



Variabilité à long terme des paramètres physico-chimiques et biologiques dans le pertuis d'Antioche et ses impacts sur les écosystèmes planctoniques côtiers

MOTTÉE Marine



Sous la supervision de AGOGUÉ Hélène et LE FOUEST Vincent

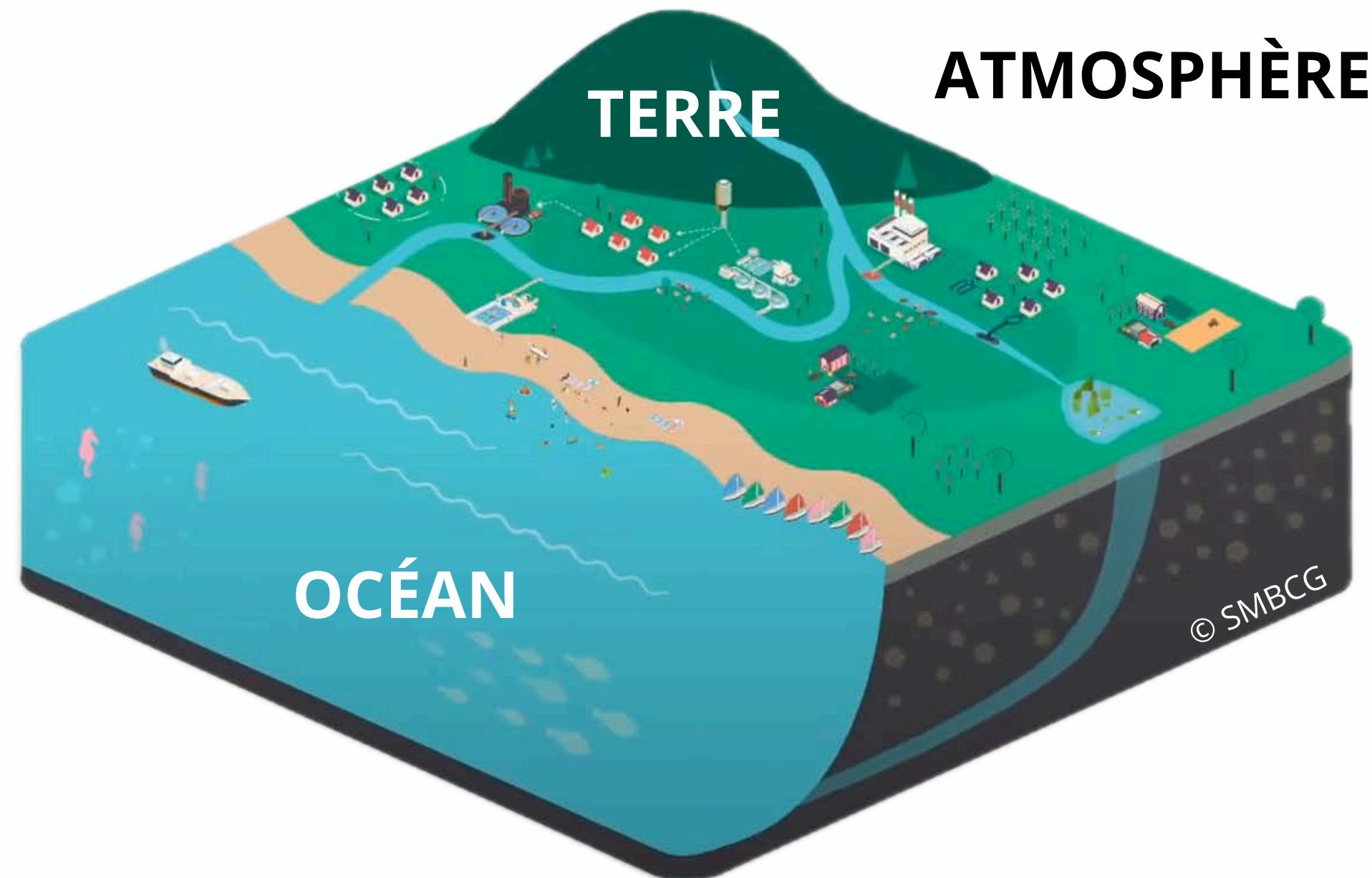
Master 1 Sciences Pour l'Environnement (SPE) parcours Gestion de l'Environnement et
Écologie Littorale (GEEL)

Introduction : les milieux côtiers, des acteurs écologiques vulnérables



11 % de l'océan mondial

- ✓ Dynamique
- ✓ Cycles biogéochimiques
- ✓ Régulation du climat



Introduction : les milieux côtiers, des acteurs écologiques vulnérables



11 % de l'océan mondial

✓ Dynamique

✓ Cycles biogéochimiques

✓ Régulation du climat



Diverses pressions

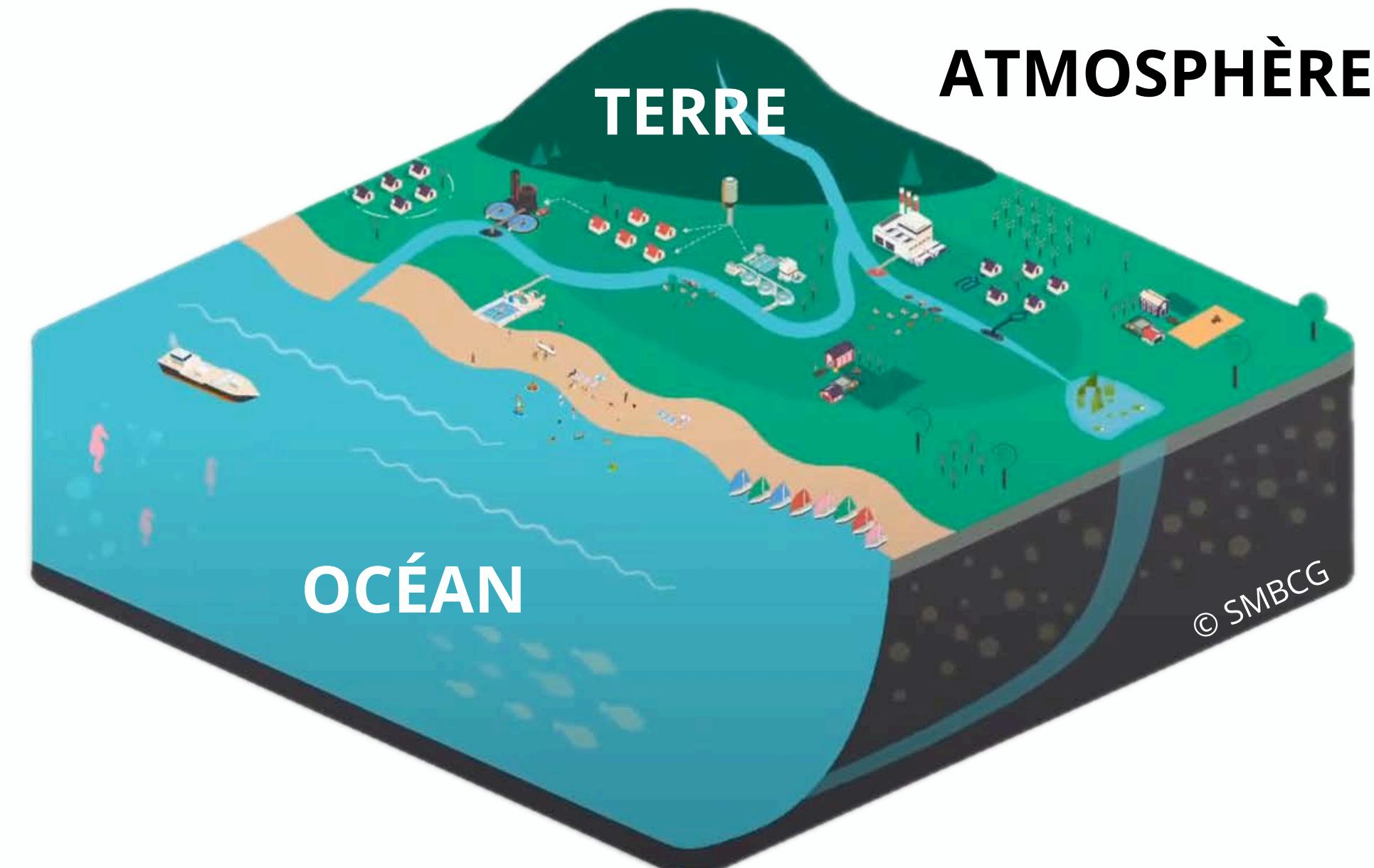
→ Eutrophisation

→ Anoxie

→ Algues toxiques....

+ Climatiques et anthropiques

→ Séries temporelles à long terme



Introduction : objectifs de l'étude

Caractériser la variabilité à long terme de paramètres environnementaux dans le pertuis d'Antioche grâce aux données SOMLIT

- Comment ces paramètres ont-ils évolué depuis 2011 ?
- Quelle est la nature de leurs variations ?
- Quels sont les forçages responsables des dynamiques observées ?

Matériels & Méthodes : présentation du site d'étude



📍 46,0842°N, 1,30833°O

📍 Pertuis d'Antioche

↕ Profondeur : 40 mètres

💧 Contexte hydrologique particulier

Matériels & Méthodes : données utilisées



Physico-chimiques

Température
Salinité
[Chlorophylle - a]

Biologiques

- Synechococcus* sp. (0,5 à 1,5 µm)
- Cryptophytes (4 à 50 µm)
- Pico- phytoeucaryotes (0,2 à 2 µm)
- Nano- phytoeucaryotes (2 à 20 µm)



Matériels & Méthodes : données utilisées



Service d'Observation en Milieu Littoral

Physico-chimiques

Température
Salinité
[Chlorophylle - a]

Biologiques

Synechococcus sp. (0,5 à 1,5 µm)

Cryptophytes (4 à 50 µm)

Pico- phytoeucaryotes (0,2 à 2 µm)
Nano- phytoeucaryotes (2 à 20 µm)

Données complémentaires :



Diatomées
(1 à > 400 µm)



Précipitations



Débit de la Charente



Indices climatiques

Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données

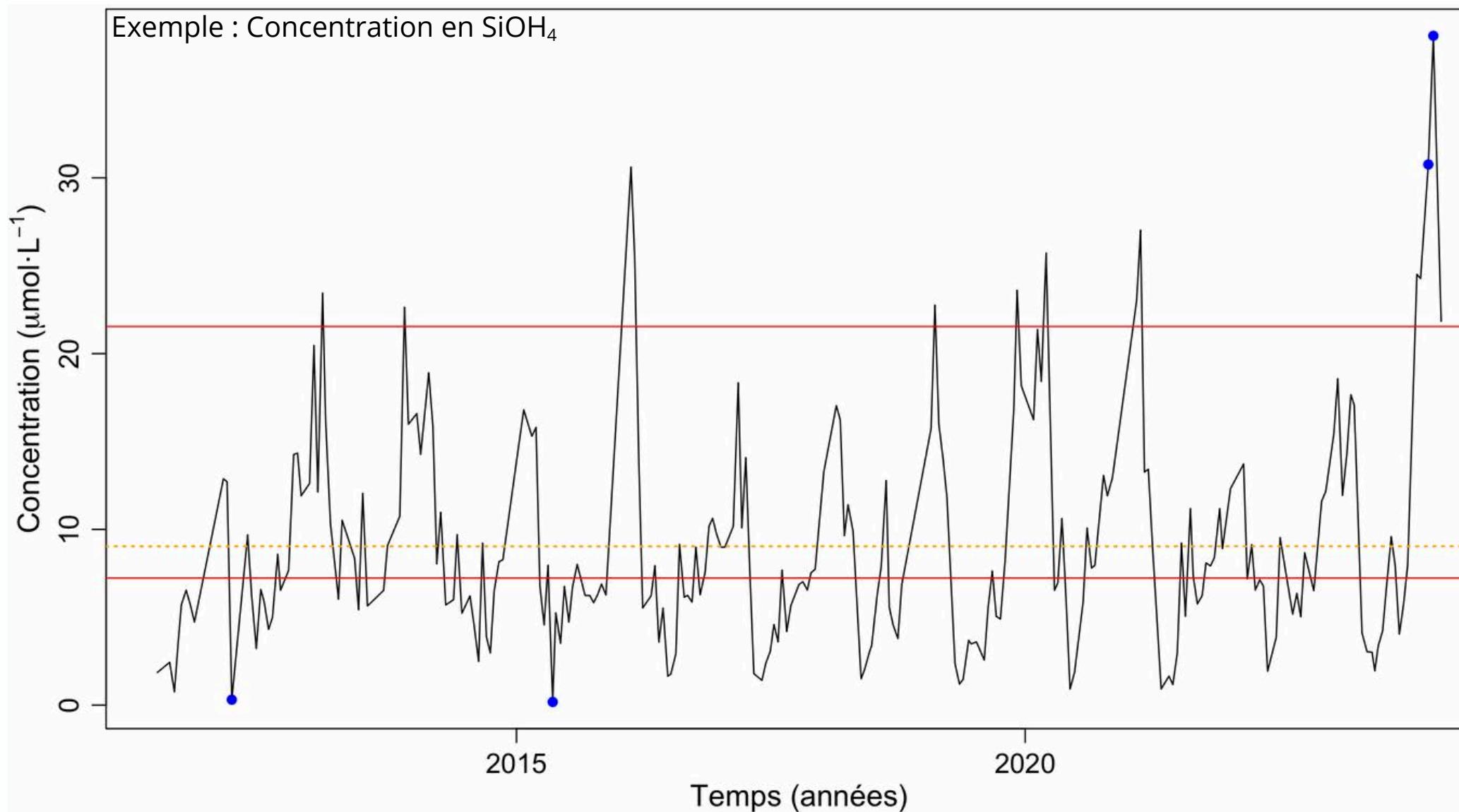


Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données

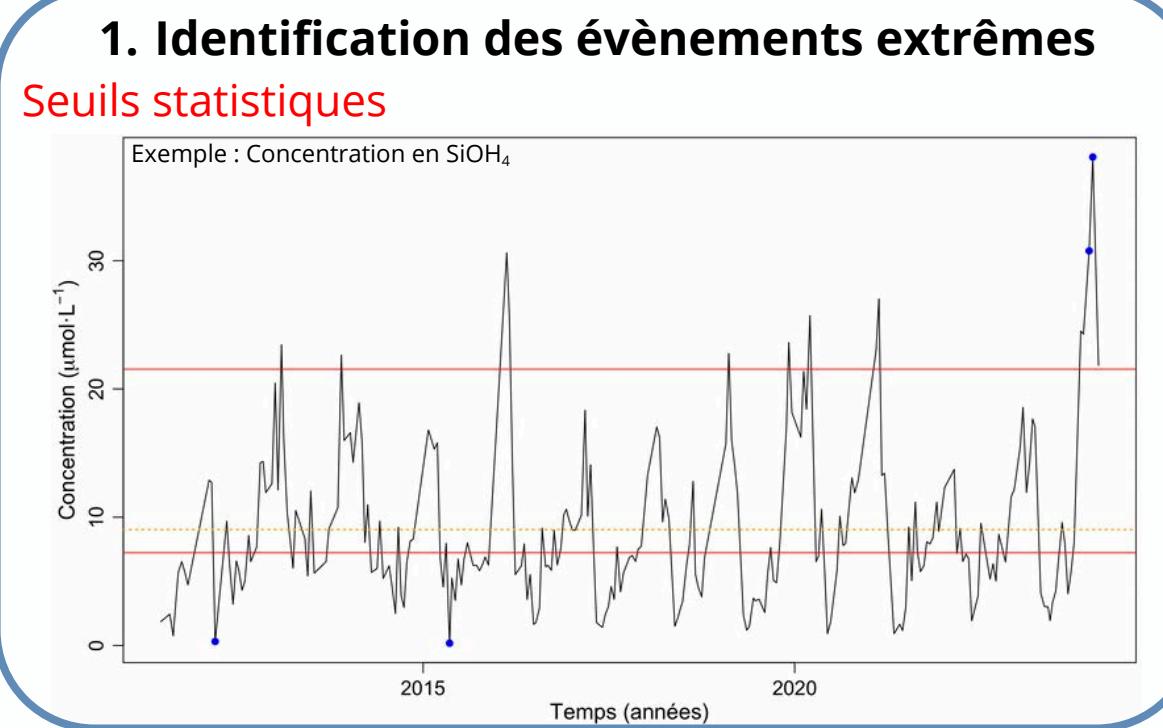


1. Identification des évènements extrêmes

Seuils statistiques

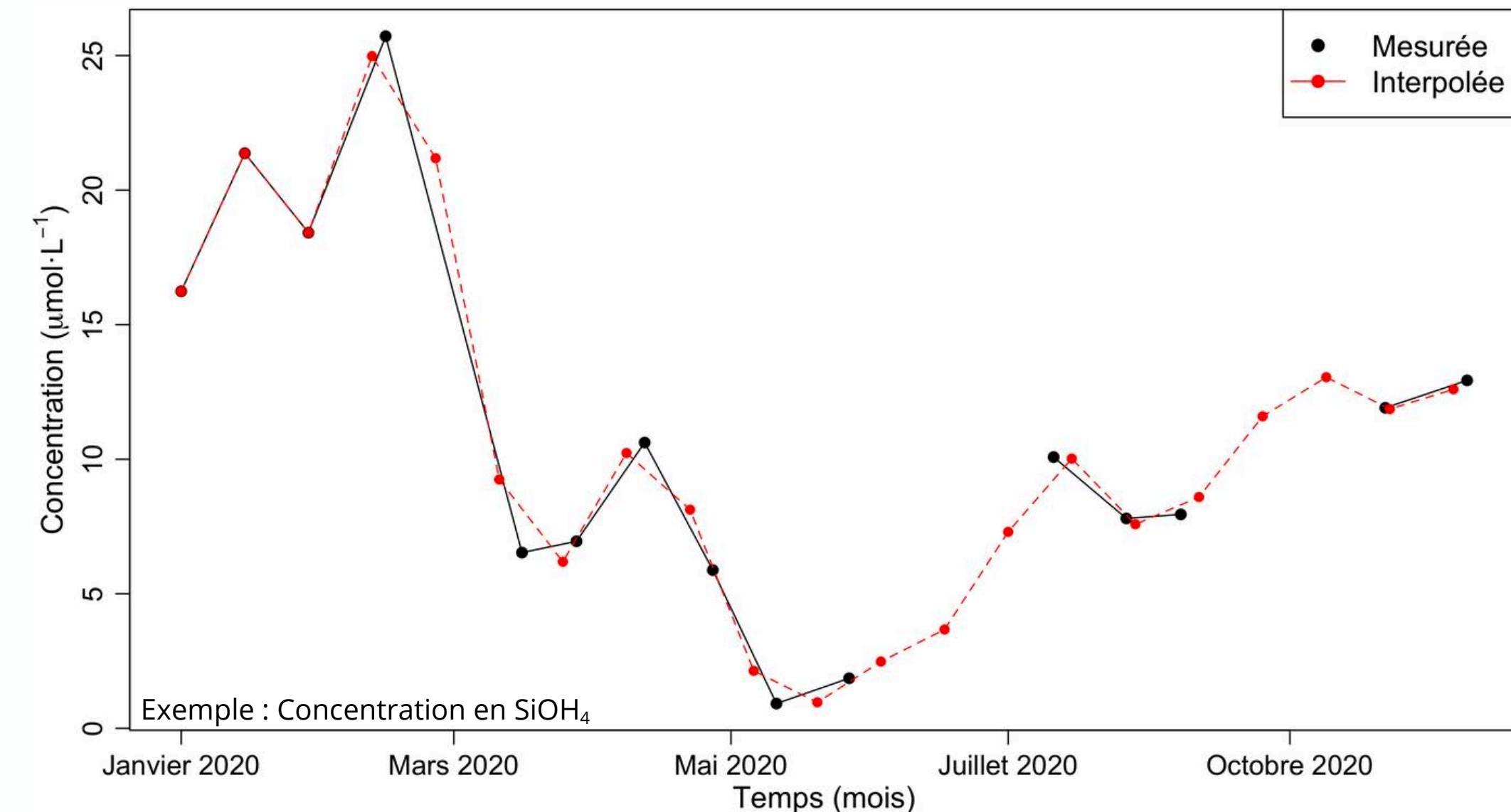


Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données



2. Régularisation des données

Obtenir un pas de temps constant

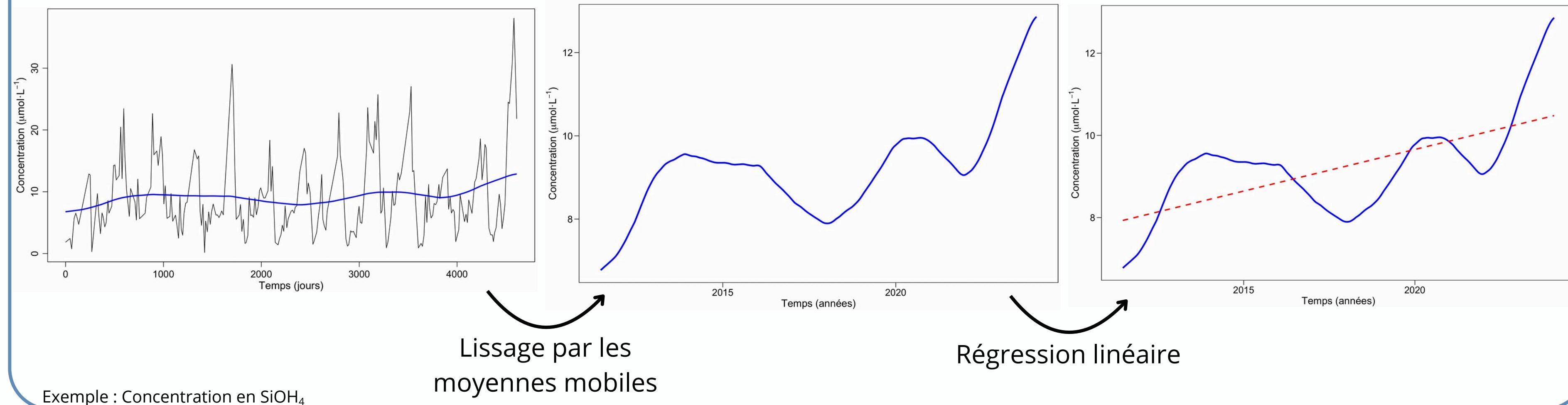


Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données



3. Extraction de la composante interannuelle et tendance

La variabilité saisonnière masque la tendance



Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données



4. Recherche de corrélations

Test de Spearman

Salinité - Indice d'Oscillation Nord Atlantique
Indice d'Oscillation Arctique
Indice El Niño - Oscillation Australe } 13 ans
Précipitations
Débit de la Charente } 11 ans

Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données



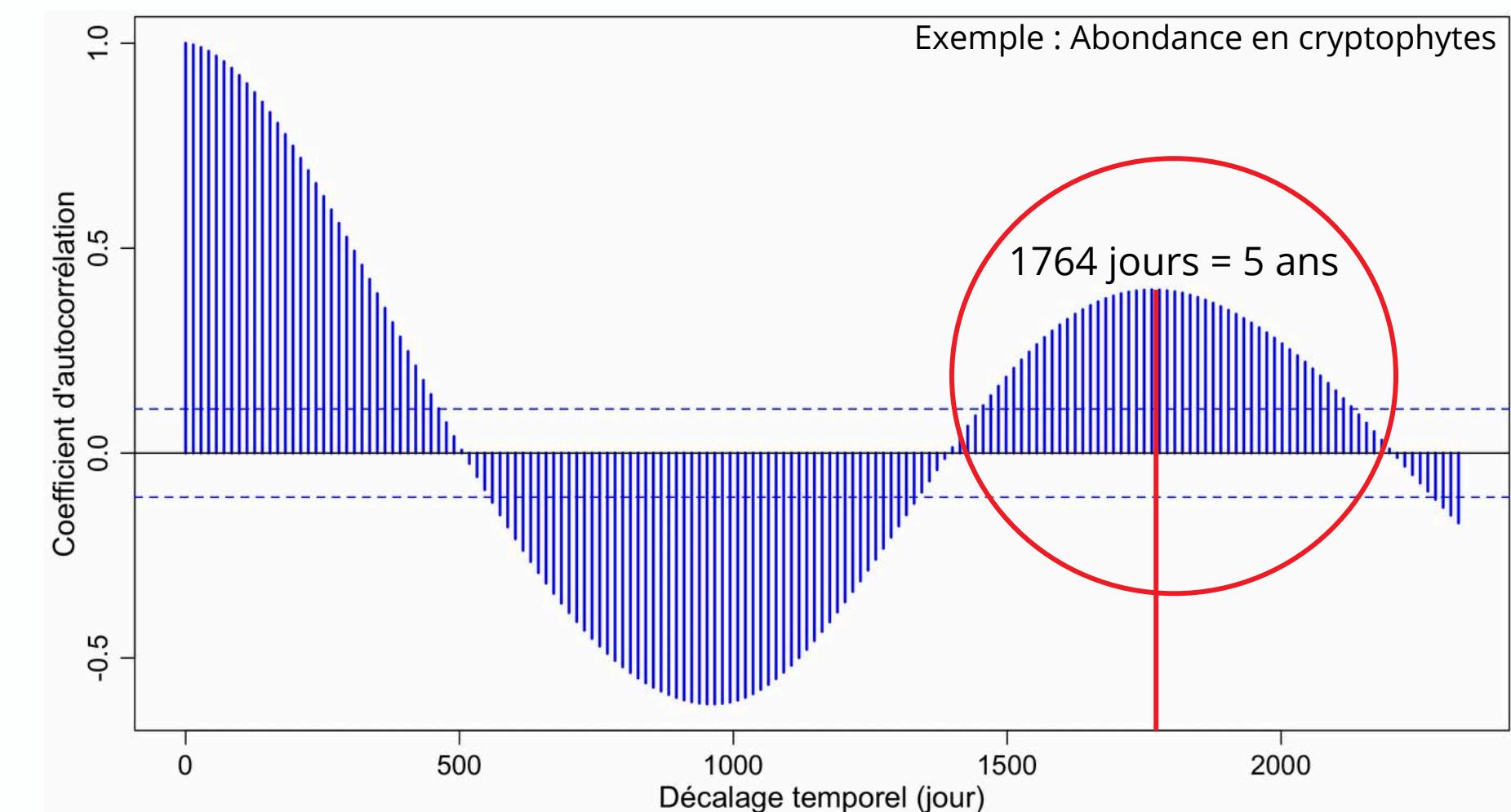
4. Recherche de corrélations

Test de Spearman

Salinité - Indice d'Oscillation Nord Atlantique
Indice d'Oscillation Arctique
Indice El Niño - Oscillation Australe } 13 ans
Précipitations
Débit de la Charente } 11 ans

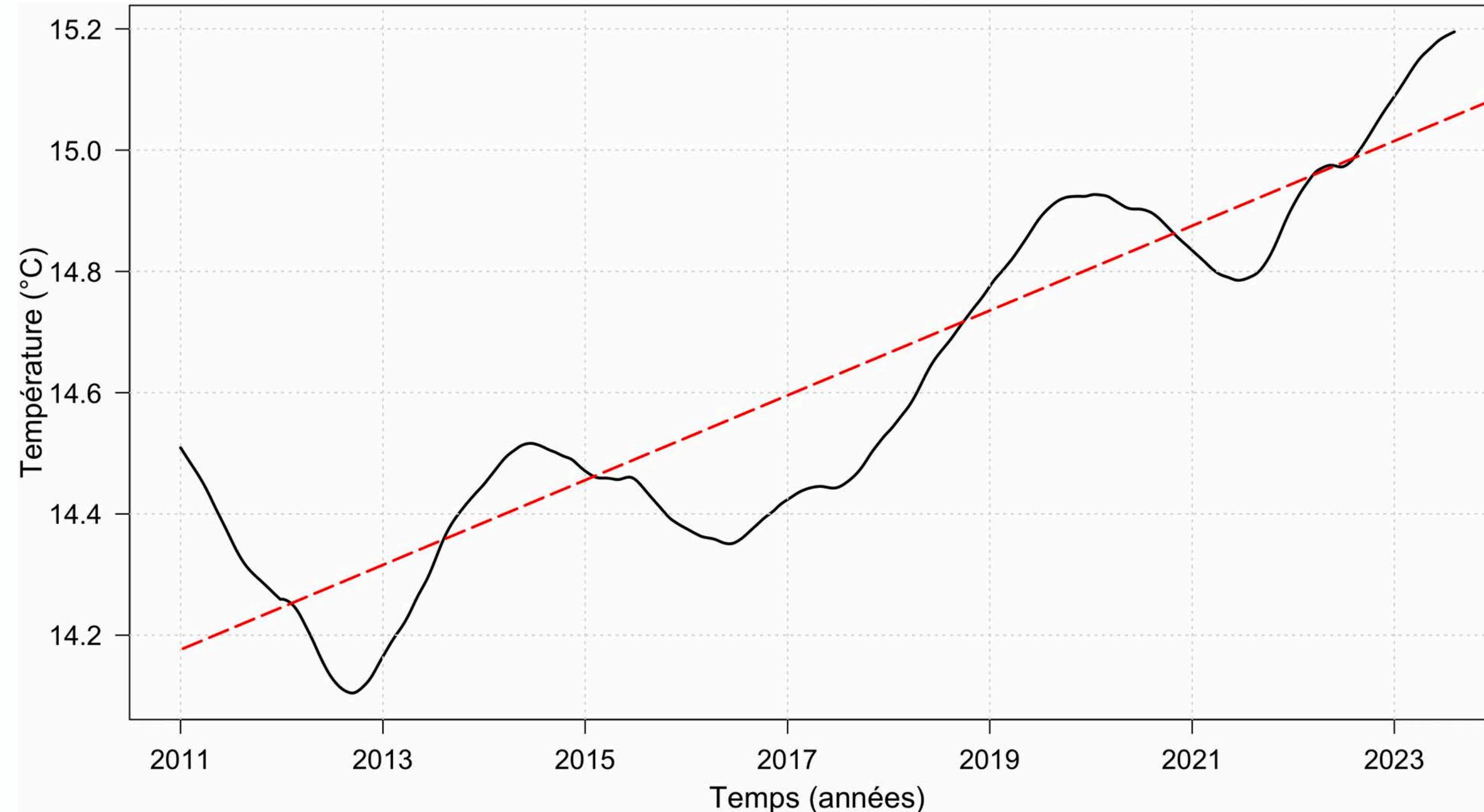
5. Recherche des cycles

Corrélogramme : mesure l'auto-corrélation à différents décalages temporels

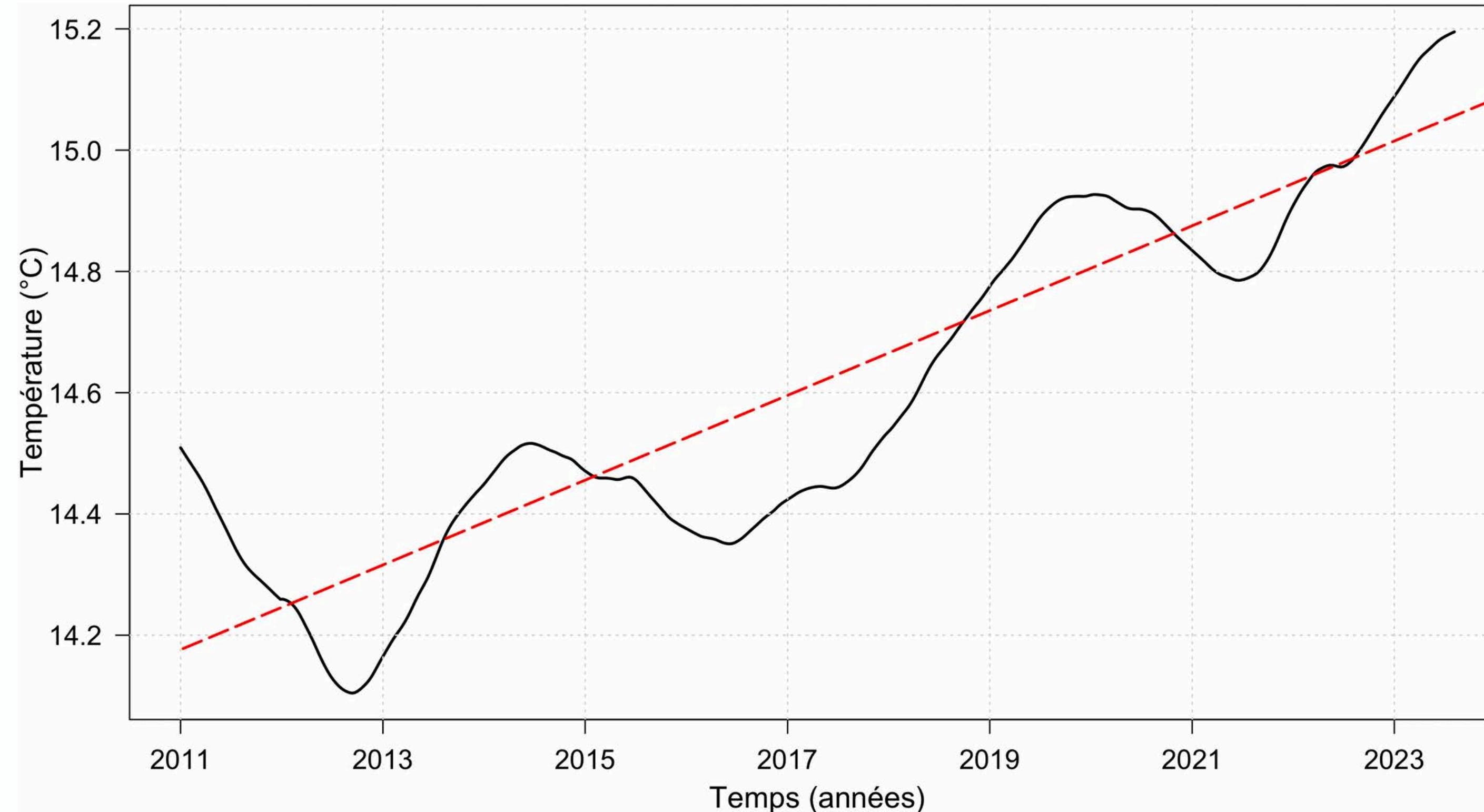


+ Analyse spectrale

Résultats : augmentation de la température



Résultats : augmentation de la température



+ 0,91 °C en 13 ans
↓
0,065 °C.an⁻¹

Discussion : augmentation de la température

- Sud du Golfe de Gascogne : $0,066 \text{ } ^\circ\text{C.an}^{-1}$ entre 1972 et 1993

(Koutsikopoulos et al., 1998)

+ $0,91 \text{ } ^\circ\text{C}$ en 13 ans



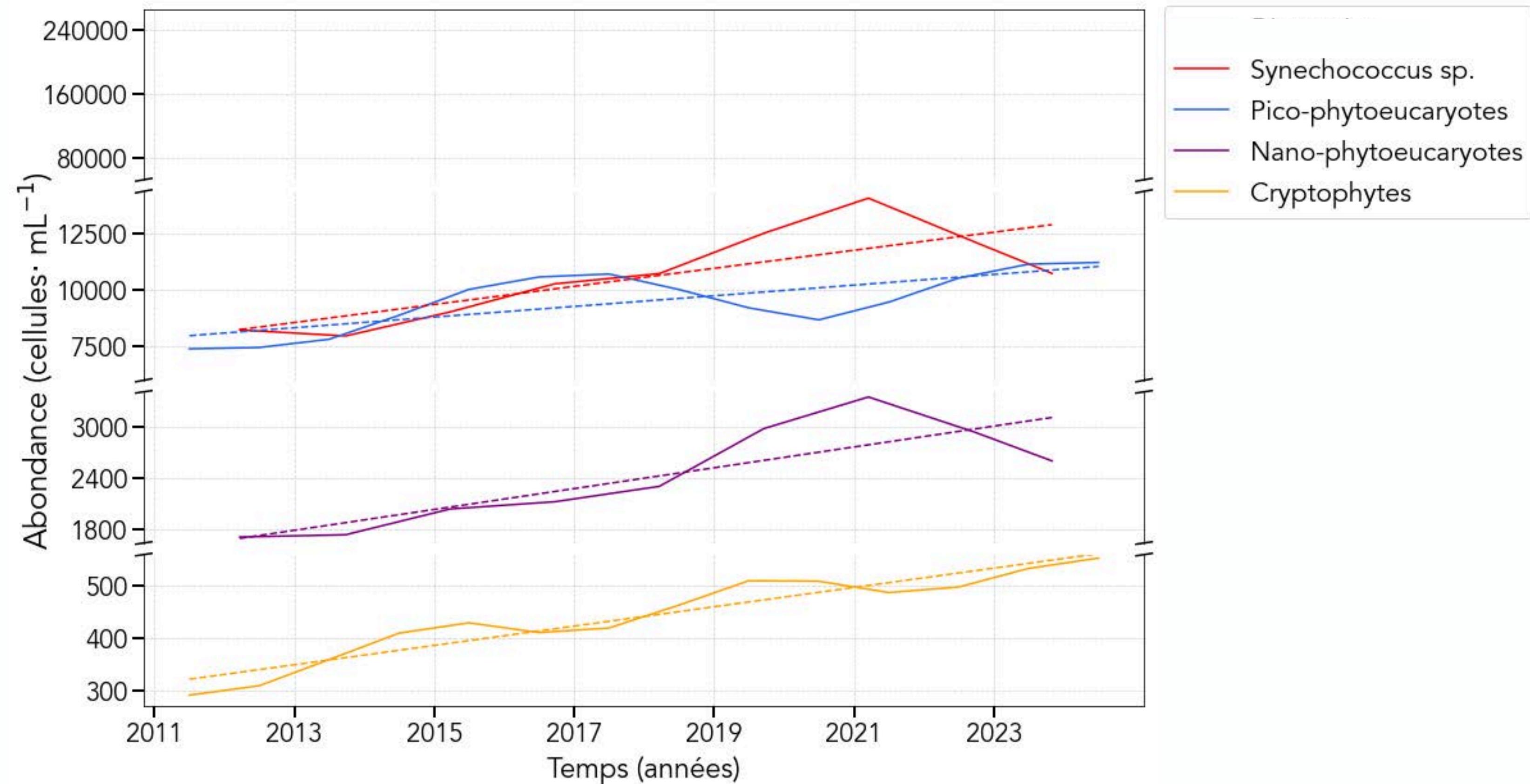
$0,065 \text{ } ^\circ\text{C.an}^{-1}$

Discussion : augmentation de la température

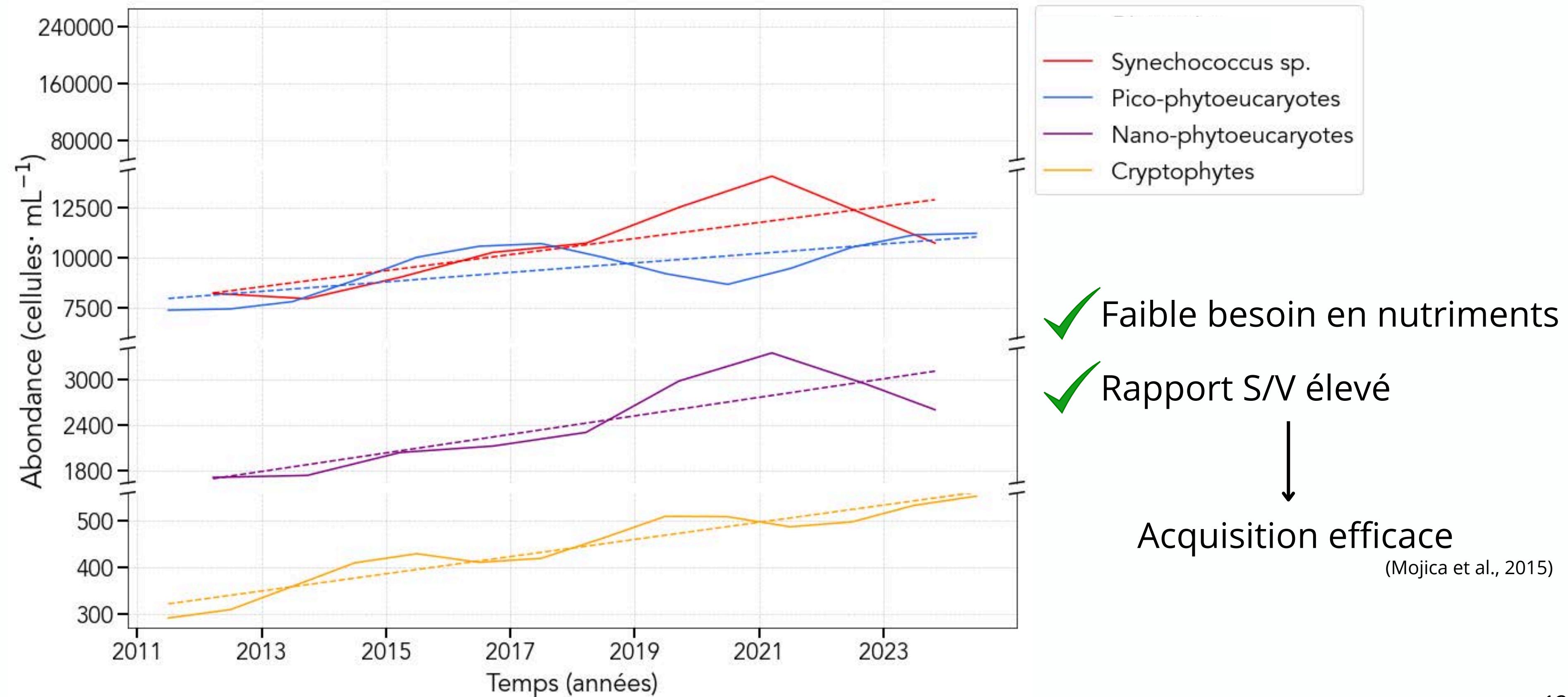
- Sud du Golfe de Gascogne : $0,066 \text{ } ^\circ\text{C.an}^{-1}$ entre 1972 et 1993
(Koutsikopoulos et al., 1998)
- Réchauffement → **Stratification** de la colonne d'eau
(van de Poll et al., 2013)
 - ✗ Limite le mélange vertical
 - ✗ L'apport en nutriment
- ✓ Favorables aux phytoplanctons de petites tailles (Mojica et al., 2015)

+ $0,91 \text{ } ^\circ\text{C}$ en 13 ans
↓
 $0,065 \text{ } ^\circ\text{C.an}^{-1}$

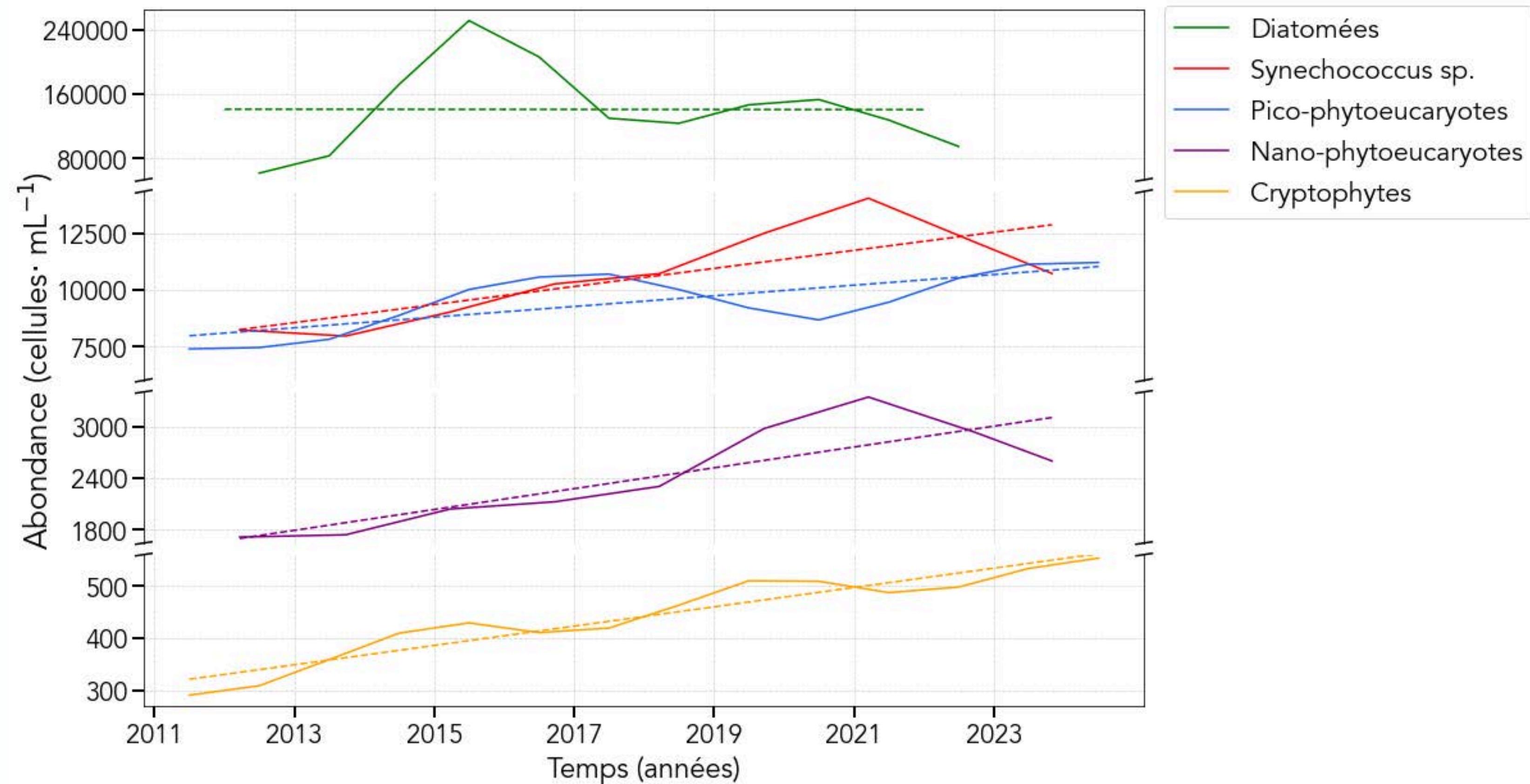
Résultats : augmentation du petit phytoplancton



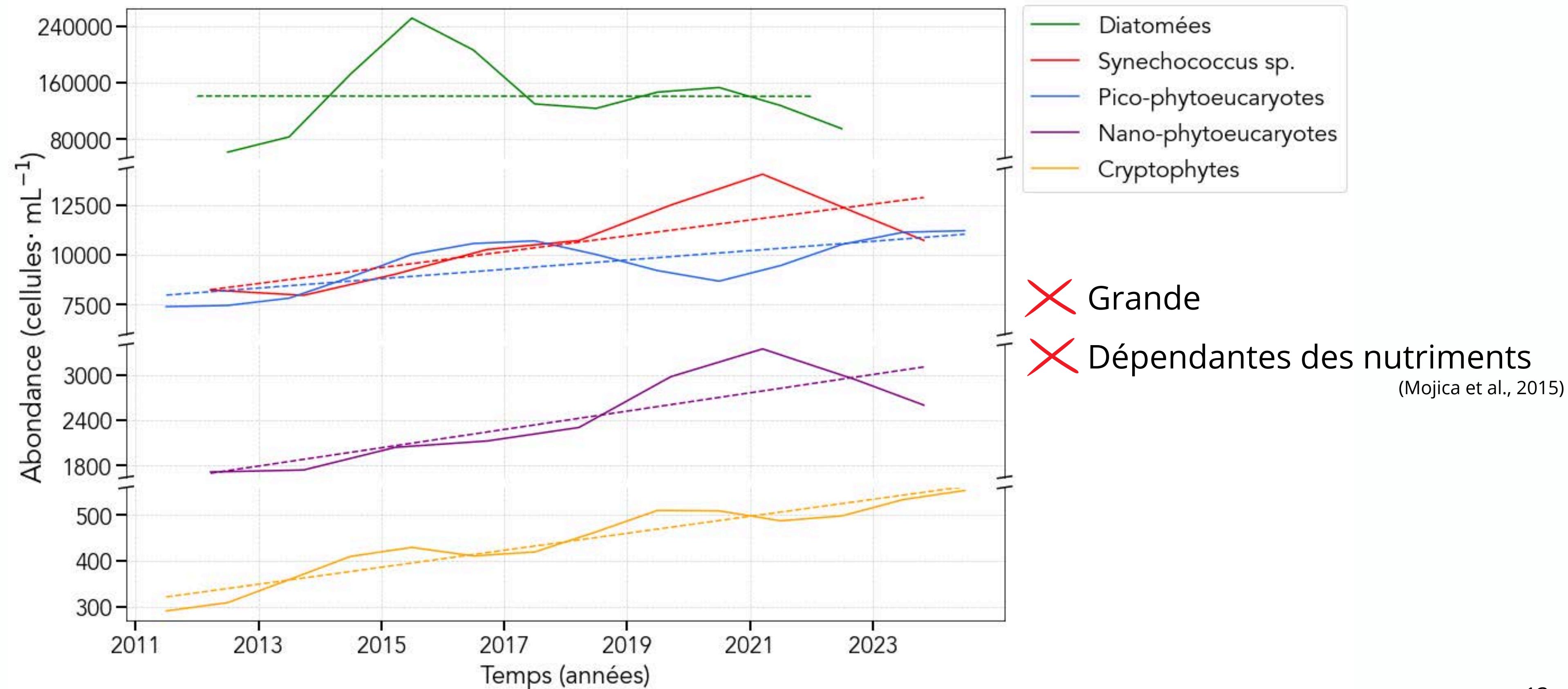
Discussion : augmentation du petit phytoplancton



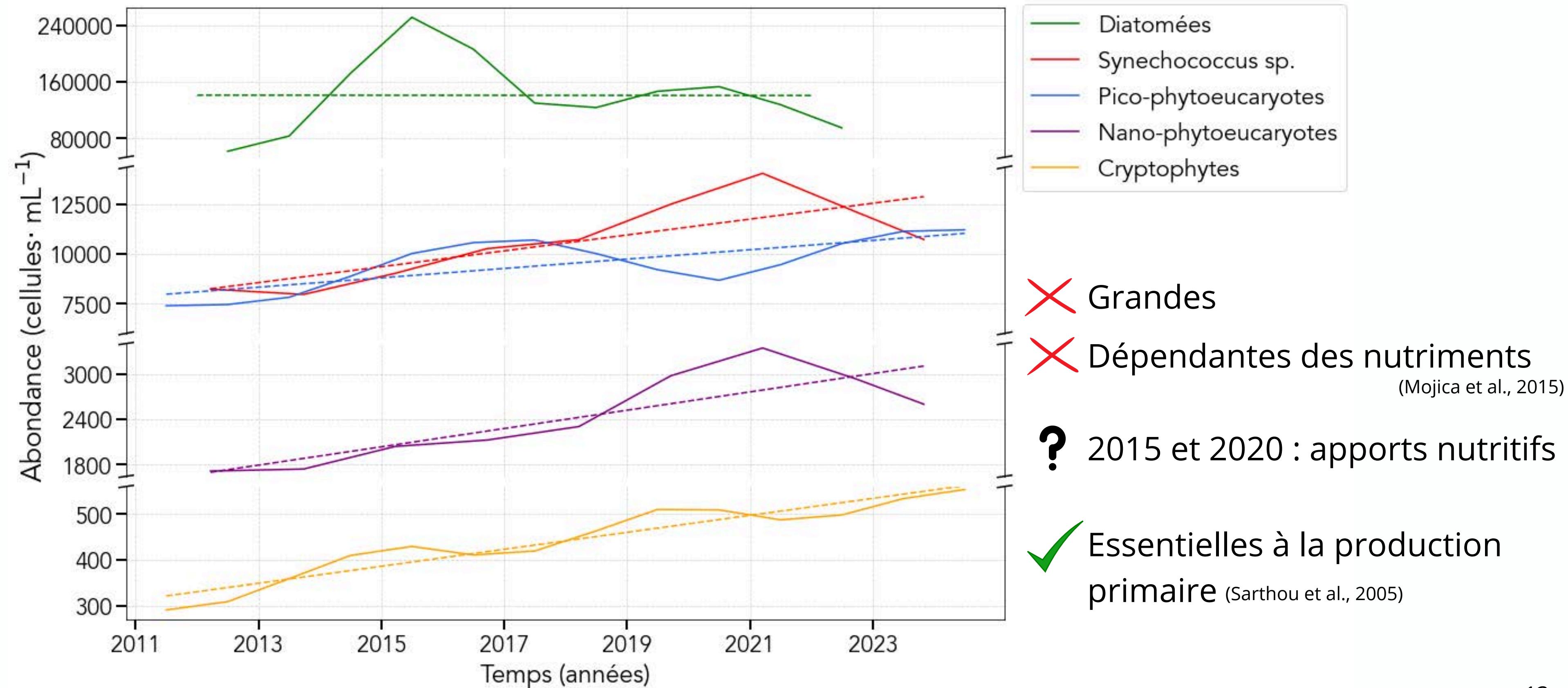
Résultats : stabilisation des diatomées



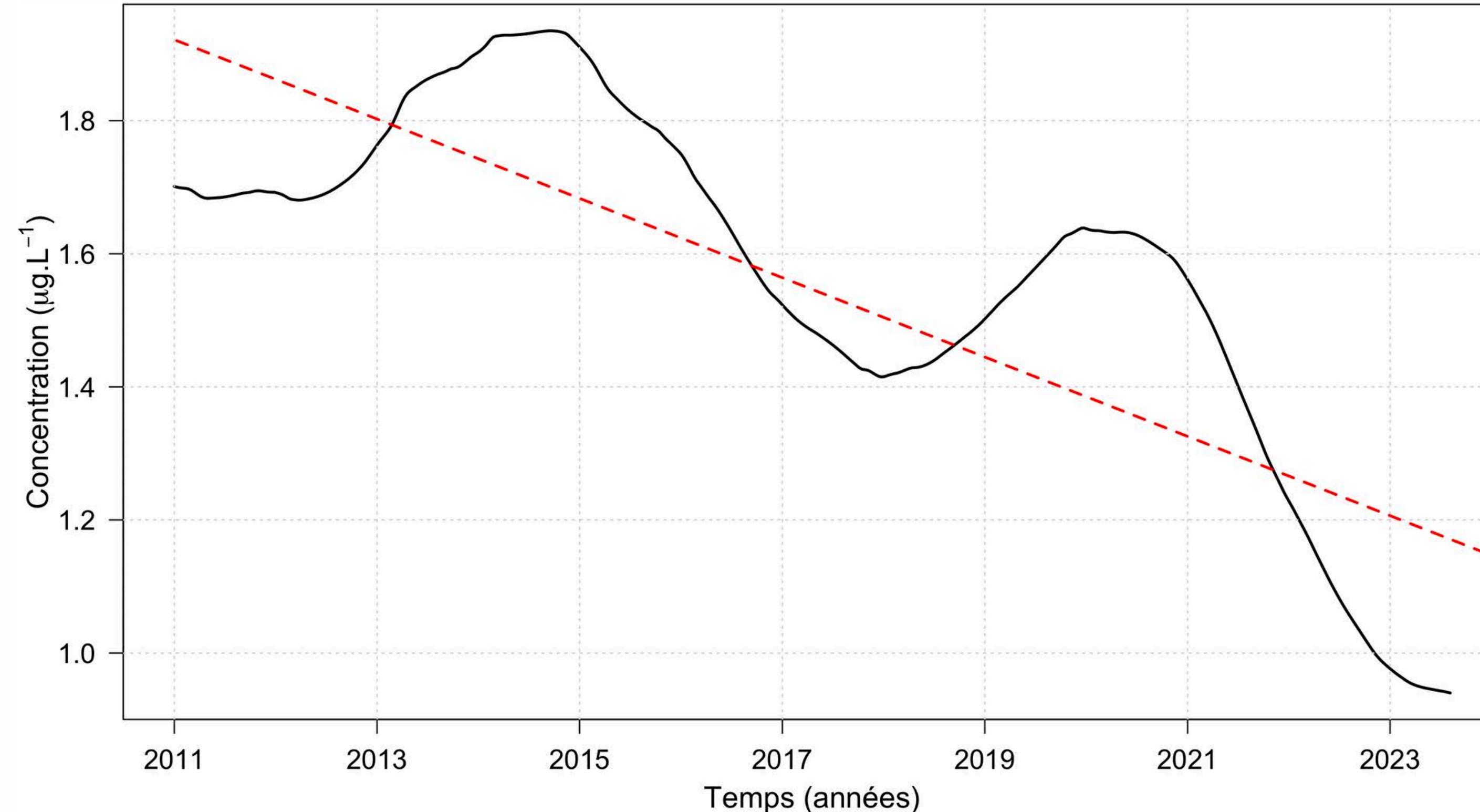
Discussion : stabilisation des diatomées



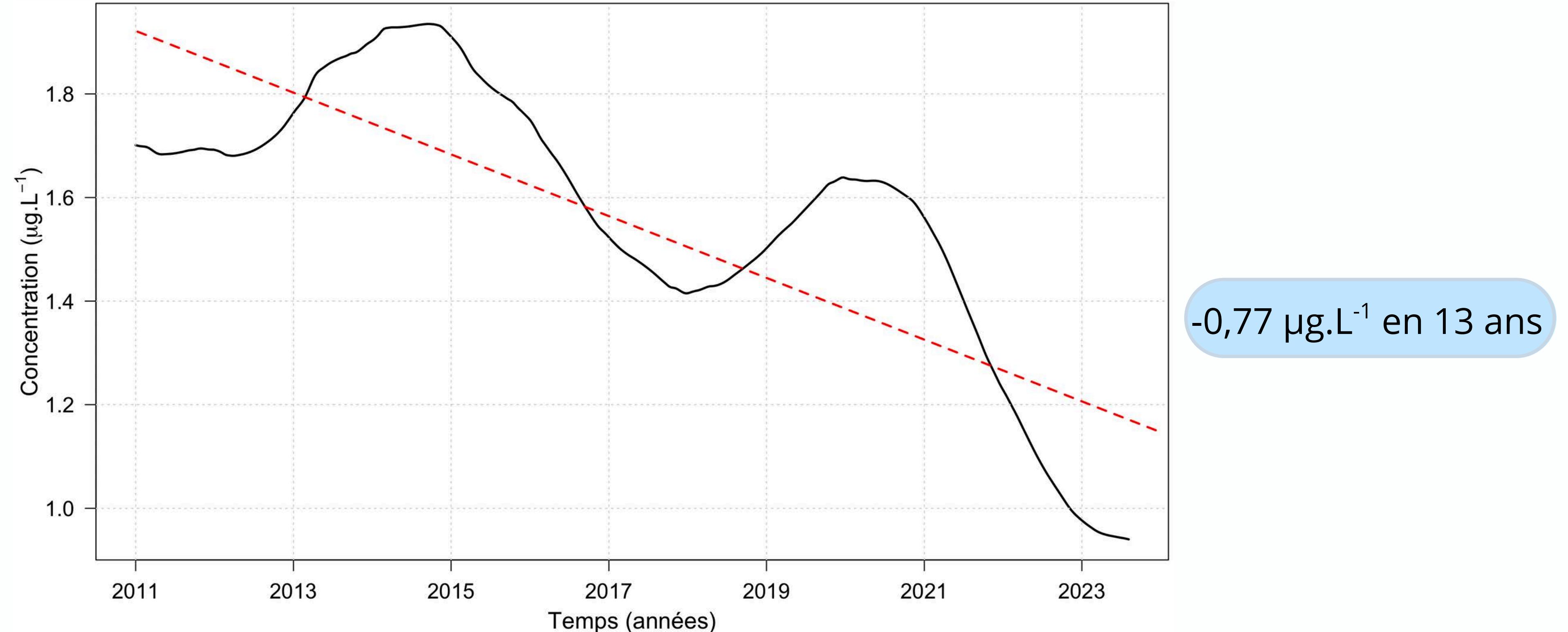
Discussion : stabilisation des diatomées



Résultats : diminution de la [chlorophylle-a]



Résultats : diminution de la [chlorophylle-a]



Discussion : diminution de la [chlorophylle-a]

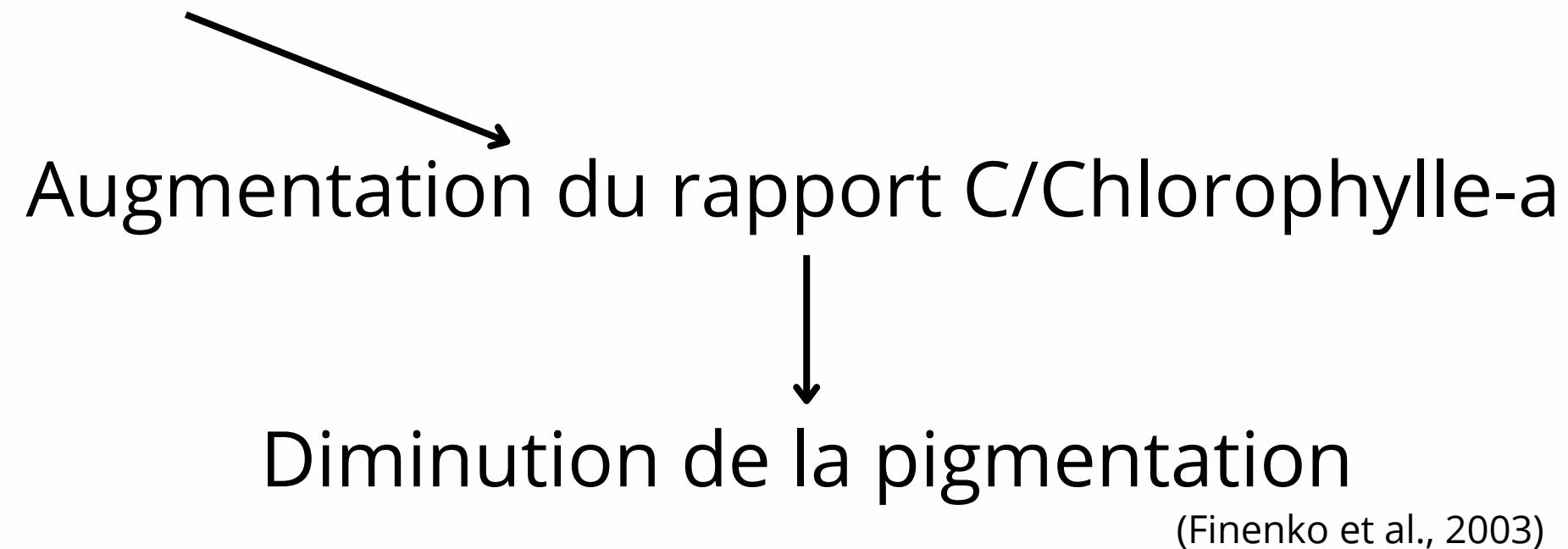
- Paradoxe : augmentation de l'abondance du phytoplancton

-0,77 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en 13 ans

Discussion : diminution de la [chlorophylle-a]

- Paradoxe : augmentation de l'abondance du phytoplancton

- Adaptation physiologique



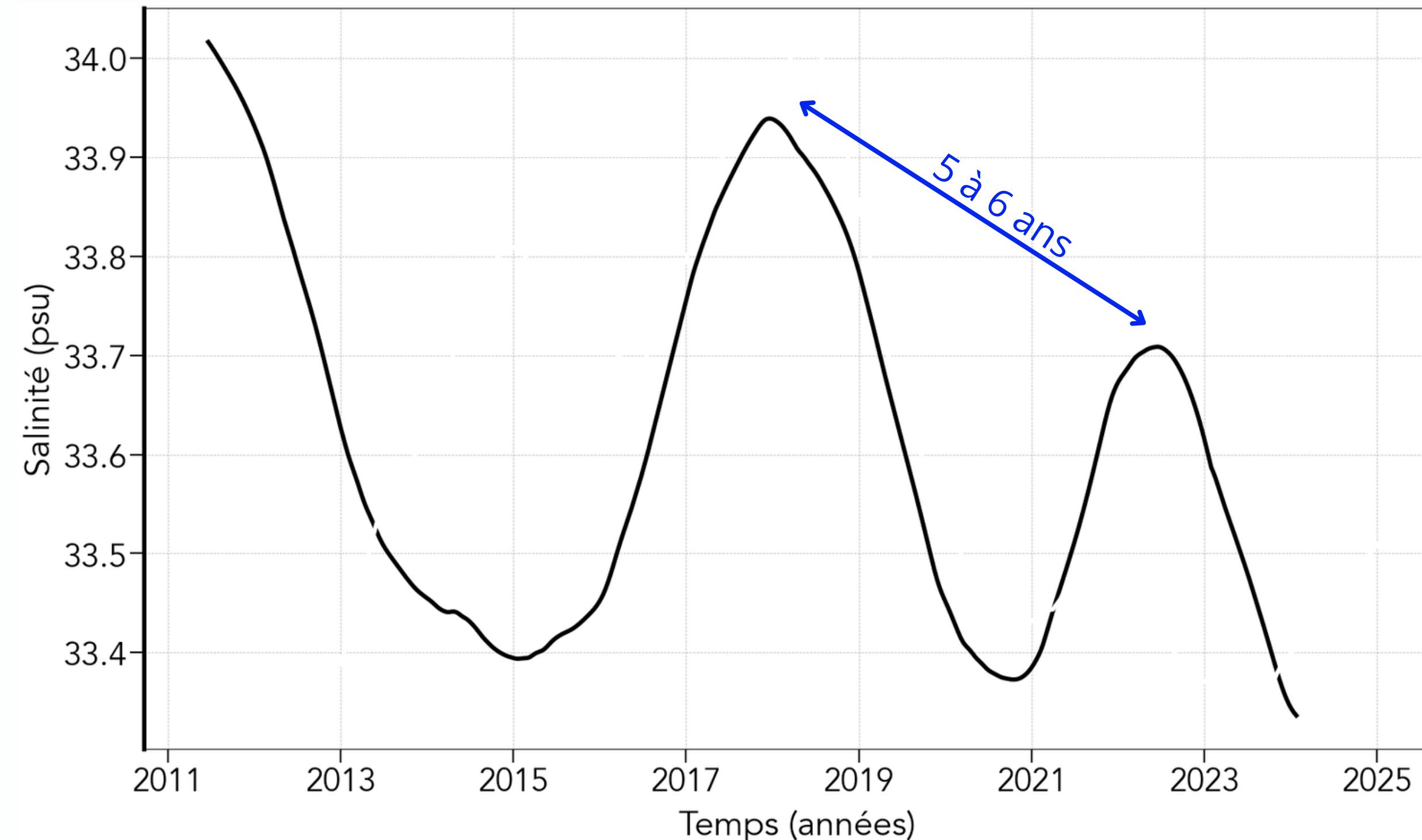
-0,77 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en 13 ans

Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- Cycle de 4 à 6 ans = **toutes les variables**

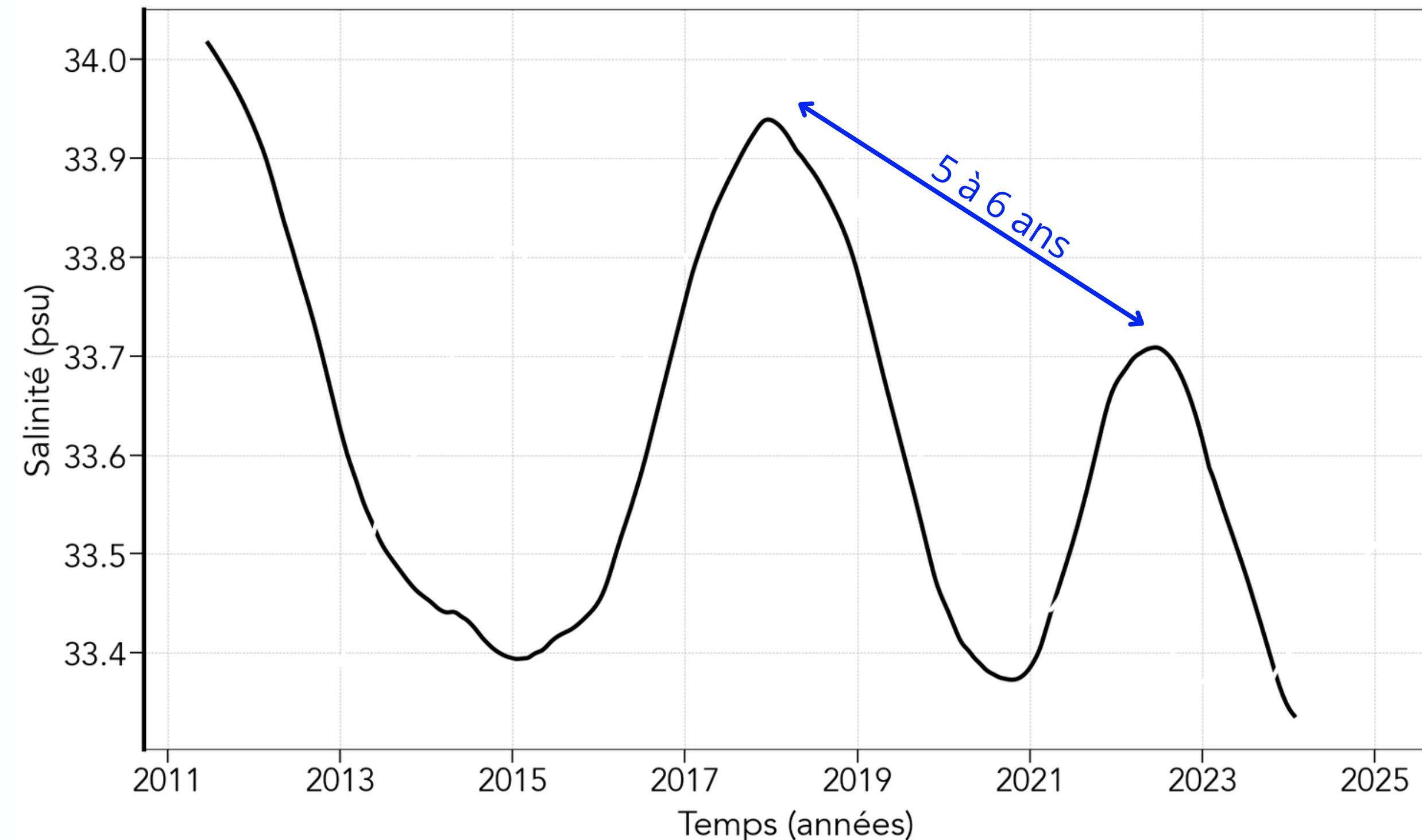
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- Cycle de 4 à 6 ans = **toutes les variables**



Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- Cycle de 4 à 6 ans = **toutes les variables**



Oscillation Nord Atlantique
Oscillation Arctique

Différence de pression

(Hurrel, 1995 ; Thompson & Wallace, 1998)

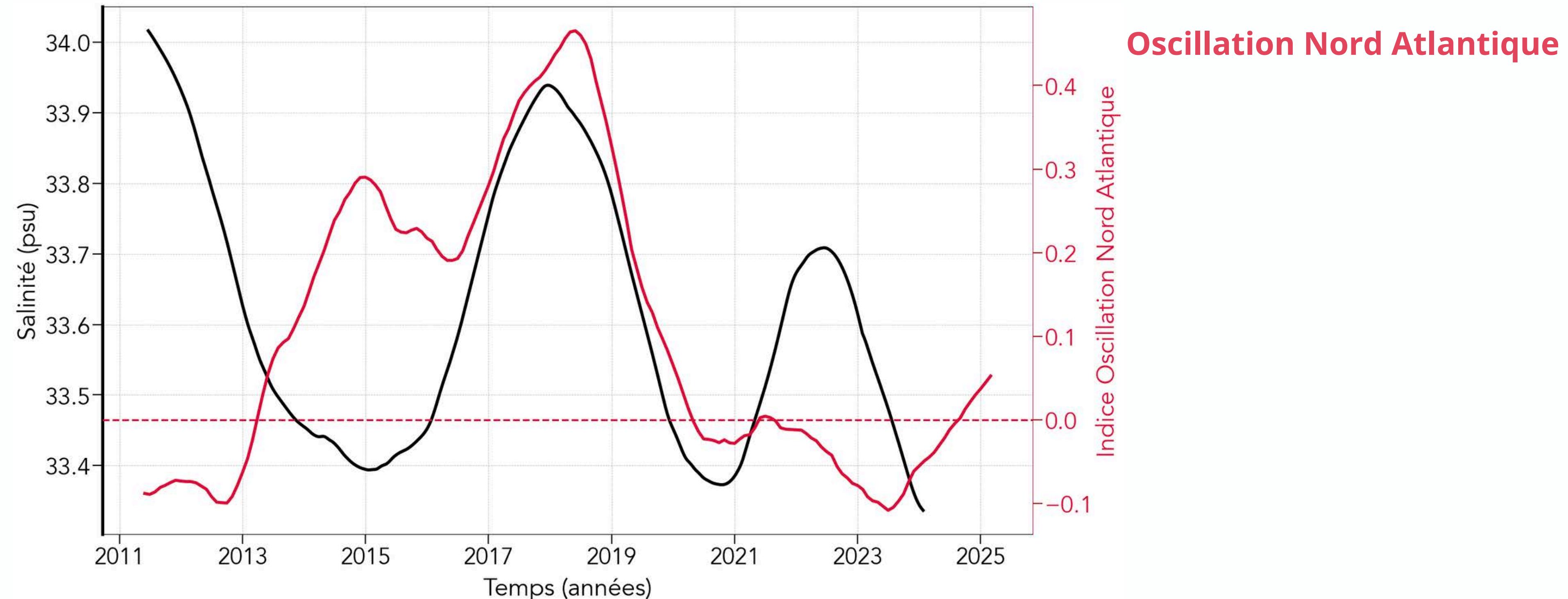
El Niño - Oscillation australe

Réchauffement des eaux dans le Pacifique

(Battisti & Sarachik, 1995)

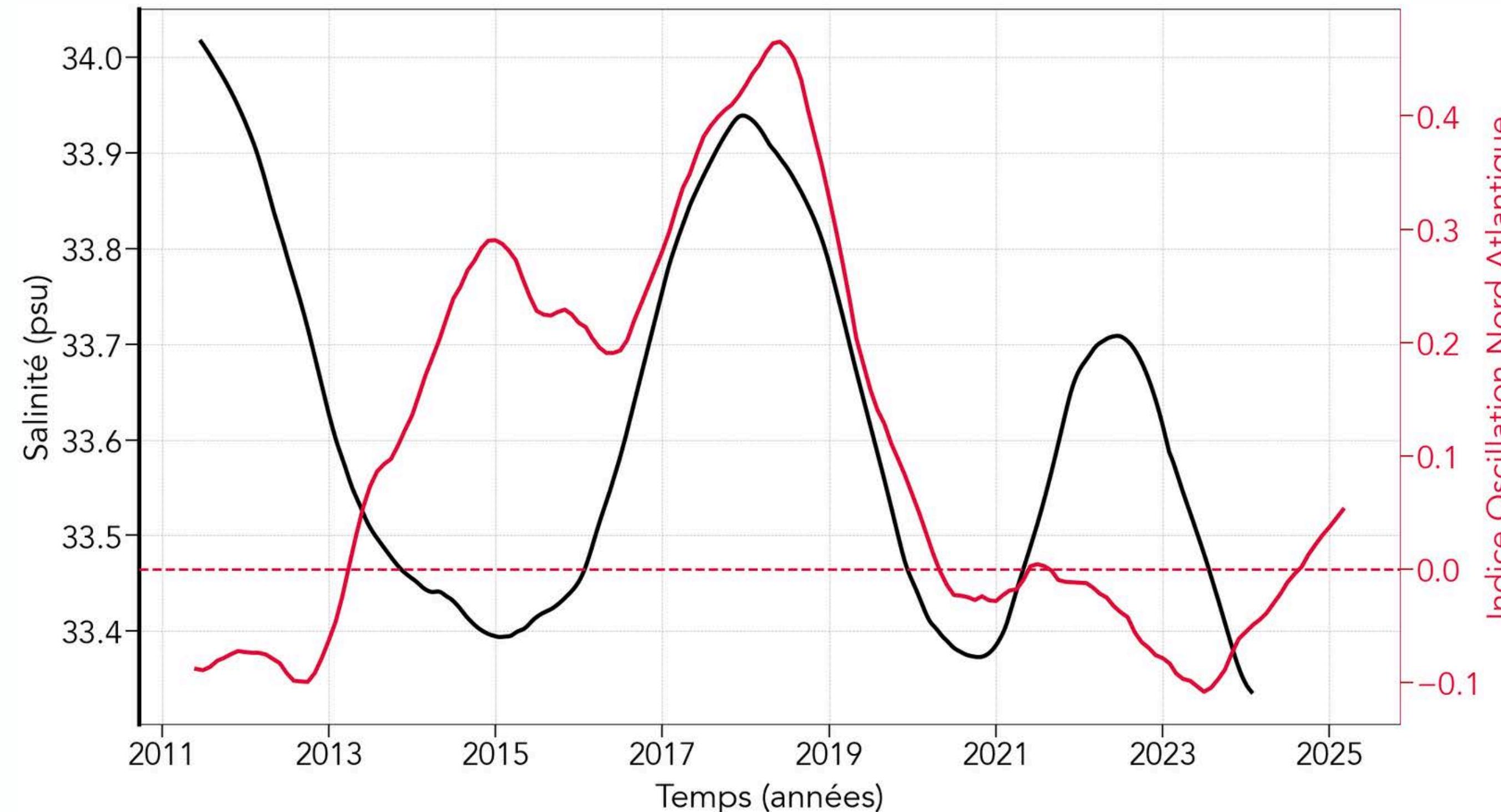
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- Cycle de 4 à 6 ans = **toutes les variables**



Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- Cycle de 4 à 6 ans = **toutes les variables**

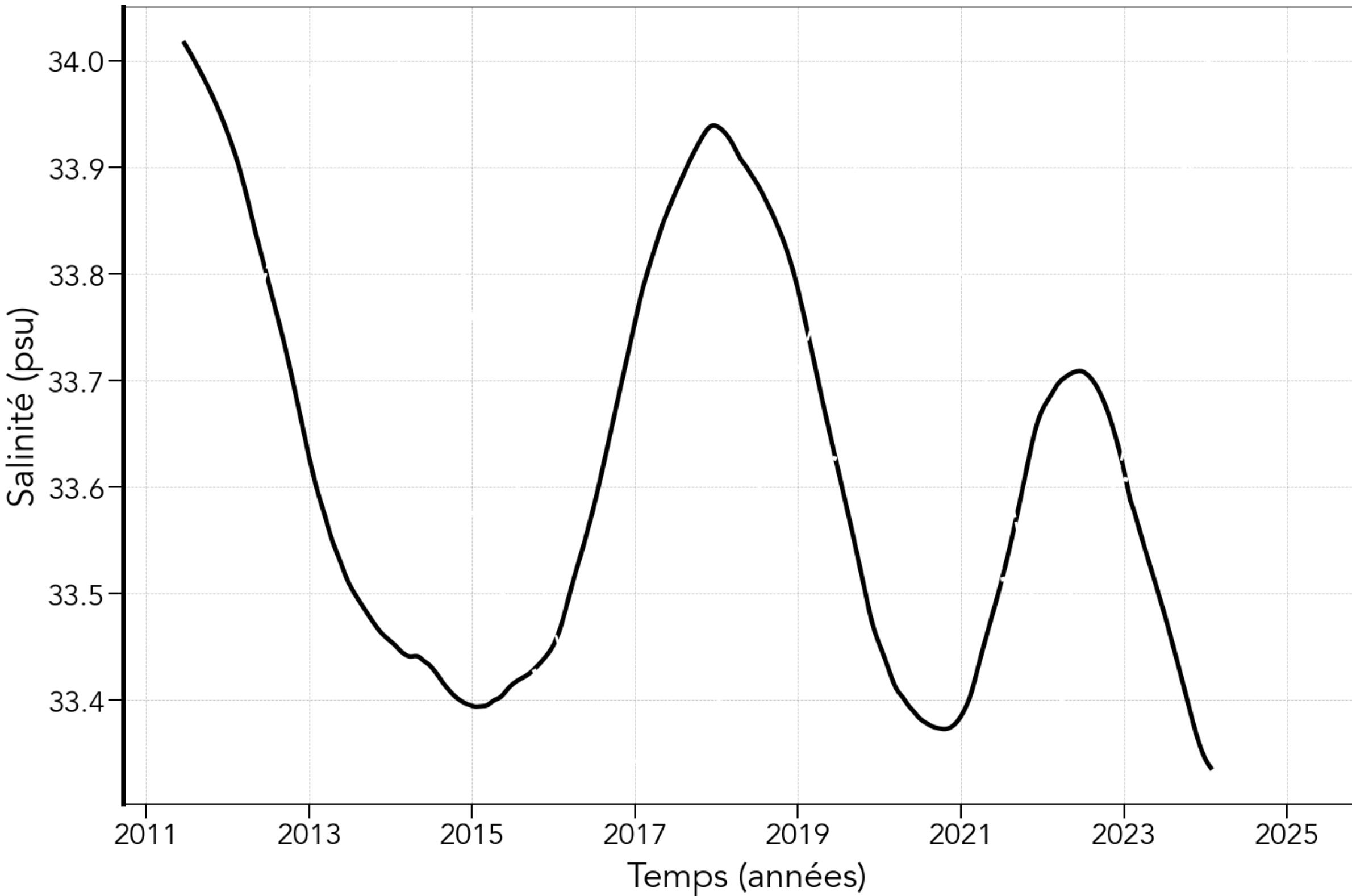


Oscillation Nord Atlantique

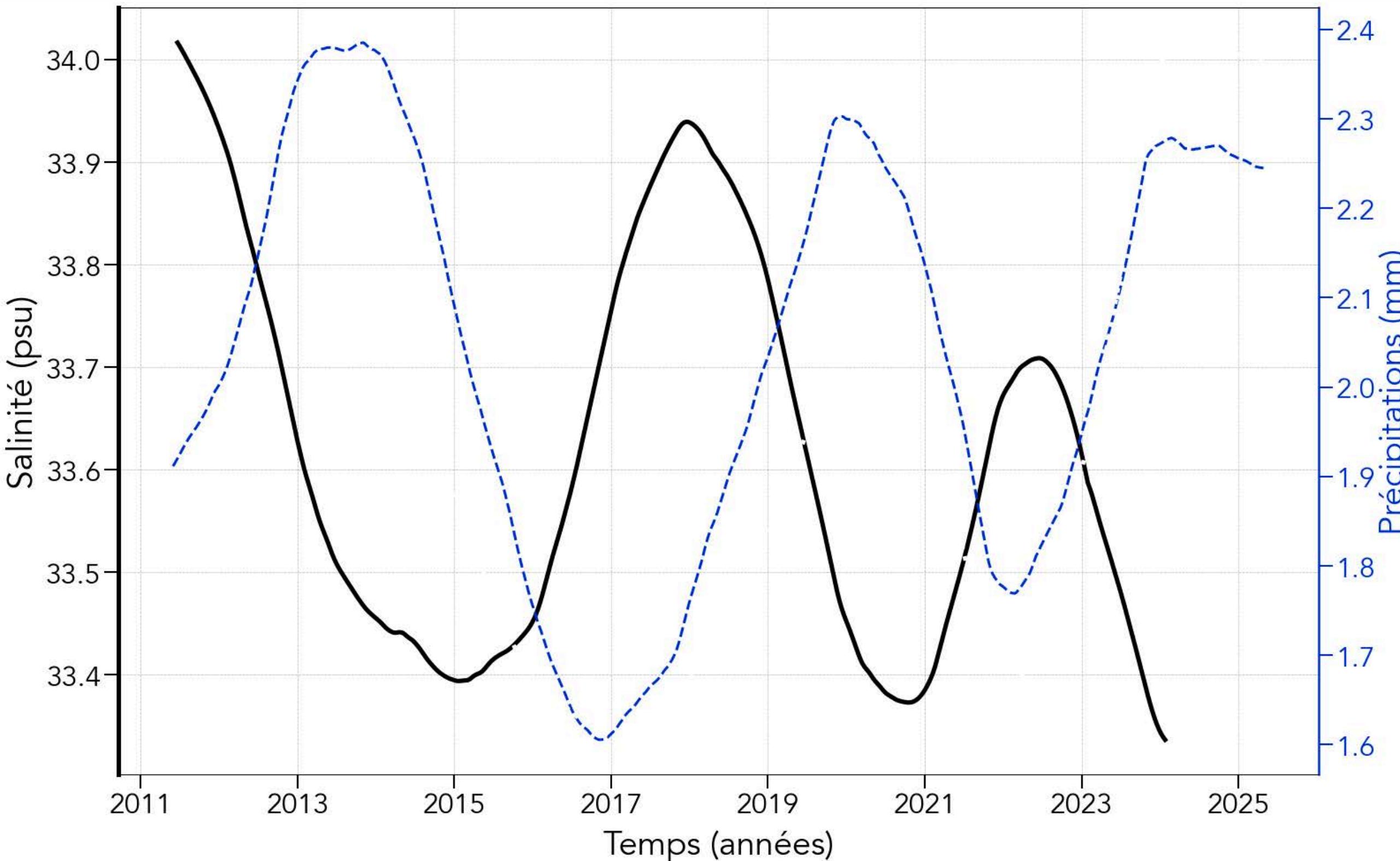
- Aucune relation évidente
- Aucune corrélation
- ≠ Reverdin et al., 2007

De même pour les autres indices...

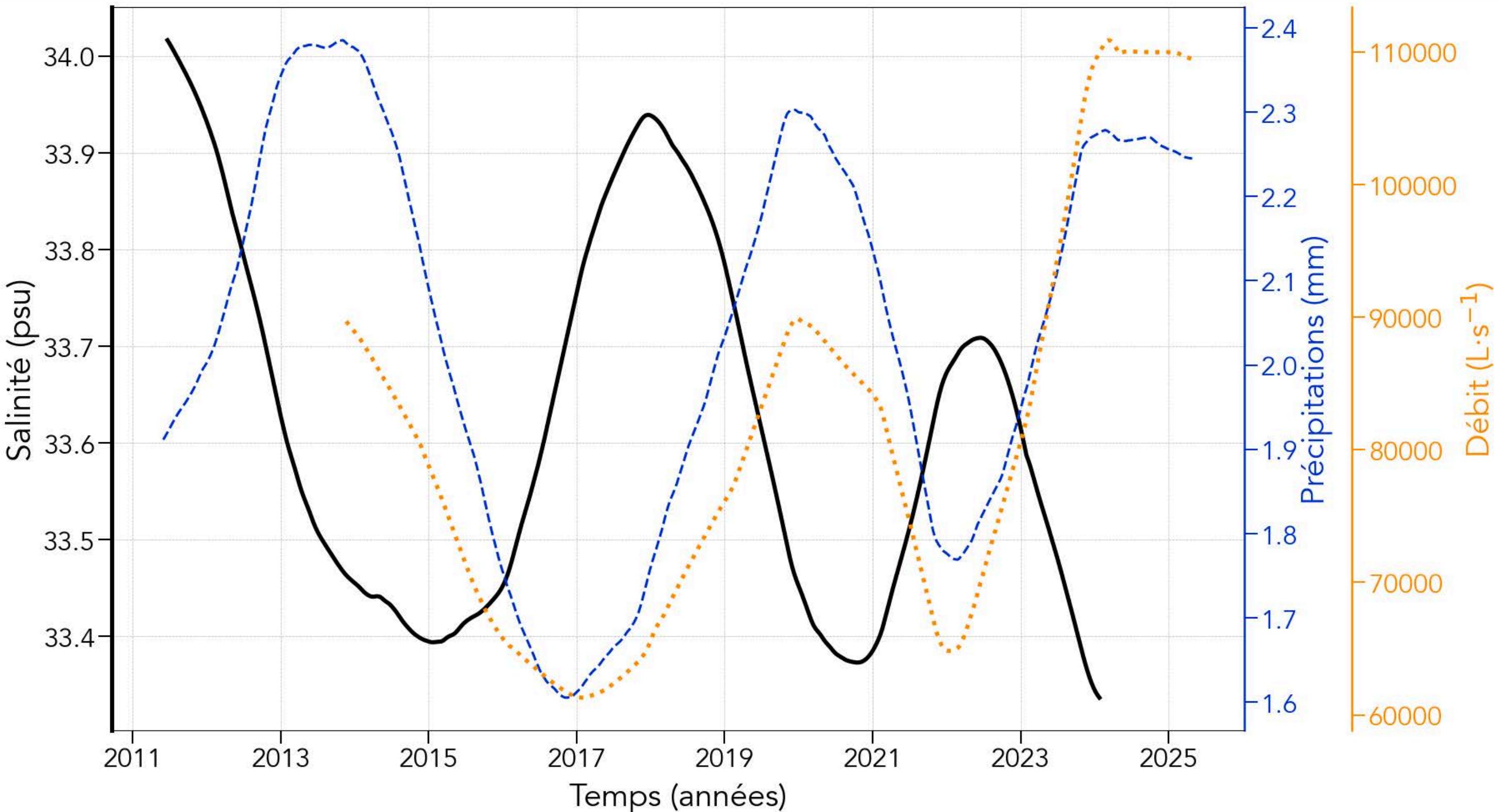
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



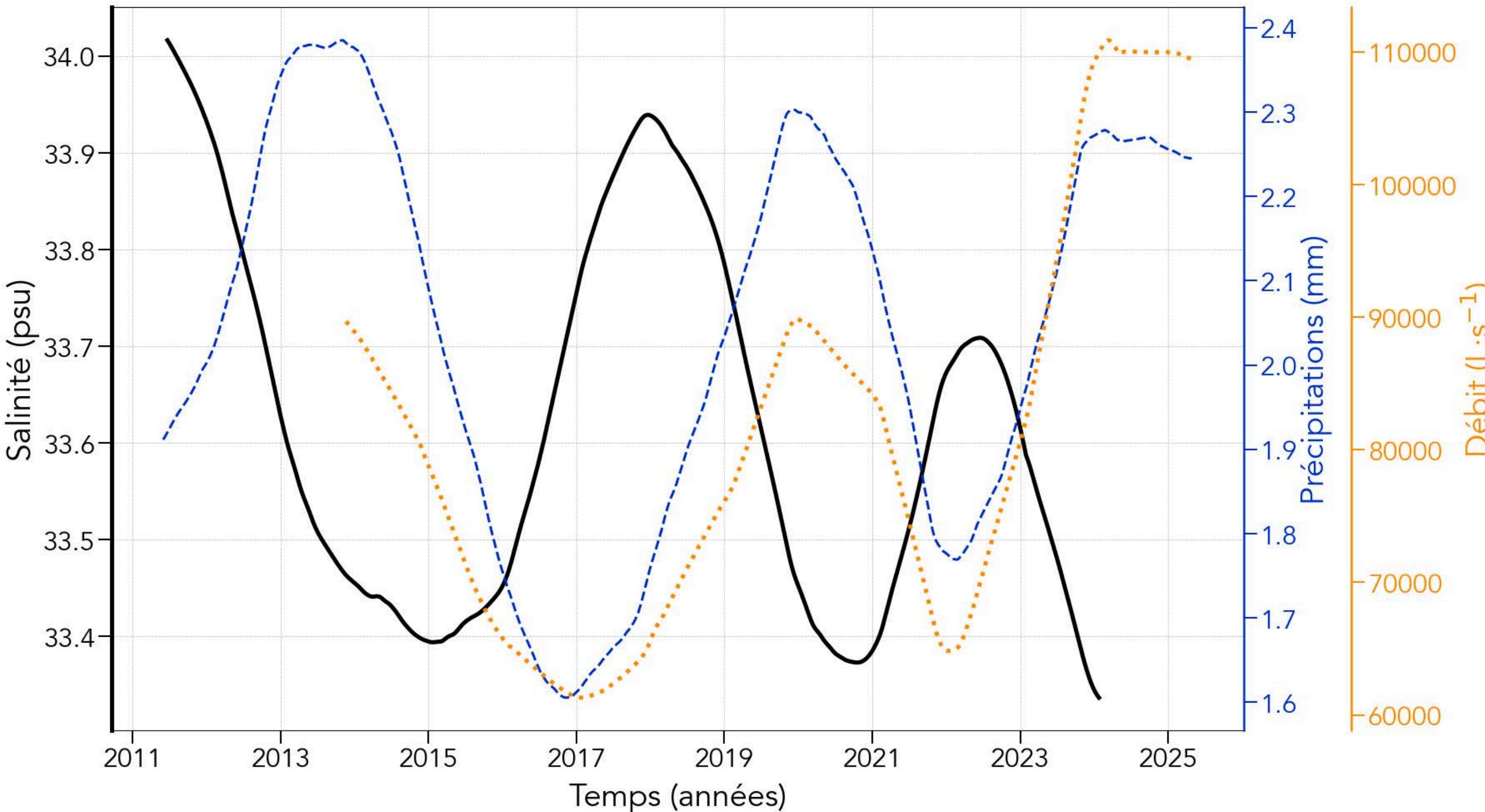
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



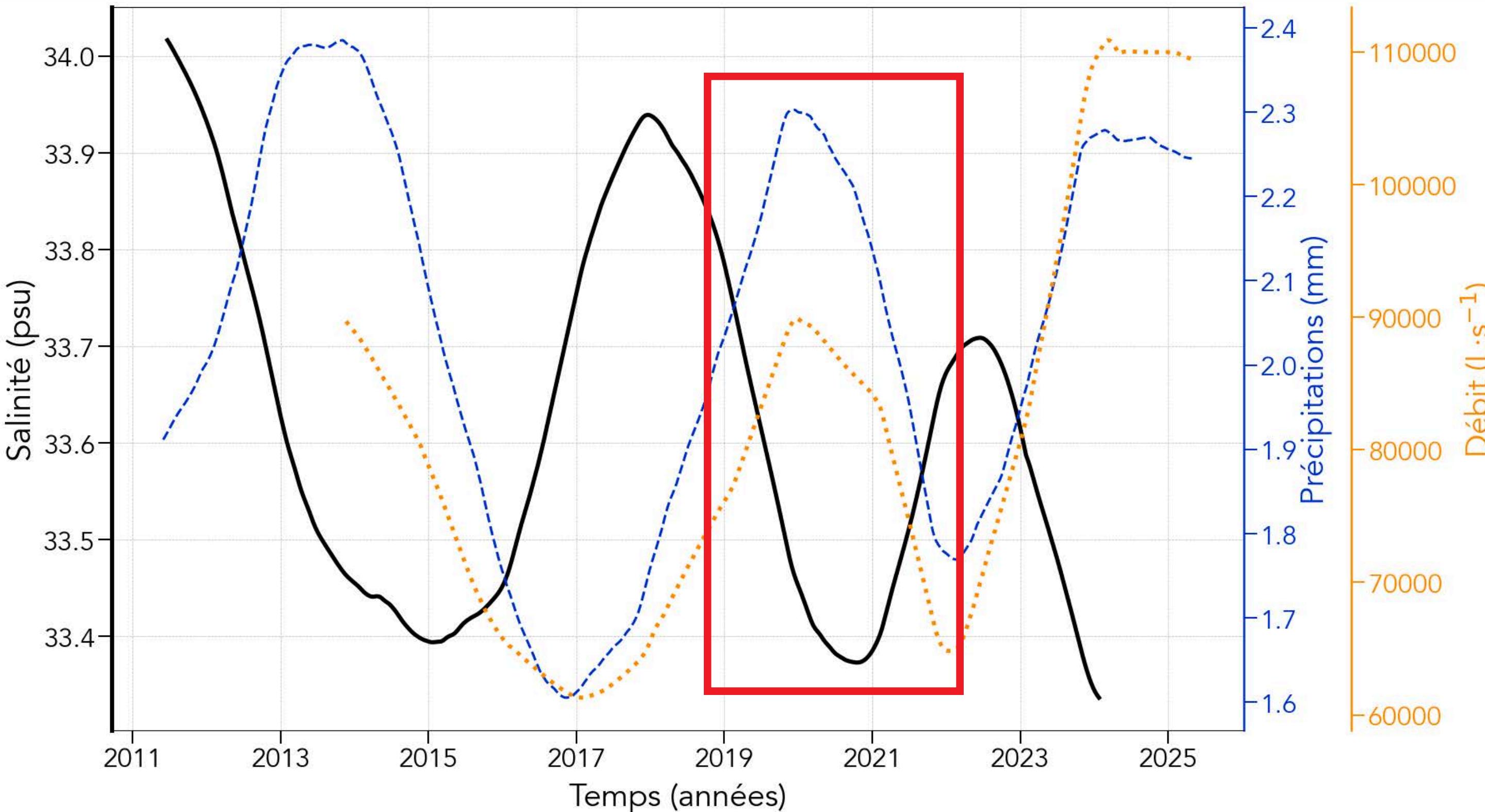
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



Précipitations et débit :
corrélés

Corrélation négative
avec la salinité

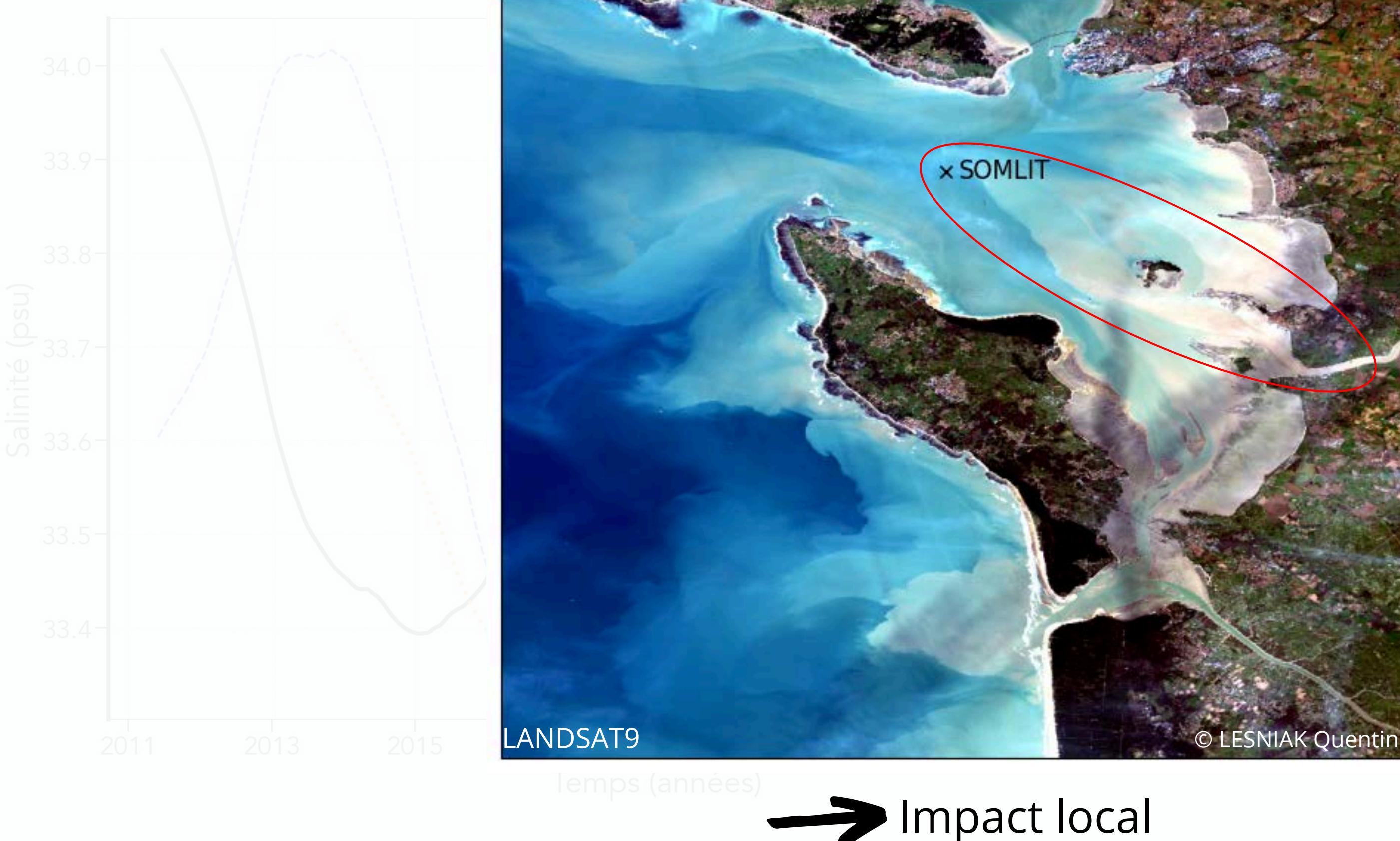
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



Précipitations et débit :
corrélés

Corrélation négative
avec la salinité

Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



Précipitations et débit :
corrélés

Corrélation négative
avec la salinité

Conclusion : une vision d'ensemble

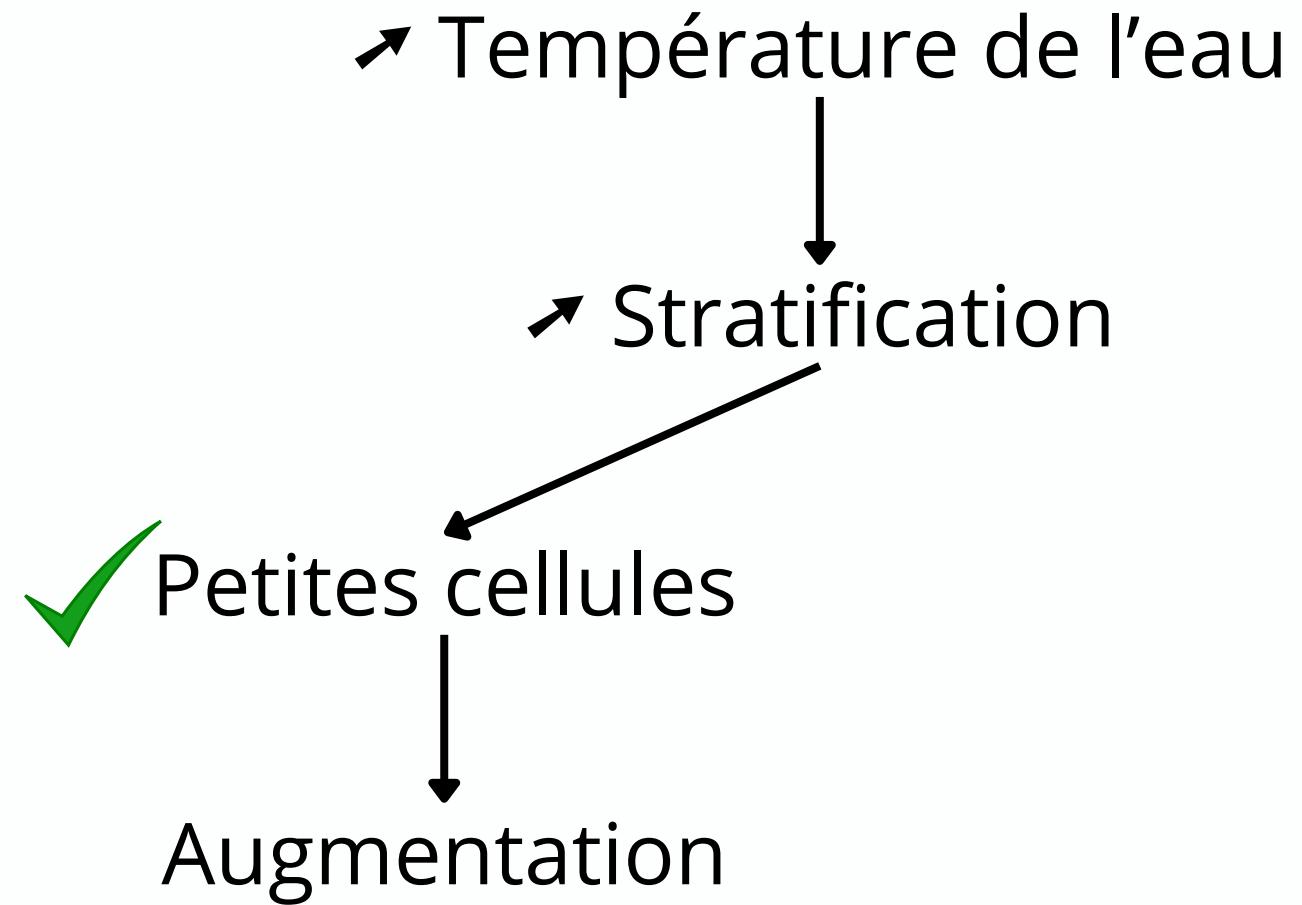
Conclusion : une vision d'ensemble

↗ Température de l'eau

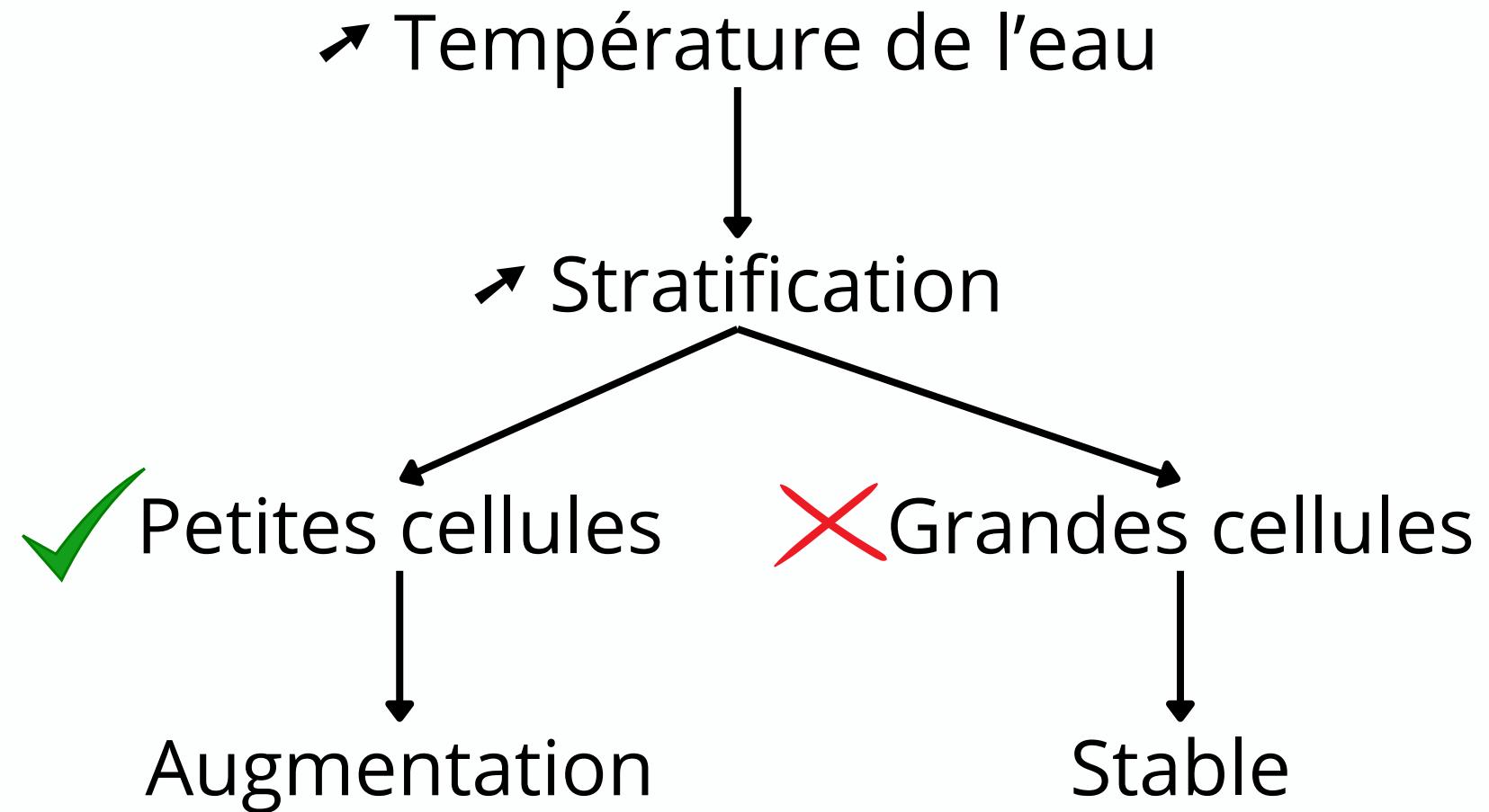


↗ Stratification

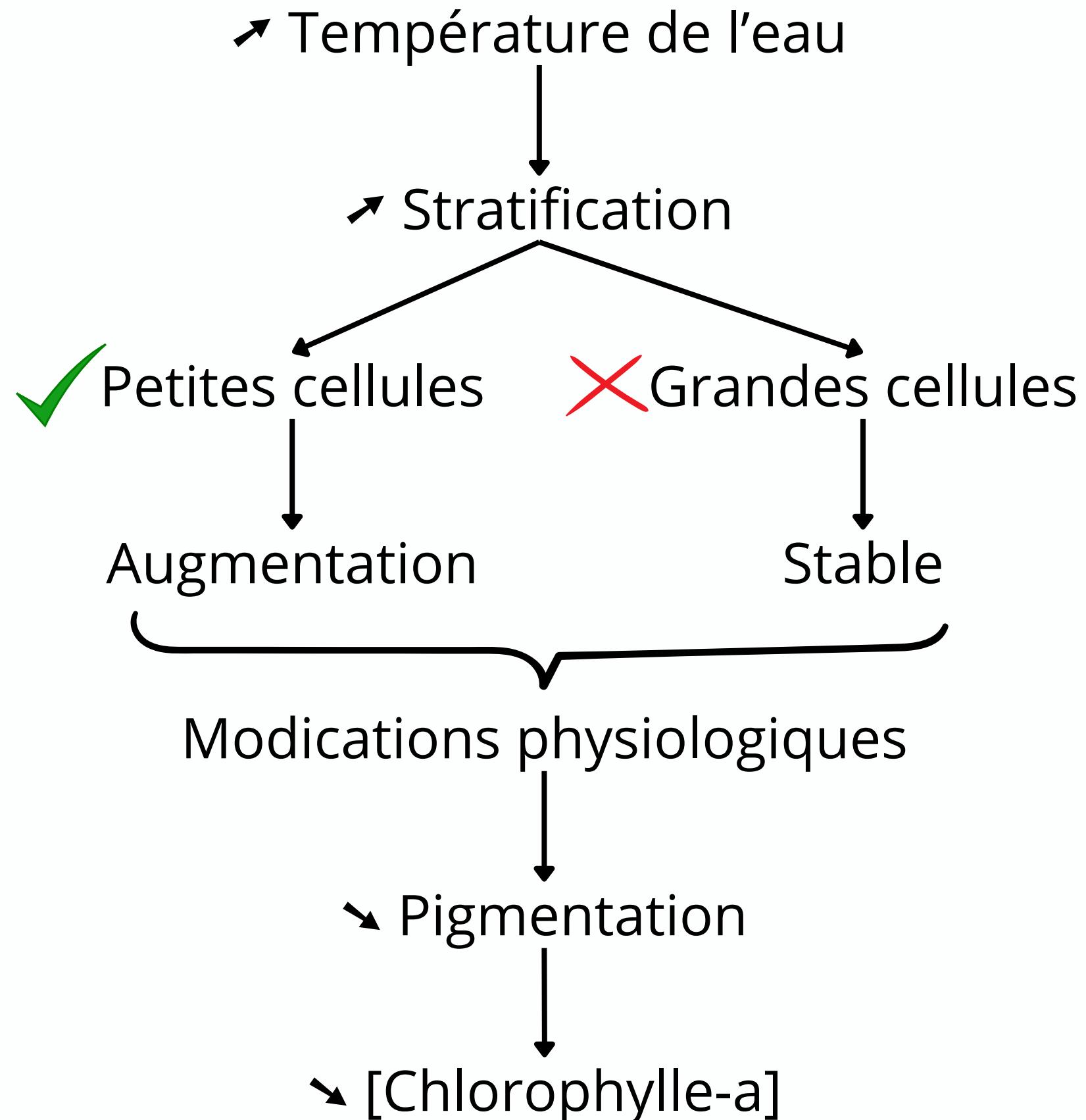
Conclusion : une vision d'ensemble



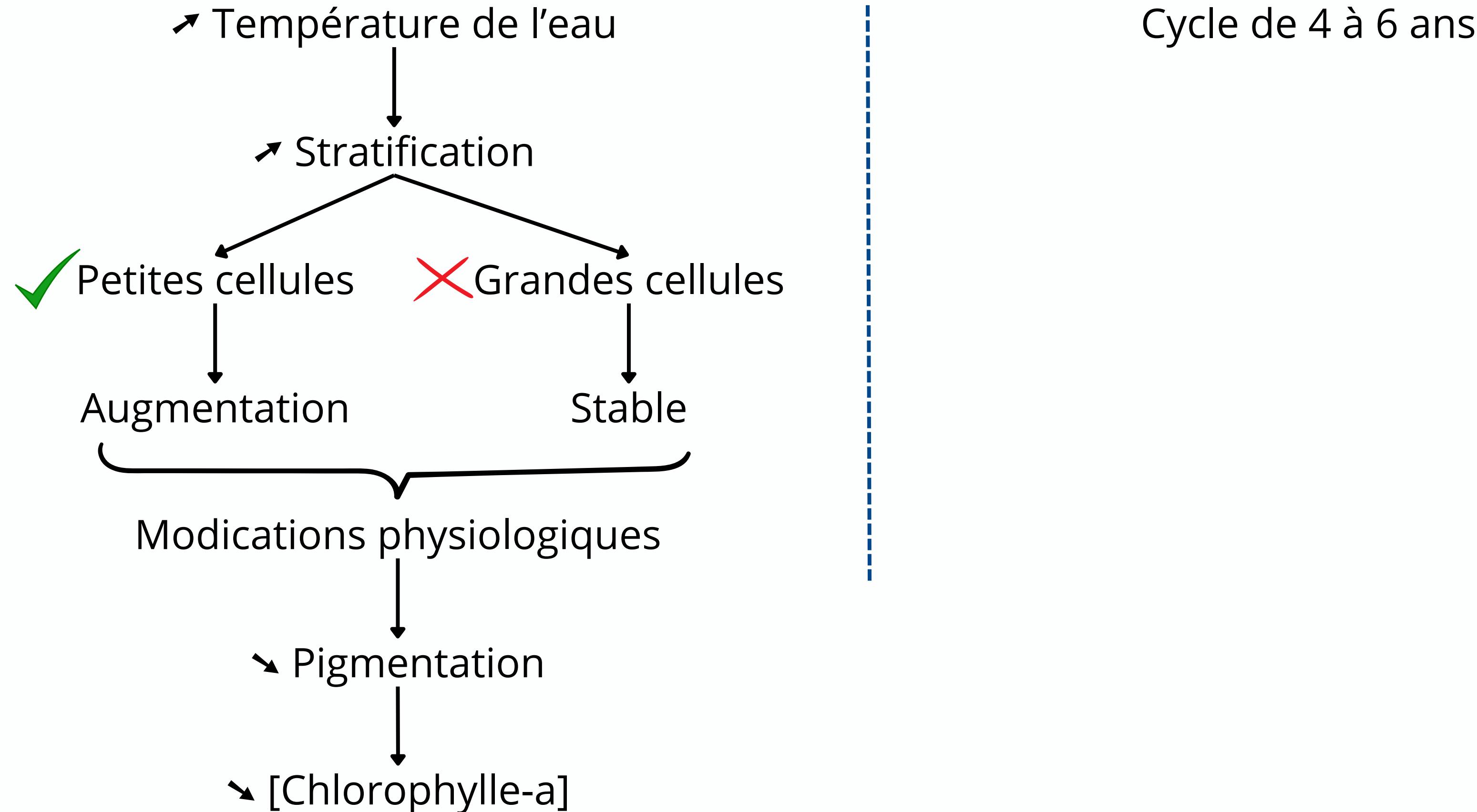
Conclusion : une vision d'ensemble



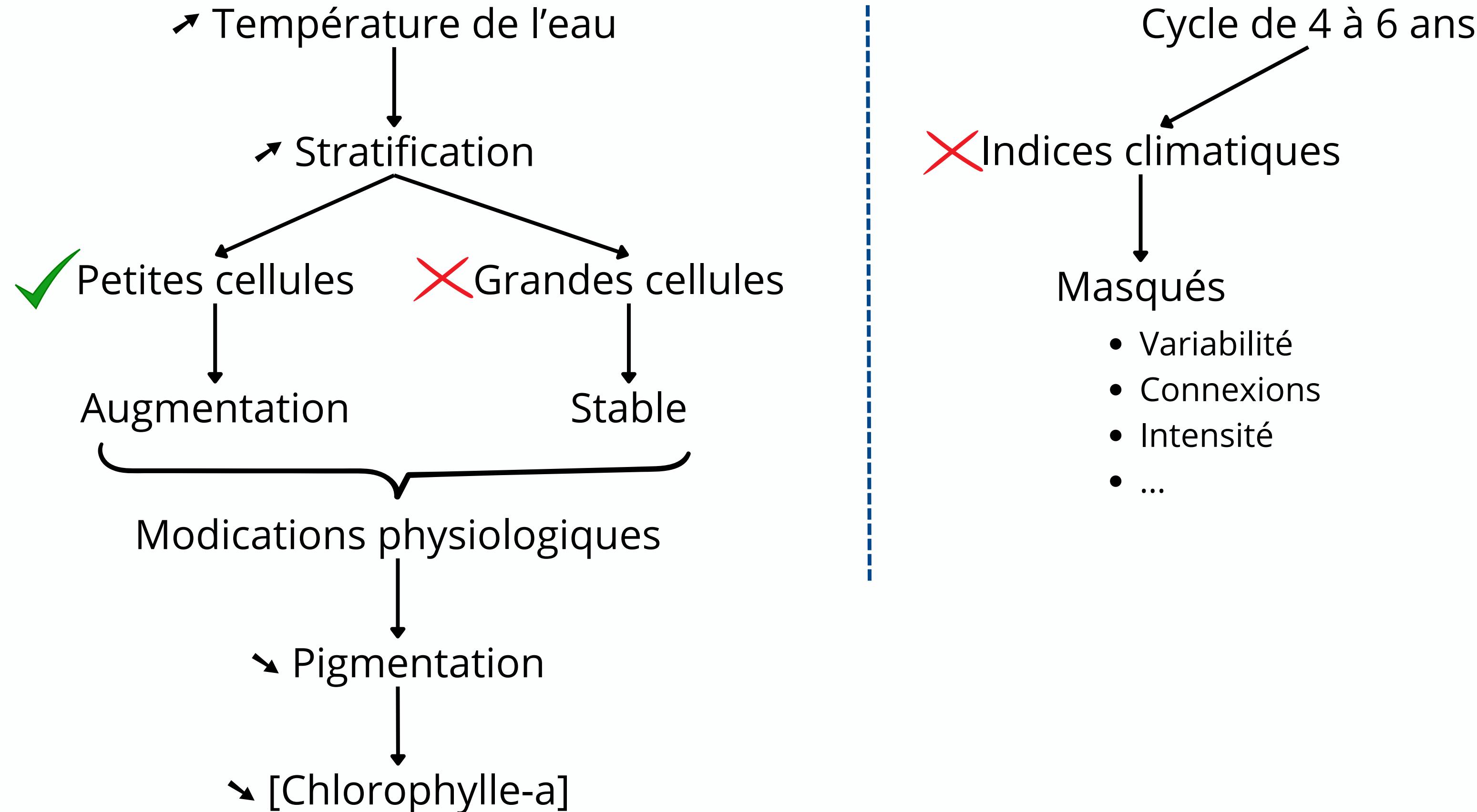
Conclusion : une vision d'ensemble



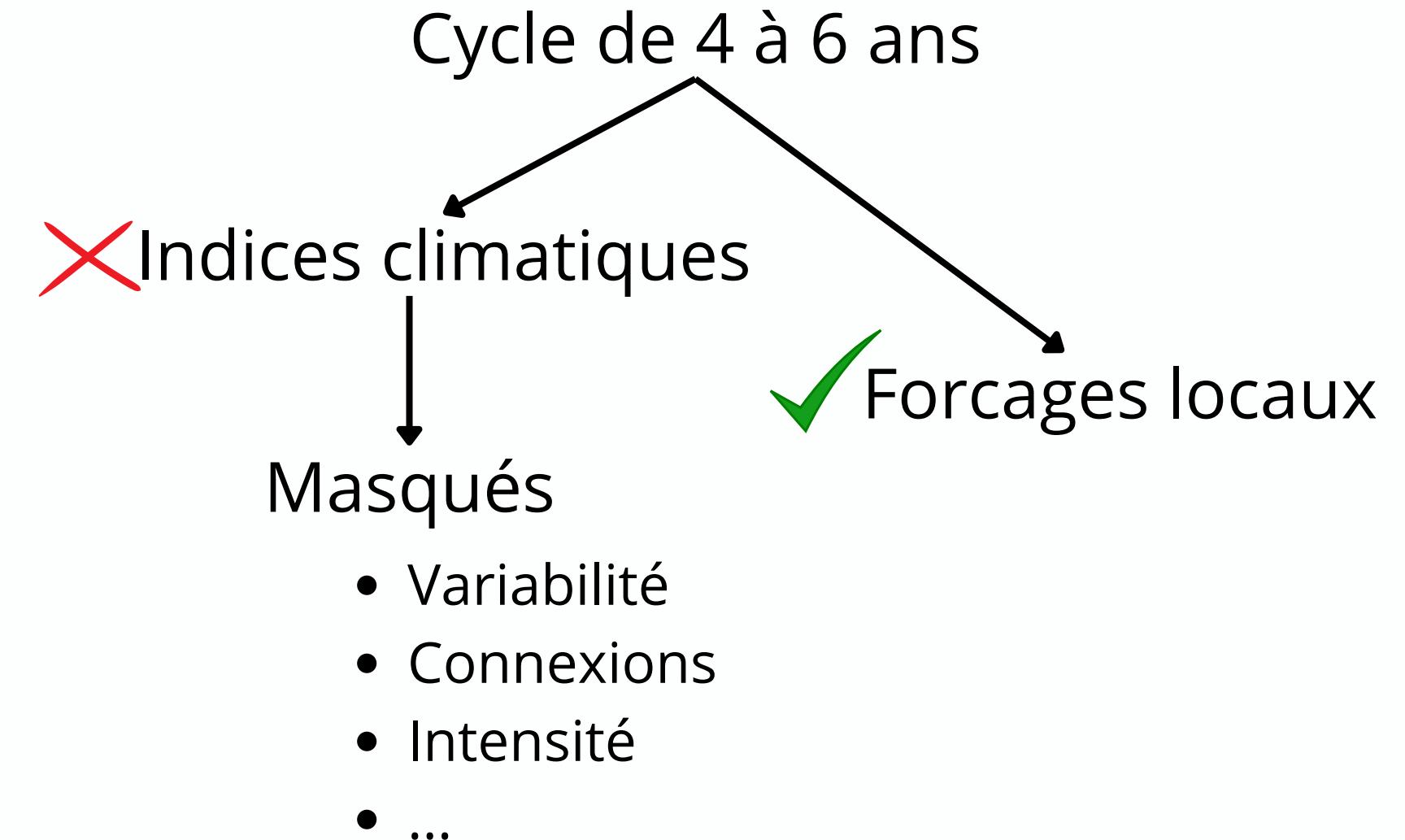
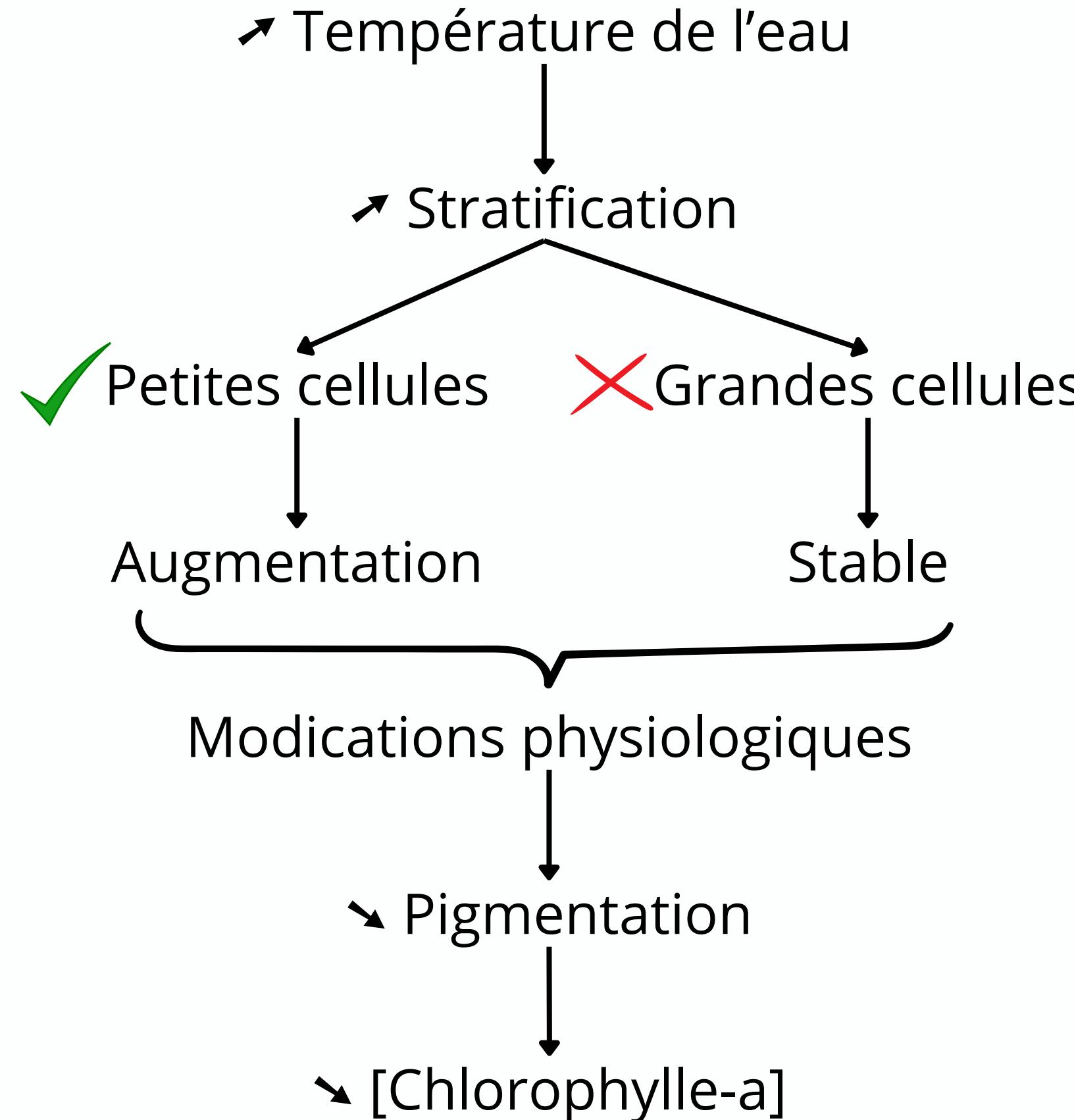
Conclusion : une vision d'ensemble



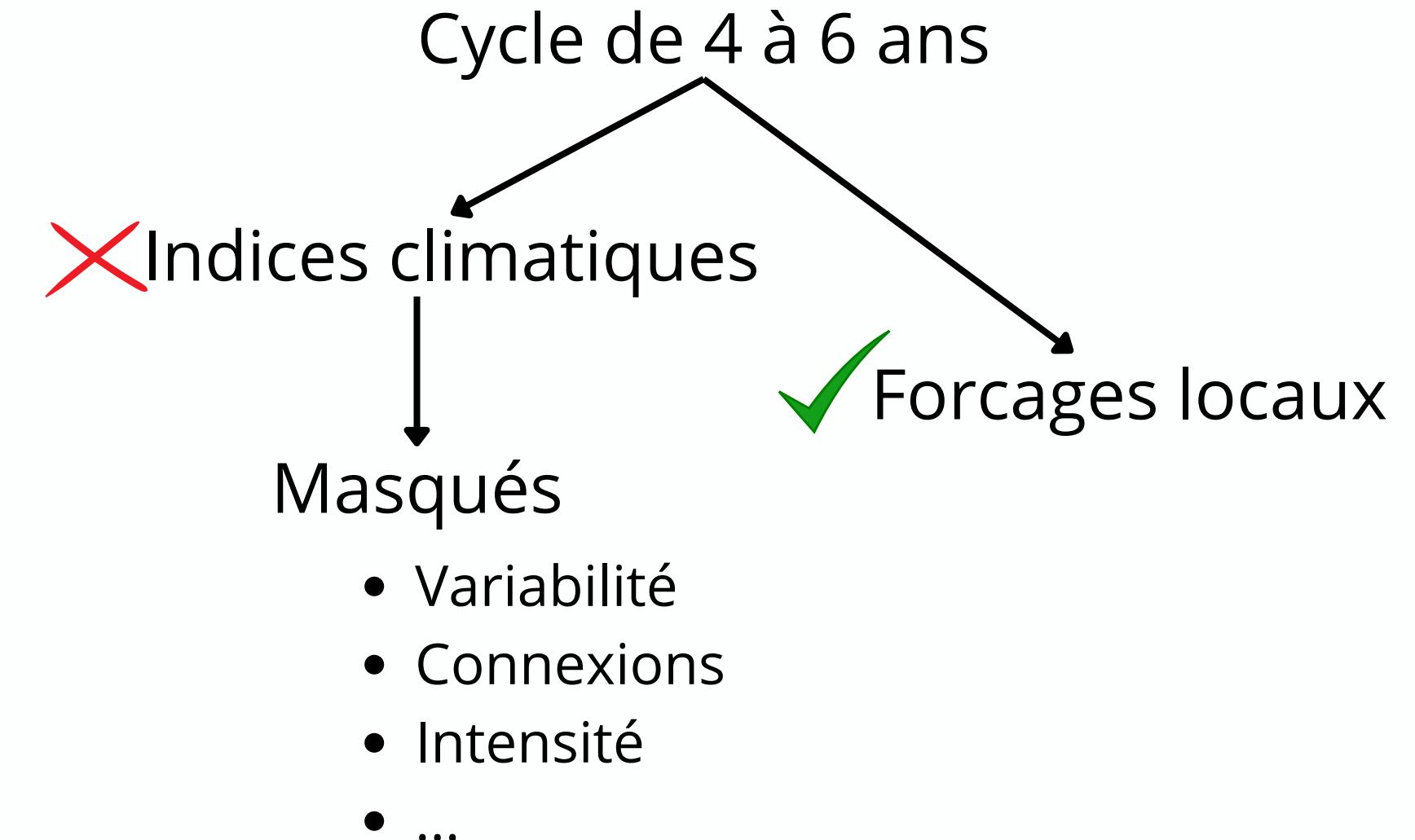
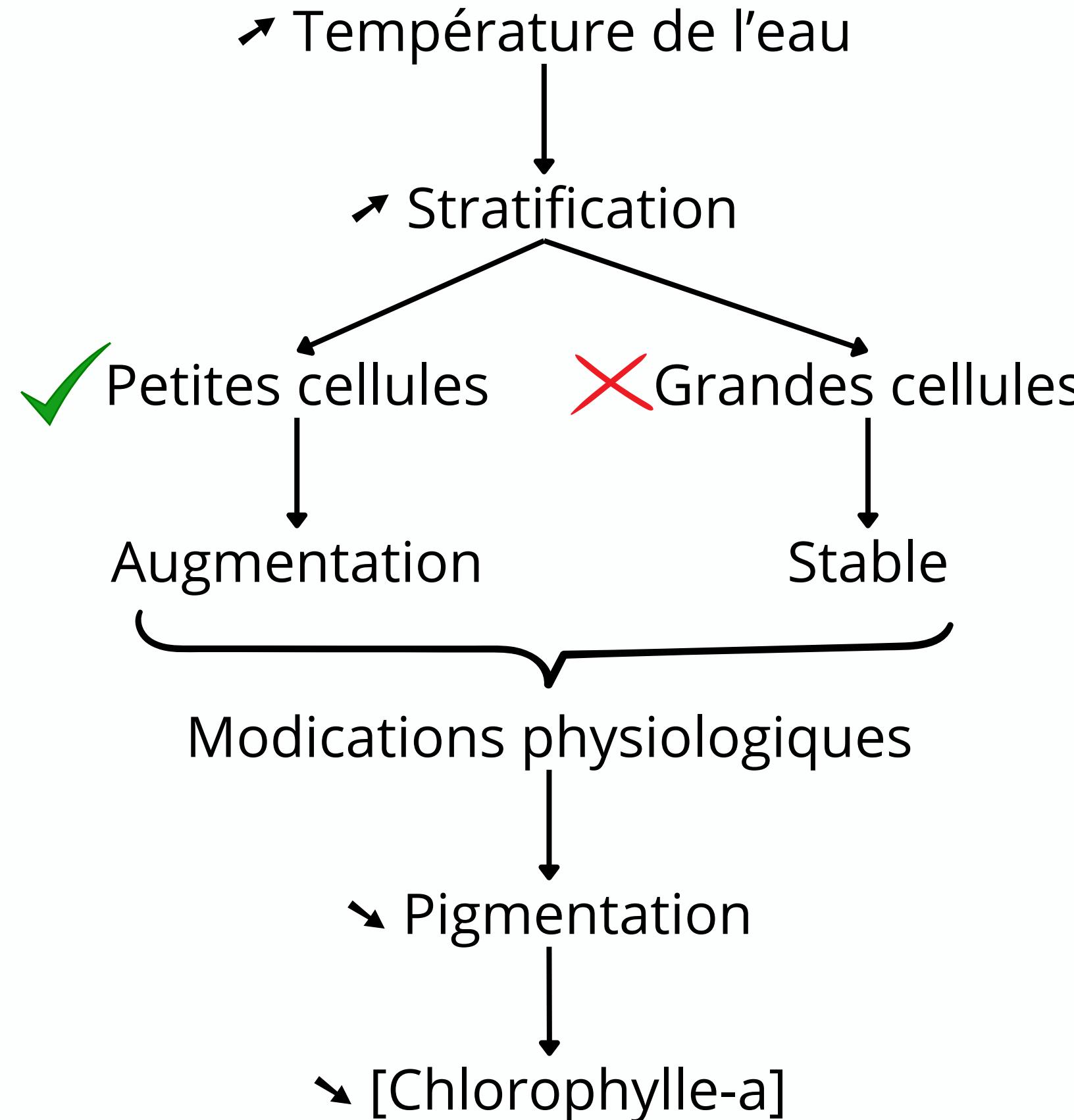
Conclusion : une vision d'ensemble



Conclusion : une vision d'ensemble



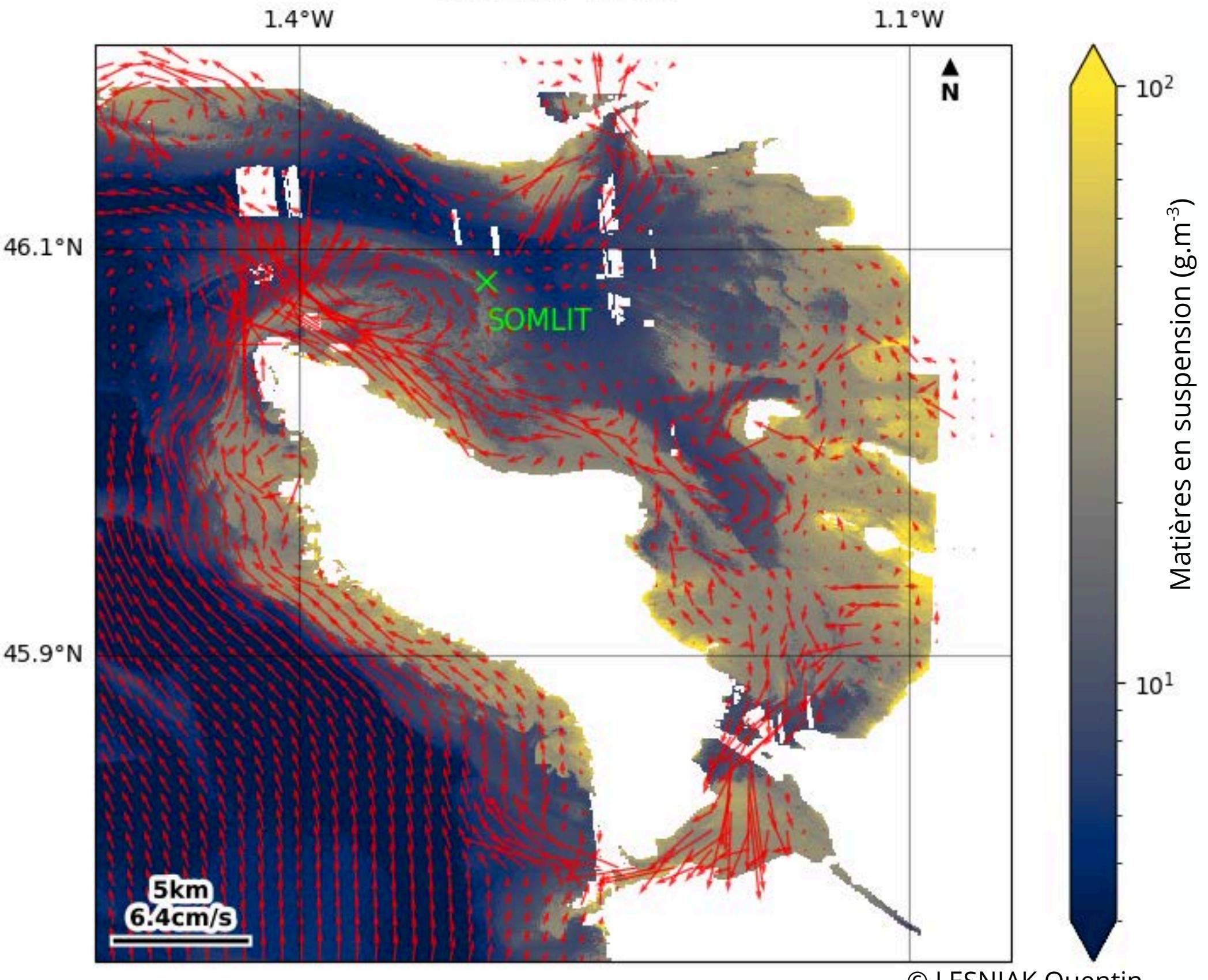
Conclusion : une vision d'ensemble



- Importance des suivis à long terme
- Difficulté d'isoler les signaux écologiques

Perspectives de recherches

- Étudier les **structures hydrodynamiques locales**
 - ↳ Communautés phytoplanctoniques





Merci pour votre attention

MOTTÉE Marine



Annexe 1 : l'indice d'Oscillation Nord Atlantique (NAO)

Influence la salinité :

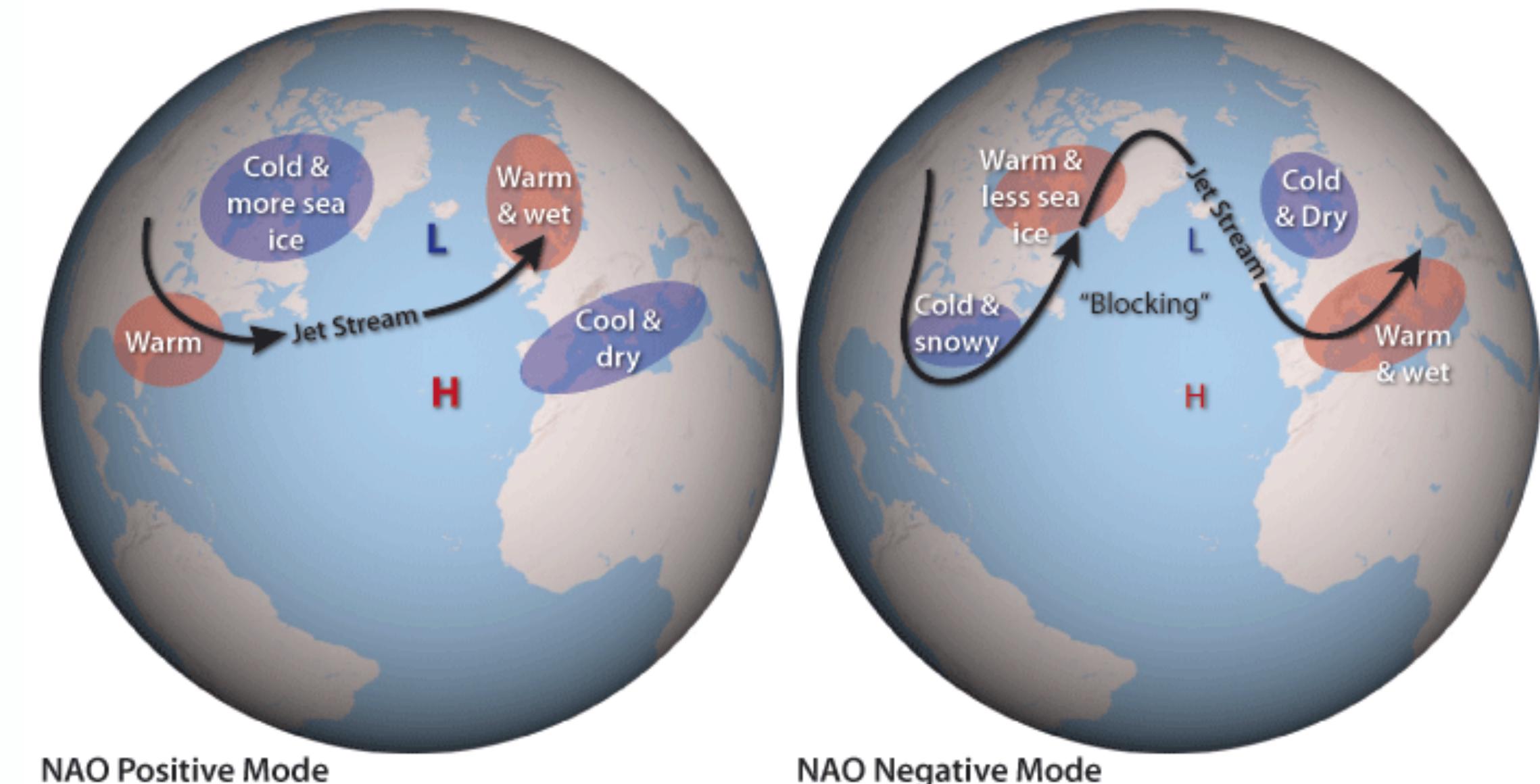
- Forçage d'eau douce
- Courants marins

(Reverdin et al., 2007)

Influence la température :

- Flux de chaleur océan-atmosphère
- Vents d'ouest

(Deser et al., 2010)



Dans notre étude :

- Corrélation avec les précipitations et la température de l'eau

© Energy Education

Annexe 2 : l'indice d'Oscillation Arctique (AO)

Influence la salinité et la température selon :

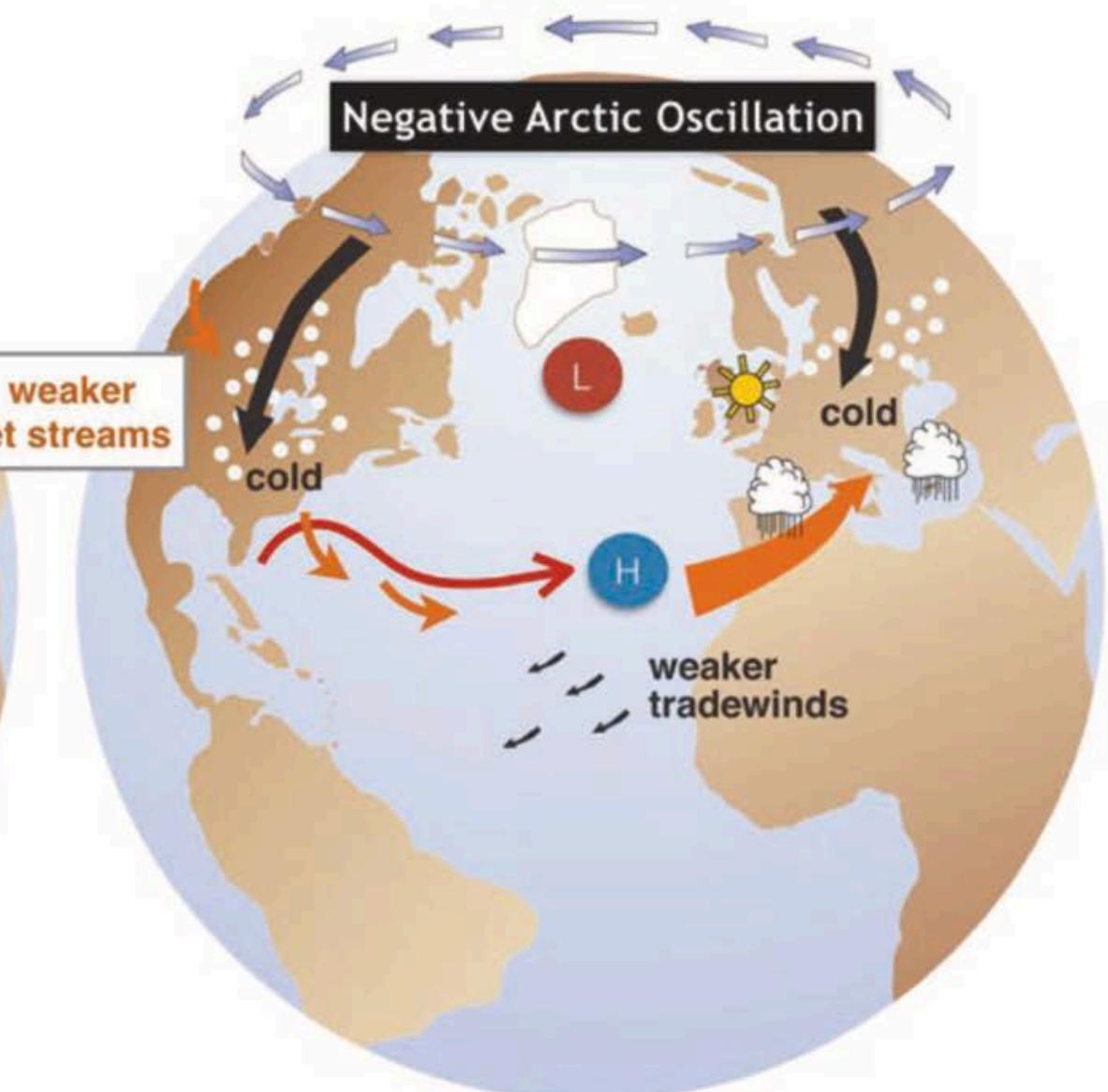
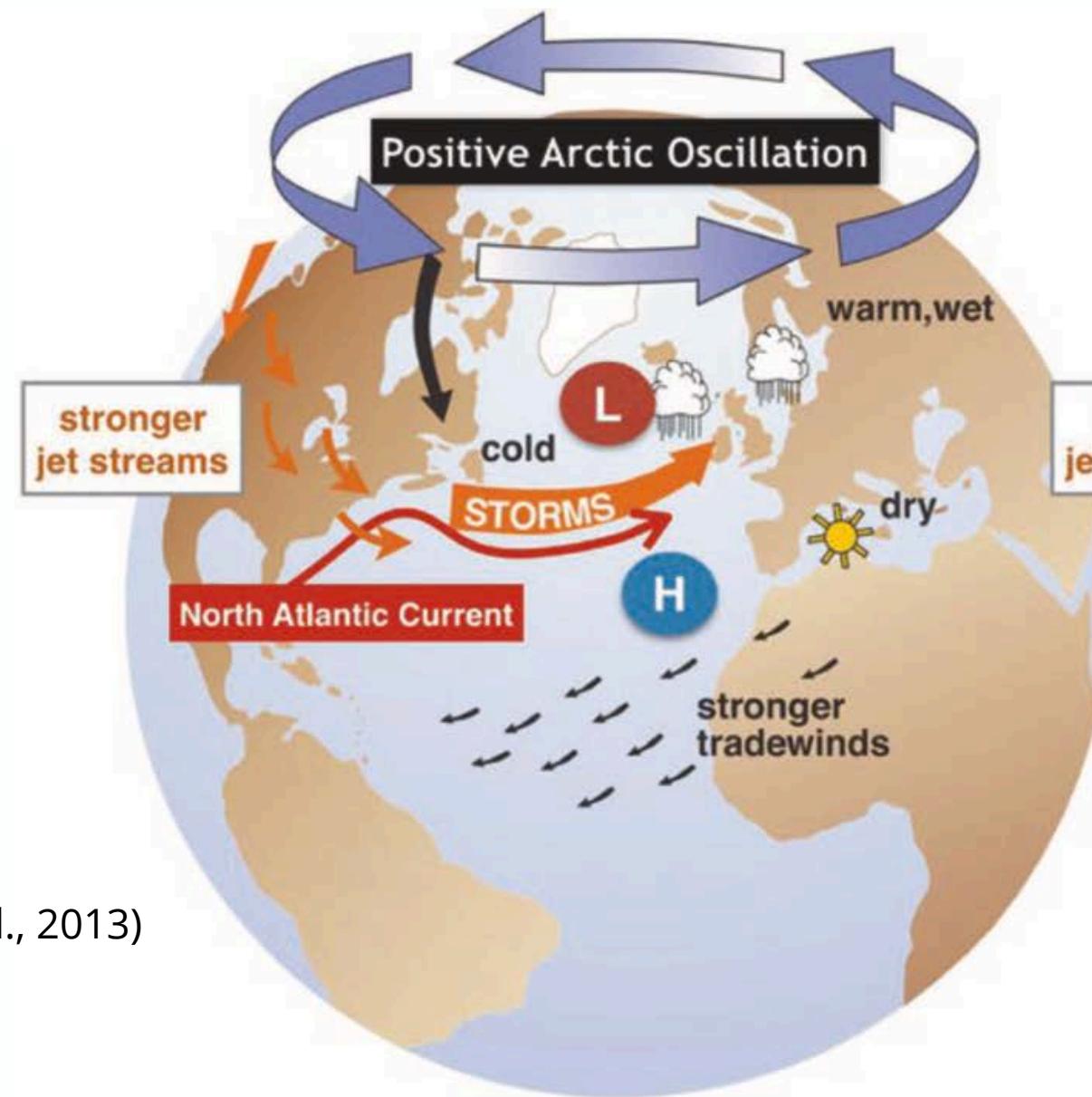
- Les précipitations
- La radiation solaire

→ Forte corrélation entre le NAO et l'OA (Hamouda et al., 2021)

Exemple :

- AO et NAO négatif
 - Neige
 - Diminution de la salinité

(Báez et al., 2013)



(Campos & Horn, 2018)

Dans notre étude :

- Corrélation avec les précipitations

Annexe 3 : l'indice El Niño - Oscillation Australe (ENSO)

Influence la salinité :

- Forçage d'eau douce
- Courants marins

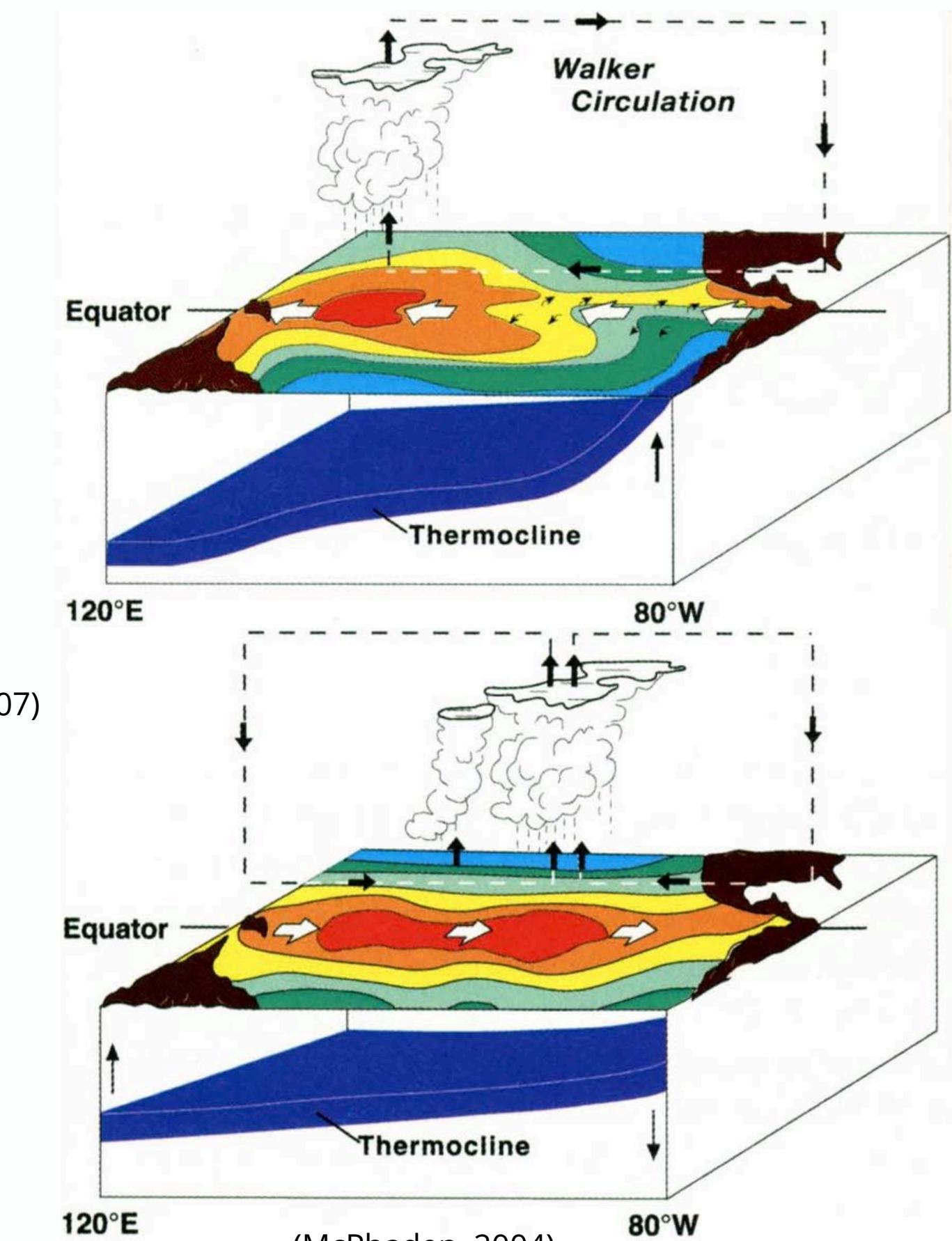
(Reverdin et al., 2007)

Fortes téléconnexions :

- Ondes atmosphériques (Deser et al., 2010)
- Généralement : El Niño = NAO négatif (Brönnimann, 2007)

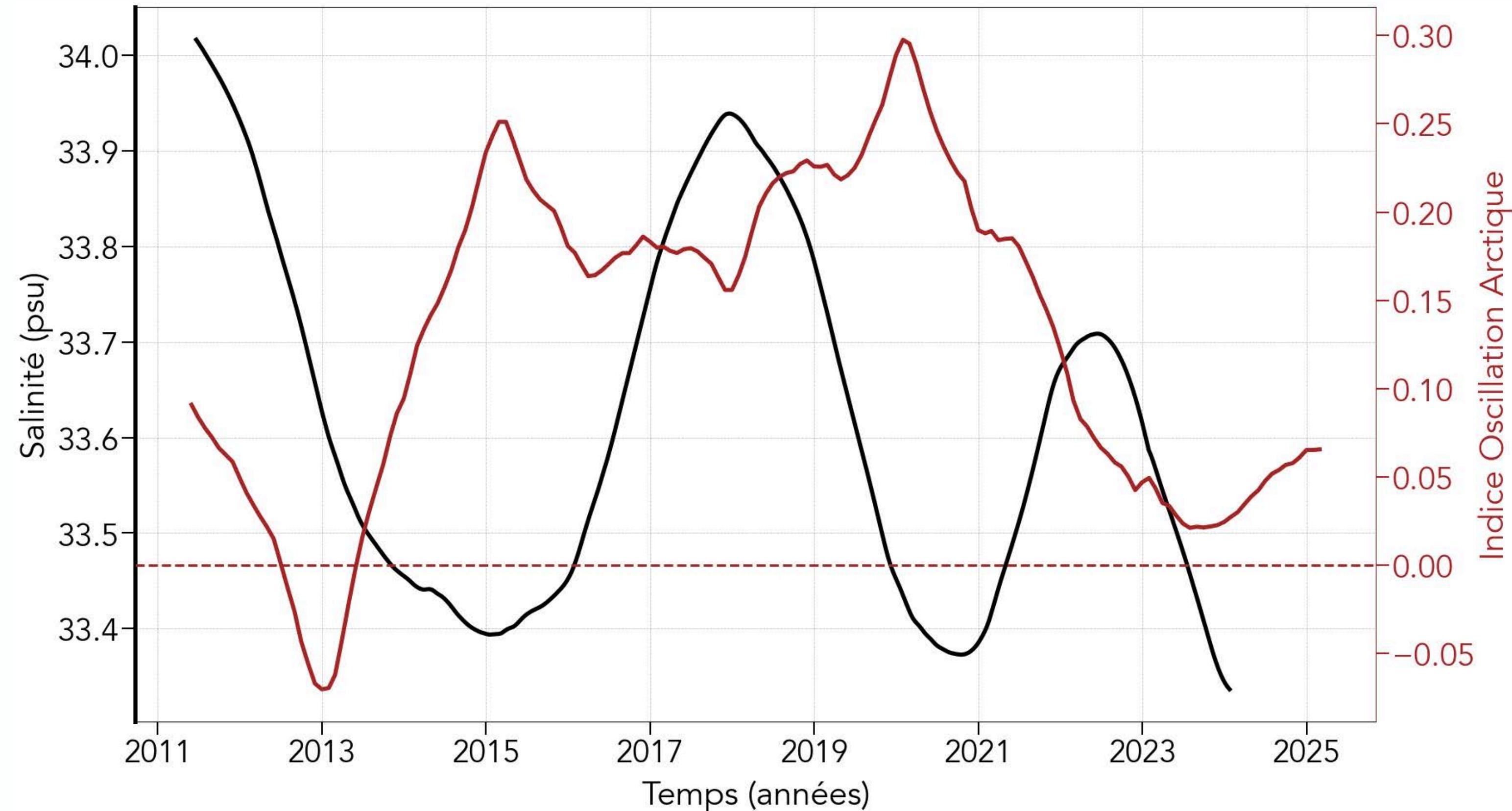
Dans notre étude :

- Corrélation avec la température de l'eau

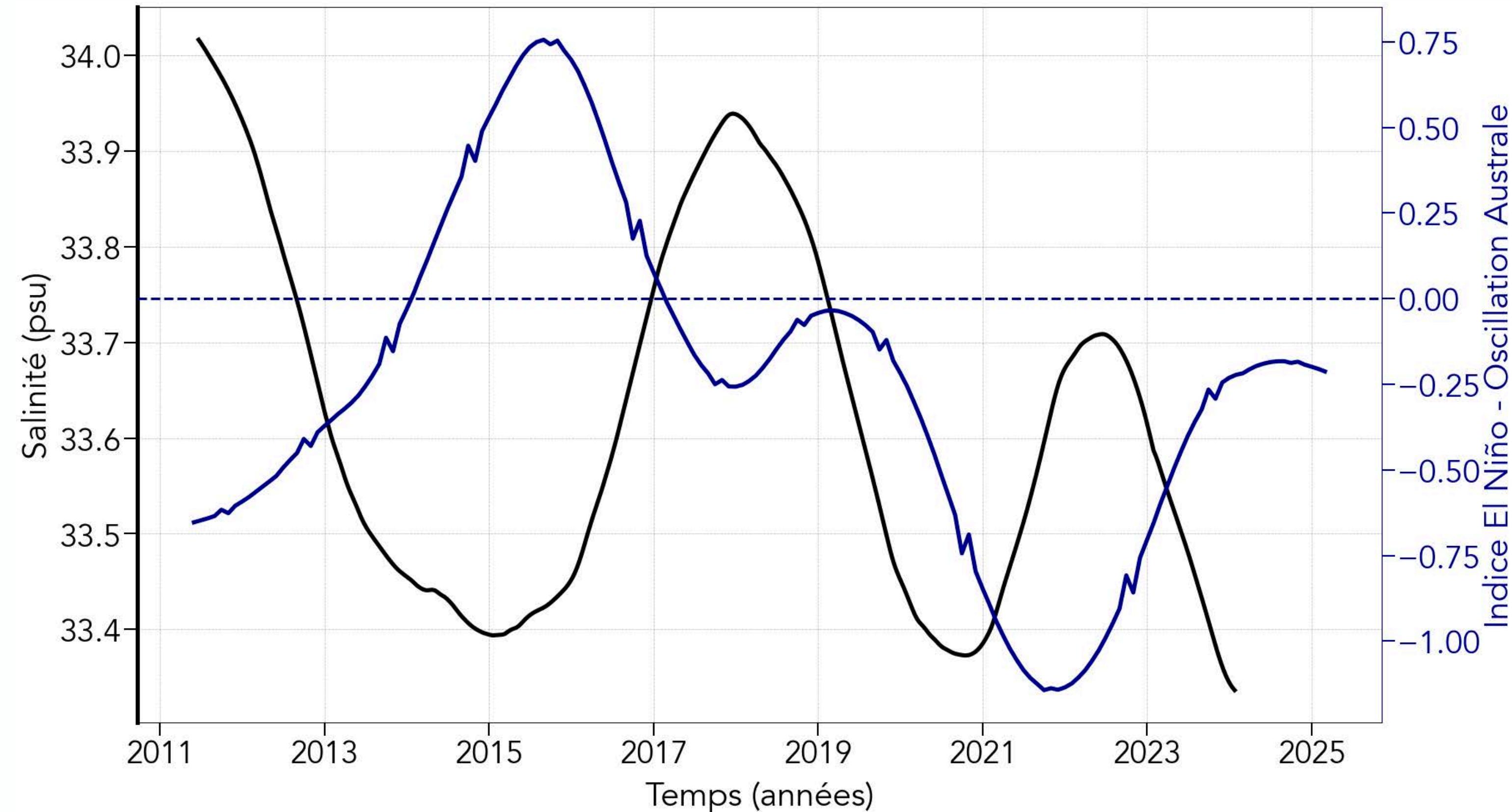


(McPhaden, 2004)

Annexe 4 : évolution temporelle de la salinité et de l'OA

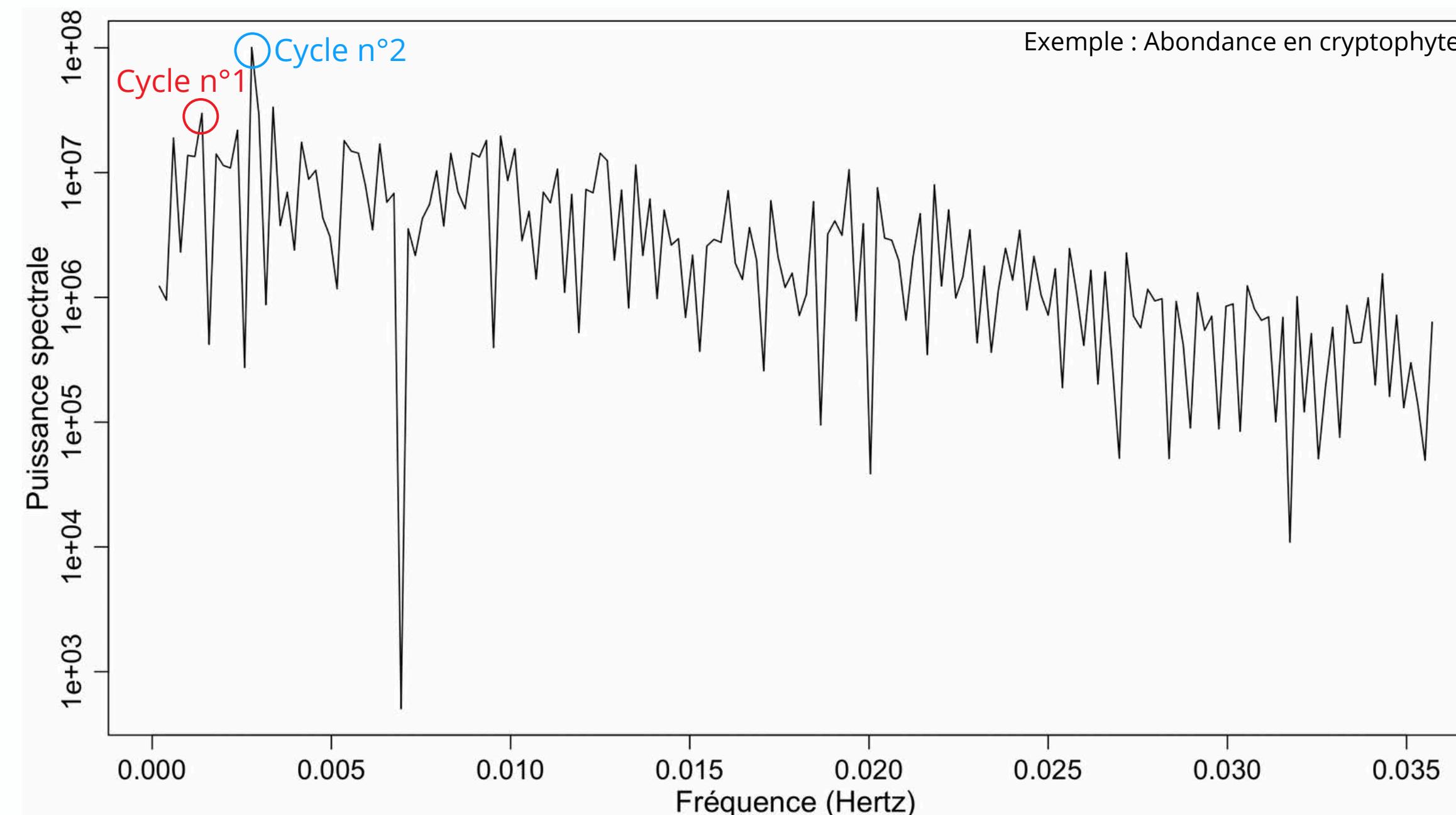


Annexe 5 : évolution temporelle de la salinité et de l'ENSO

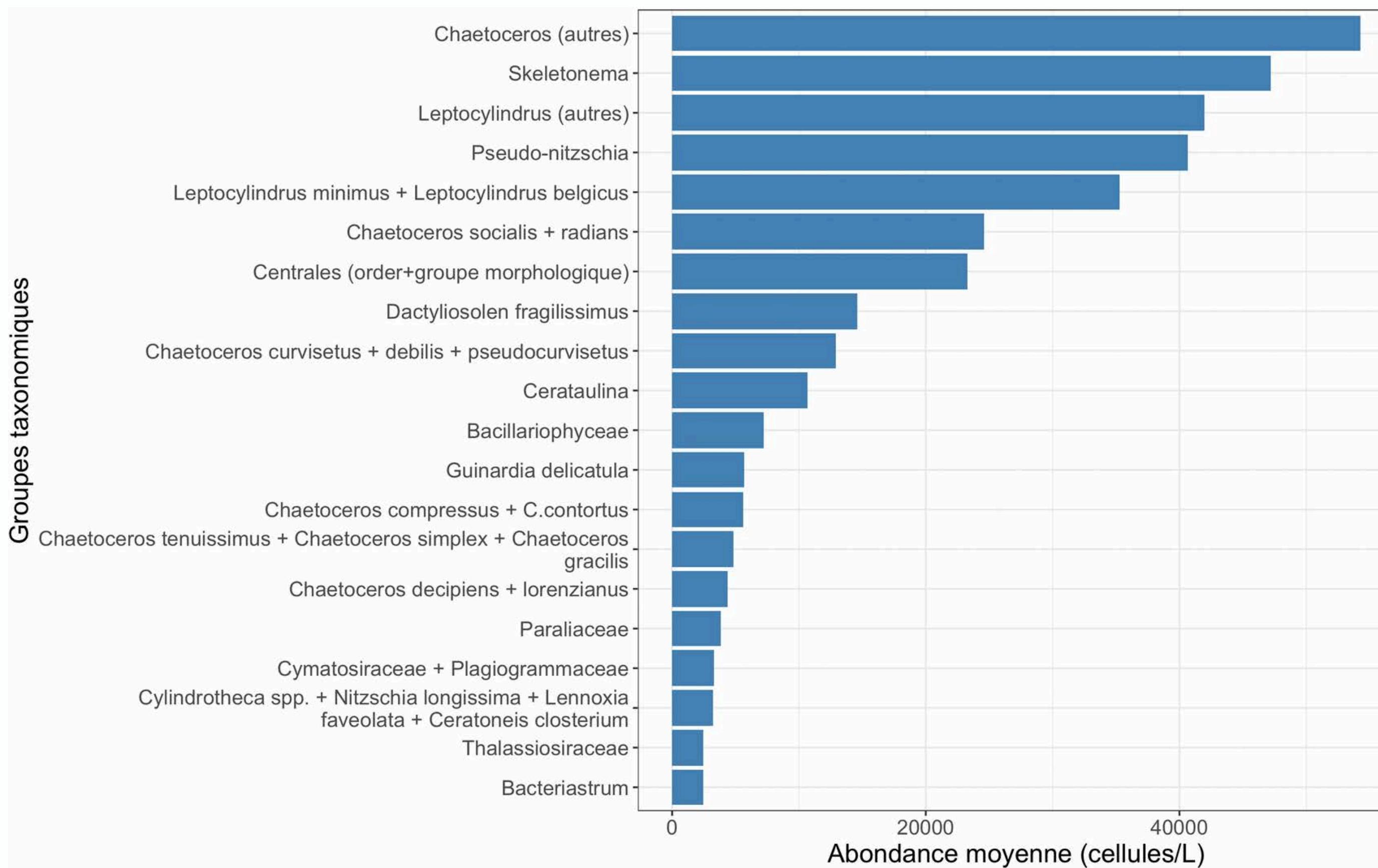


Annexe 6 : l'analyse spectrale

- Décomposition du signal en fréquence
 - Transformation de Fourier
- Somme d'ondes sinusoïdales



Annexe 7 : groupes taxonomiques des diatomées



Abondance moyenne des 20 groupes taxonomiques de diatomées les plus fréquents (2012 - 2022)

Annexe 8 : les compartiments biologiques photosynthétiques SOMLIT

Synechococcus sp. :

- Cyanobactéries
- 0,5 à 1,5 μm (Borowitzka, 2018)
- Chlorophylle a, phycoérythrine, phycocyanine

(Thyssen et al., 2022)



Cryptophytes :

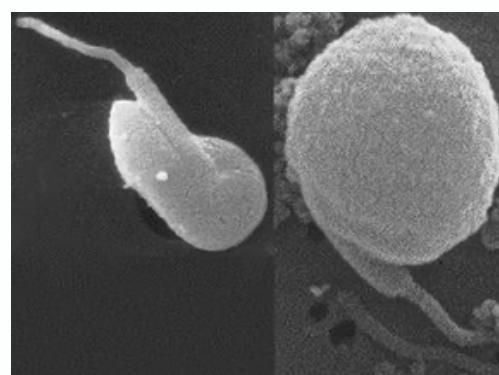
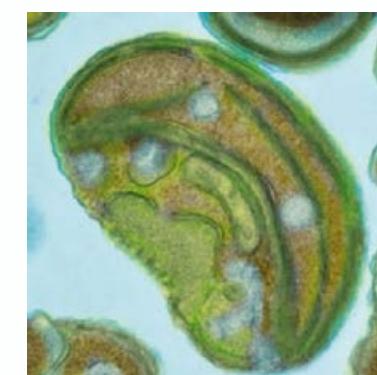
- 4 à 50 μm
- Eucaryotes unicellulaires bicontes (Kugrens & Argile, 2003)
- Chlorophylle a, phycoérythrine



Pico-phytoeucaryotes :

- 0,2 et 2 μm

(Sieburth et al., 1978)



© University of Warwick

© MRGI

Nano-phytoeucaryotes :

- 2 et 20 μm

(Sieburth et al., 1978)

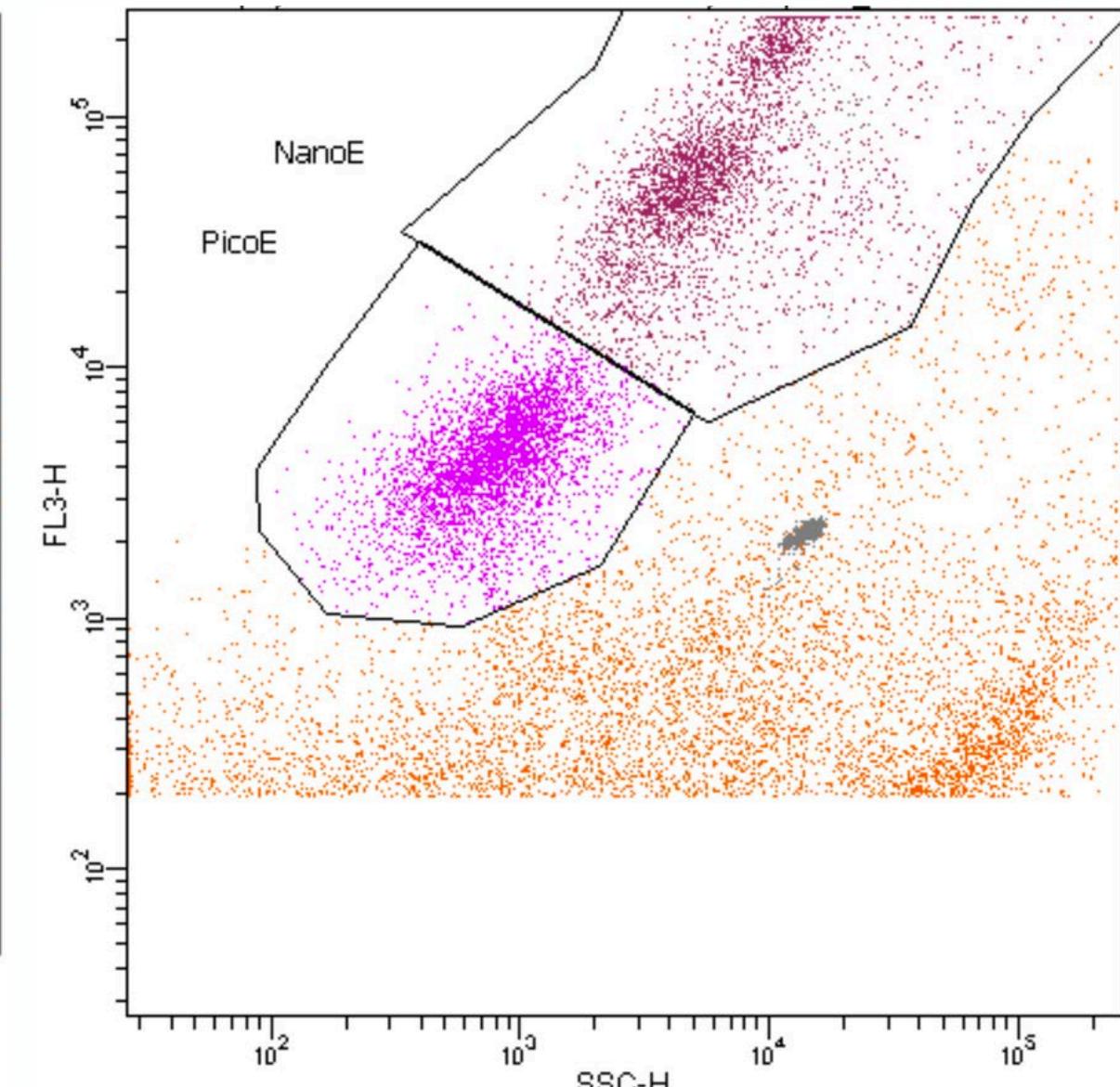
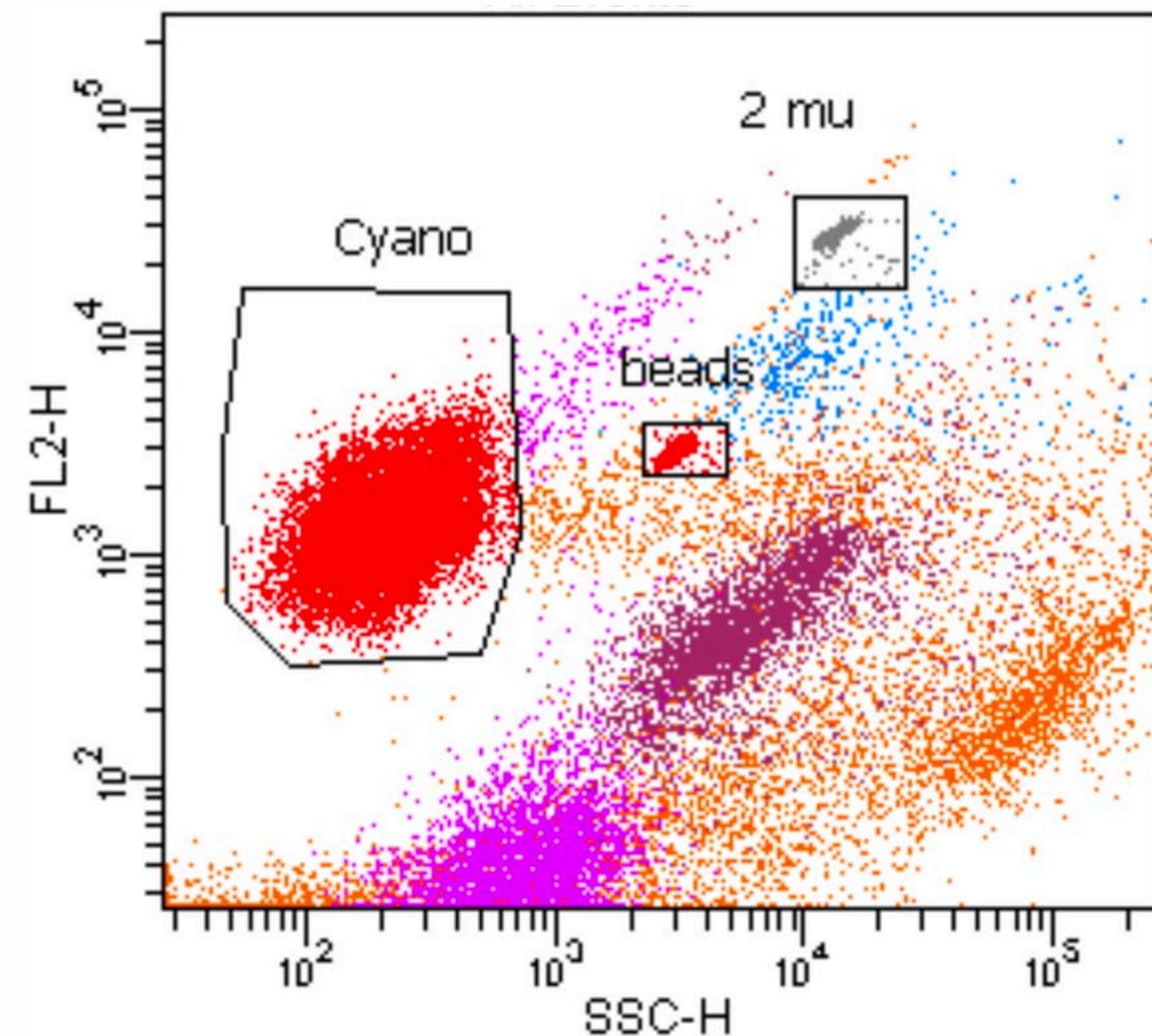
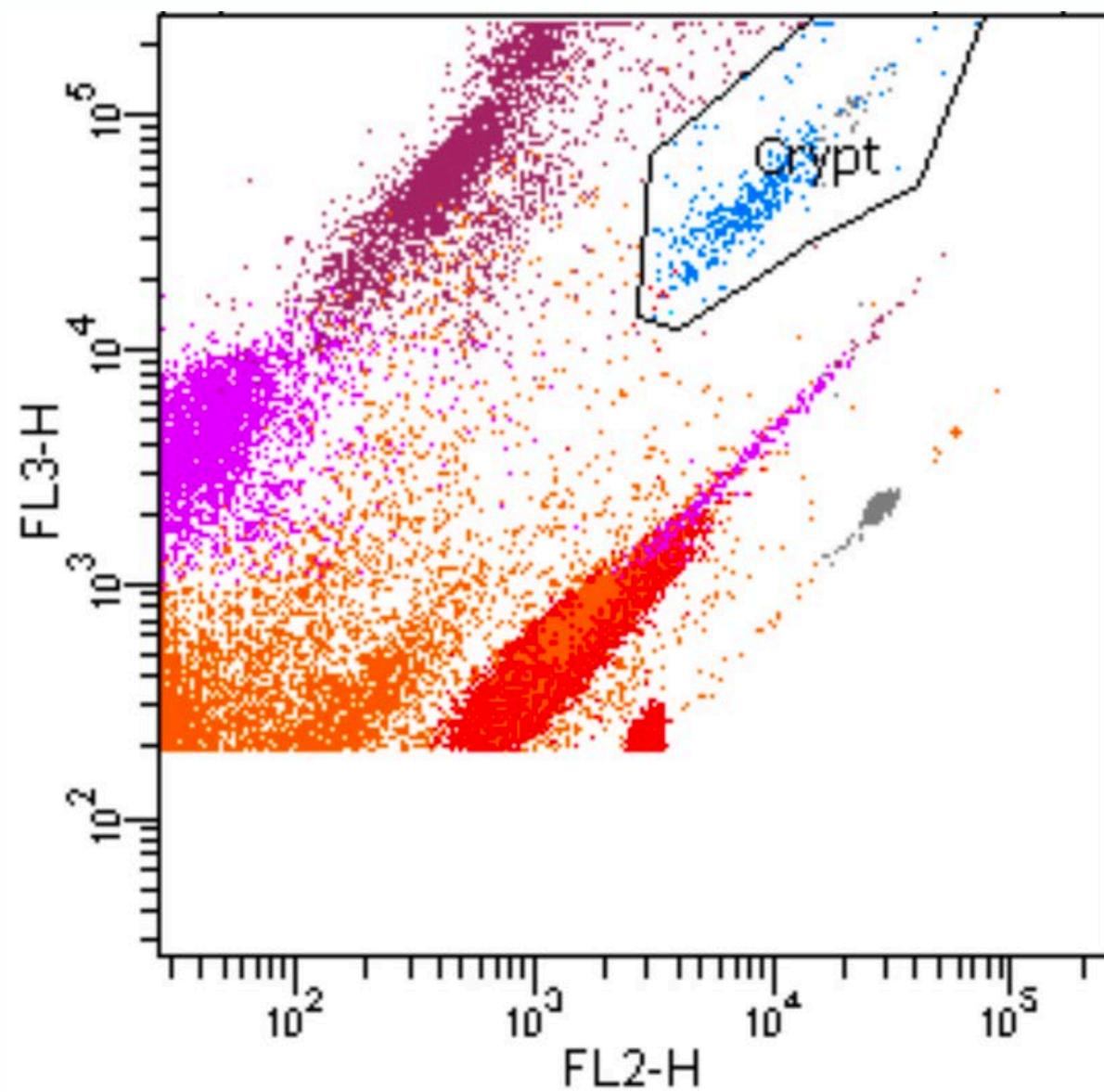


© NEON



© Borowitzka

Annexe 9 : la cytométrie en flux



© AGOGUÉ Hélène