^{2}(\theta)} + \cos(\theta))^{2} + k^{2}}$

$$R = R_F + \frac{R_F T_F^2 \exp(-2\alpha.h)}{1 - R_F^2 \exp(-2\alpha.h)}$$

 $\eta = \exp(-\alpha h)$

$$T = \frac{T_F^2 \exp(-\alpha.h)}{1 - R_F^2 \exp(-2\alpha.h)}$$

À face parallèles (en négligeant les variation d'épaisseur)



7





Propriétés optiques d'un biofilm semi-absorbant

Khashan and El-Naggar, 2000; Nichelatti, 2002



Par recombinaison des R et T precedent on peut écrire :

$$R_F = \frac{R}{1 + \eta T} \qquad T_F = \left[\frac{(1 - \eta^2 R_F^2)T}{\eta}\right]^{0.5}$$
$$\eta = R_F + T_F$$

Et une méthode itérative de Khashan and El-Naggar, 2000 peut estimer η en fonction de R et T. η est initialisé à 1 comme première estimation de R_F et T_F . Comme la somme de R_F et T_F donne une nouvelle estimation de η , la boucle de calcul continue jusqu'à ce que la différence entre 2 itérations consécutives de η devienne plus petite que 0.001.

Comme l'épaisseur, h, est proportionnelle à la concentration, h peut être confondu avec α .



$$\eta = \exp(-\alpha \cdot h) \Longrightarrow \alpha = -\ln(\eta)$$





Calage sur des biomasses mesurées par HPLC















Calage sur des biomasses mesurées par HPLC



11

hauteur α





Application aux images de toutes tailles et à toutes les échelles



Comme la réflectance propre d'un biofilm est négligeable :

 $R = R_F = 0$

Le calcul de *T* à partir de l'observation de la réflectance apparente R_A et de celle du support R_B se simplifie en :

(diapo 6)
$$T^{2} = \frac{(R_{A} - R)(1 - R.R_{B})}{R_{B}} \xrightarrow{R \approx 0} T = \sqrt{\frac{R_{A}}{R_{B}}}$$

Et

(diapo 8) $T_F = \left[\frac{(1-\eta^2.R_F^2)T}{\eta}\right]$

D'où, sans méthode itérative, nous avons directement :

$$\alpha = -\ln(\eta) \xrightarrow{R \approx 0} \alpha = -\ln(\sqrt[3]{T})$$







Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption







Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption Un indice *I* calculé en réflectance est proportionnel à la biomasse et au NDVI







Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption Un indices $I\alpha$ calculé en coefficient d'absorption est indépendant de la biomasse et du NDVI



caractéristique du biofilm

16

LPG mms mer molécules santé

P. Launeau, V. Méléder, Kazemipour F., B. Jesus, L. Barillé (in prep) "Microphytobenthos biomass mapping using the optical model of diatom biofilms: Scale independence implications".



Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption









Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption

 $\alpha = -\ln(\sqrt[3]{T})$ Coefficient d'absorption α avec support estimé par régression linéaire entre 750nm et 920nm



1000

673

Linéaire (67)

phyt

• diat

• alg

SUna

LPG

mms



Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption Combinaisons linéaires R



Combe, J., Launeau, P., Carrere, V., Despan, D., Meleder, V., Barille, L., Sotin, C., (2005), Mapping microphytobenthos biomass by non-linear inversion of visible-infrared hyperspectral images, *Remote Sensing of Environment*, 98, (4), 371-387

SUna

mms



Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption Combinaisons linéaires α



Les abondances relatives en coefficients d'absorption α sont indépendantes de la répartition spatiale et donc de l'échelle d'observation





Analyse spectrale par combinaison d'indices en réflectance et coefficient d'absorption

 $\alpha = -\ln(\sqrt[3]{T})$ avec masque MPB













5/07/2016

440 546 597 nm

Diatomées en filaments bruns au fond du chenal











Intensités d'indices normées à [0, 1] et [0, 2]



440 546 597 nm

 R_A

Réflectance apparante

17/10/2016 Apport de nouvelles boues depuis le Falleron





440 546 597 nm

 $R_{\scriptscriptstyle B}$

Réflectance du support Pente NIR 750-920 nm



A Carlos de Carlos Proceportad Social Frances de Carlos Proceportad Social Frances de Carlos Proceportad Social Frances de Carlos Proceportad



Calculs d'indices à partir de

 R_A















Diatomées épipsammiques

Autres Diatomées épipsammiques ?

$$I\alpha_{Diatom} = \frac{\alpha_{549} + \alpha_{673}}{2 \times \alpha_{600}} - 1$$

$$I\alpha_{Euglena} = \frac{\alpha_{600} + \alpha_{495}}{2 \times \alpha_{553}} - 1$$

$$EauSup = \frac{2 \times R_{800}}{R_{740} + R_{850}} - 1$$

Affichage complet







Conclusion

L'absence de réflectance propre des biofilms de MPB permet d'accéder à leur support à travers une fenêtre de transparence dans le PIR et au calcul simple du coefficient d'absorption α du MPB

$$\alpha_{673} = -\ln(\sqrt[3]{T_{673}})$$

- Le pic α de la Chlorophylle *a* est proportionnel à la biomasse établie par HPLC
- Les coefficients d'absorption de ce type de MPB sont indépendants de l'échelle d'observation ce qui autorise toutes les combinaisons en dehors des effets physiologiques modifiant les abondances relatives en pigments
- Si la biomasse est donnée par la hauteur de α les indices construits avec α sont indépendants des biomasses, aux effets physiologiques près sensibles à l'épaisseur des biofilms
- Cette méthode est particulièrement bien adaptée à l'étude des grandes vasières intertidales et nous proposons de soutenir un groupe de recherche sur ce thème en facilitant l'accès à ces données hyperspectrales



Journées Scientifique de l'Université de Nantes : Colloque 13 -Interactions producteur primaire, biogéochimie et socio-écosystème des vasières intertidales (inscription avec résumé jusqu'au 10 mai)



