



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)

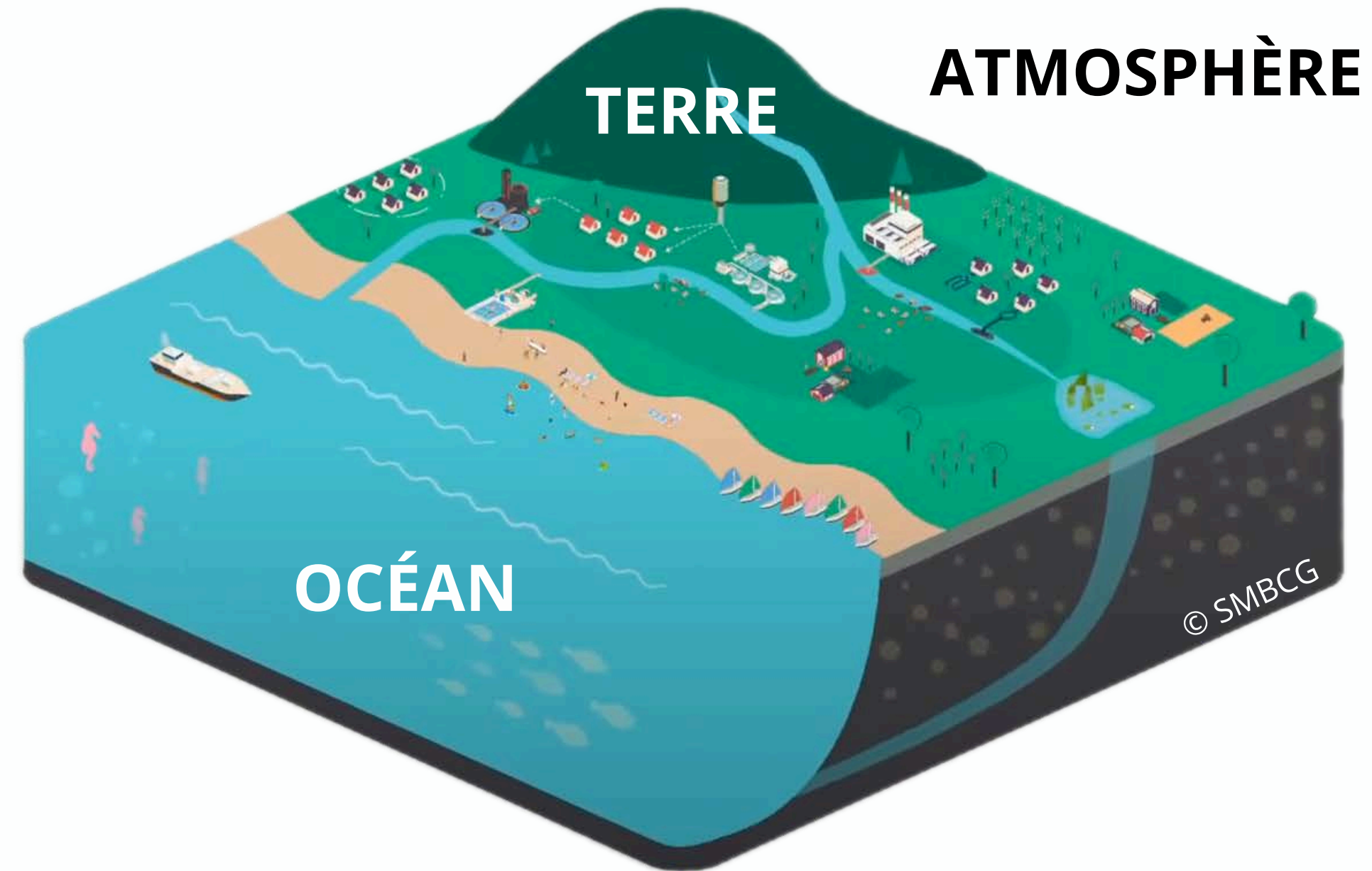


Introduction : les milieux côtiers, des acteurs écologiques vulnérables



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

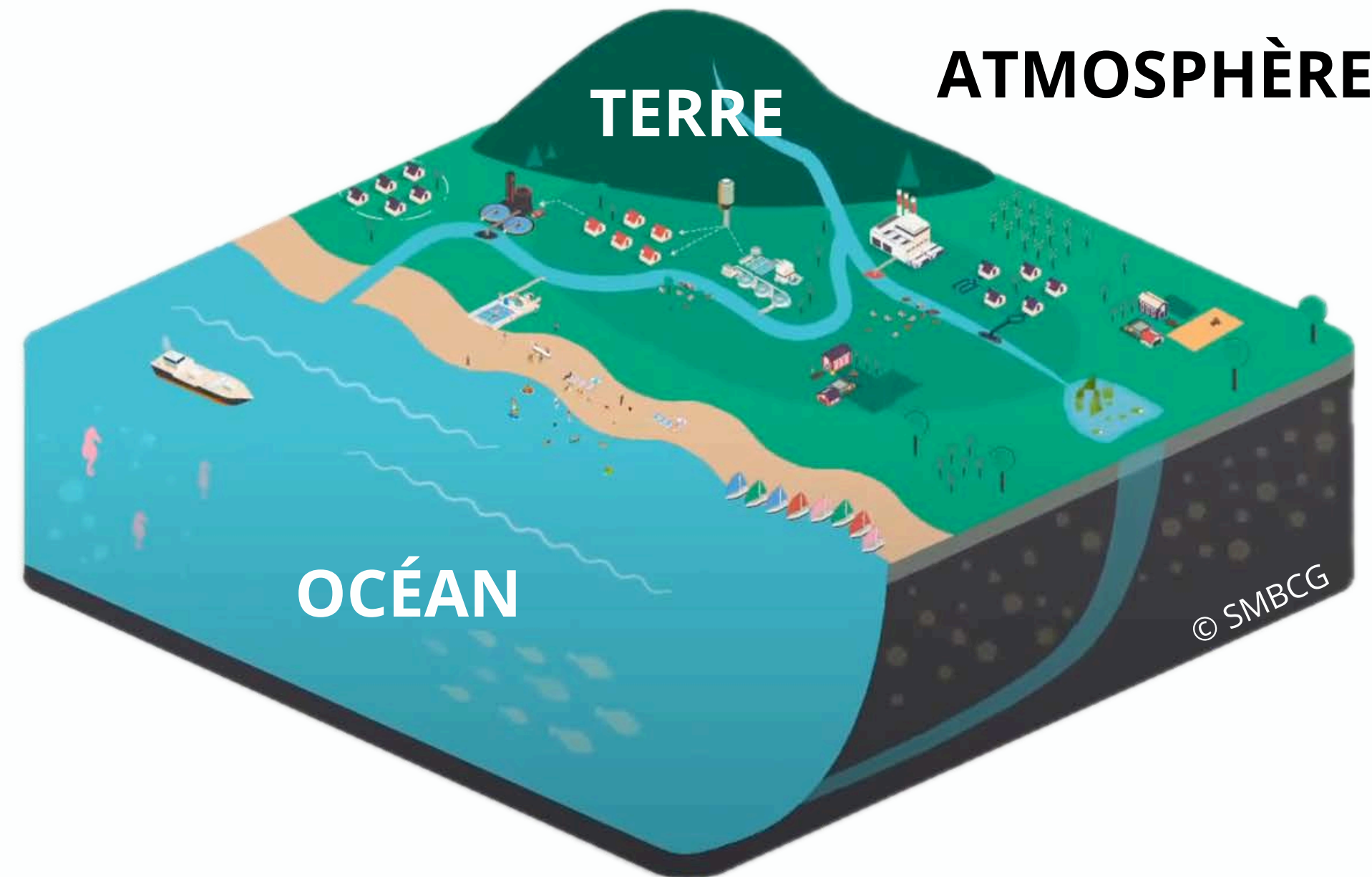


Diverses pressions

- Eutrophisation
- Anoxie
- Algues toxiques....

+ Climatiques et anthropiques

➔ **Séries temporelles à long terme**

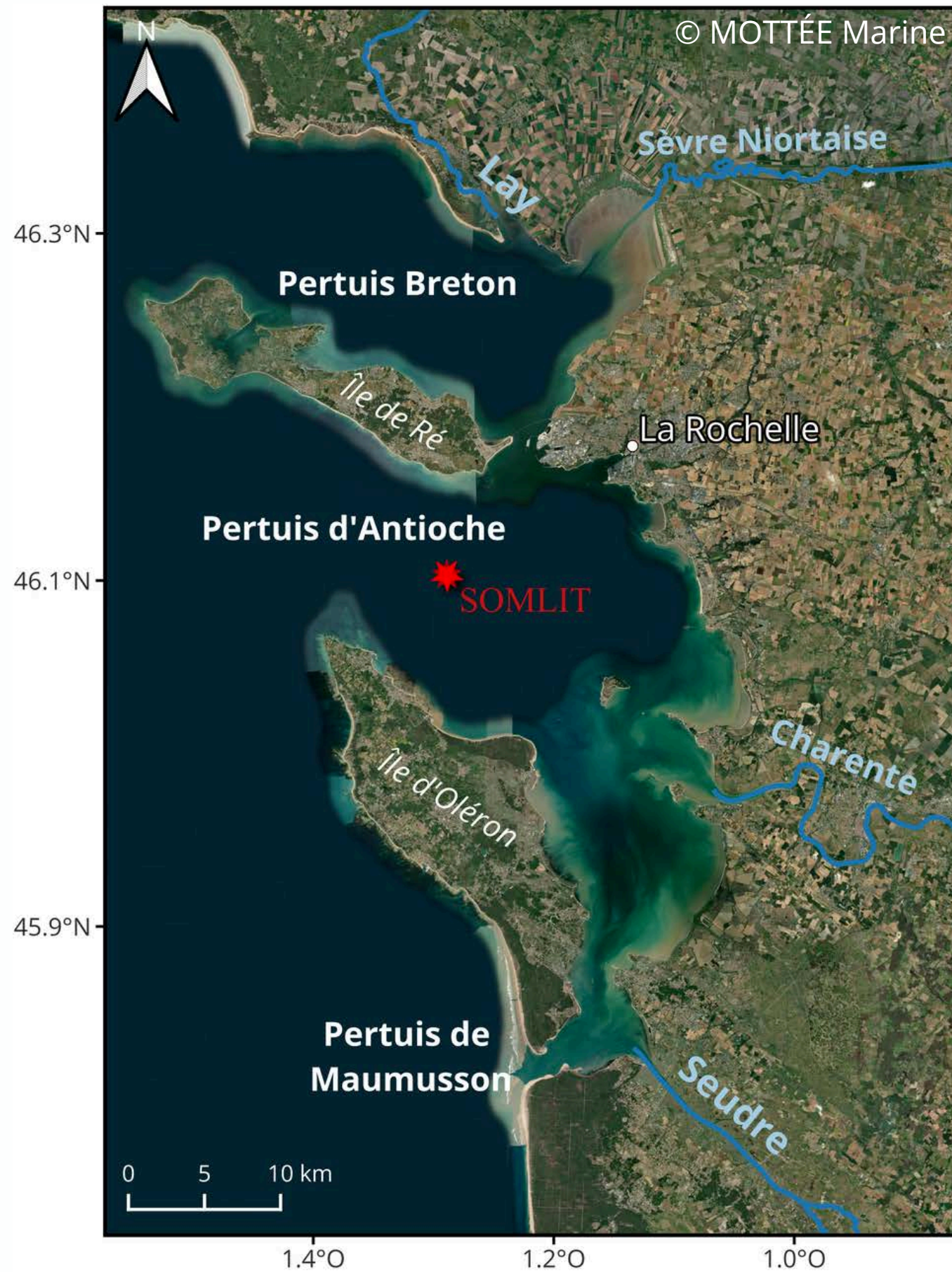


Introduction : objectifs de l'étude

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

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

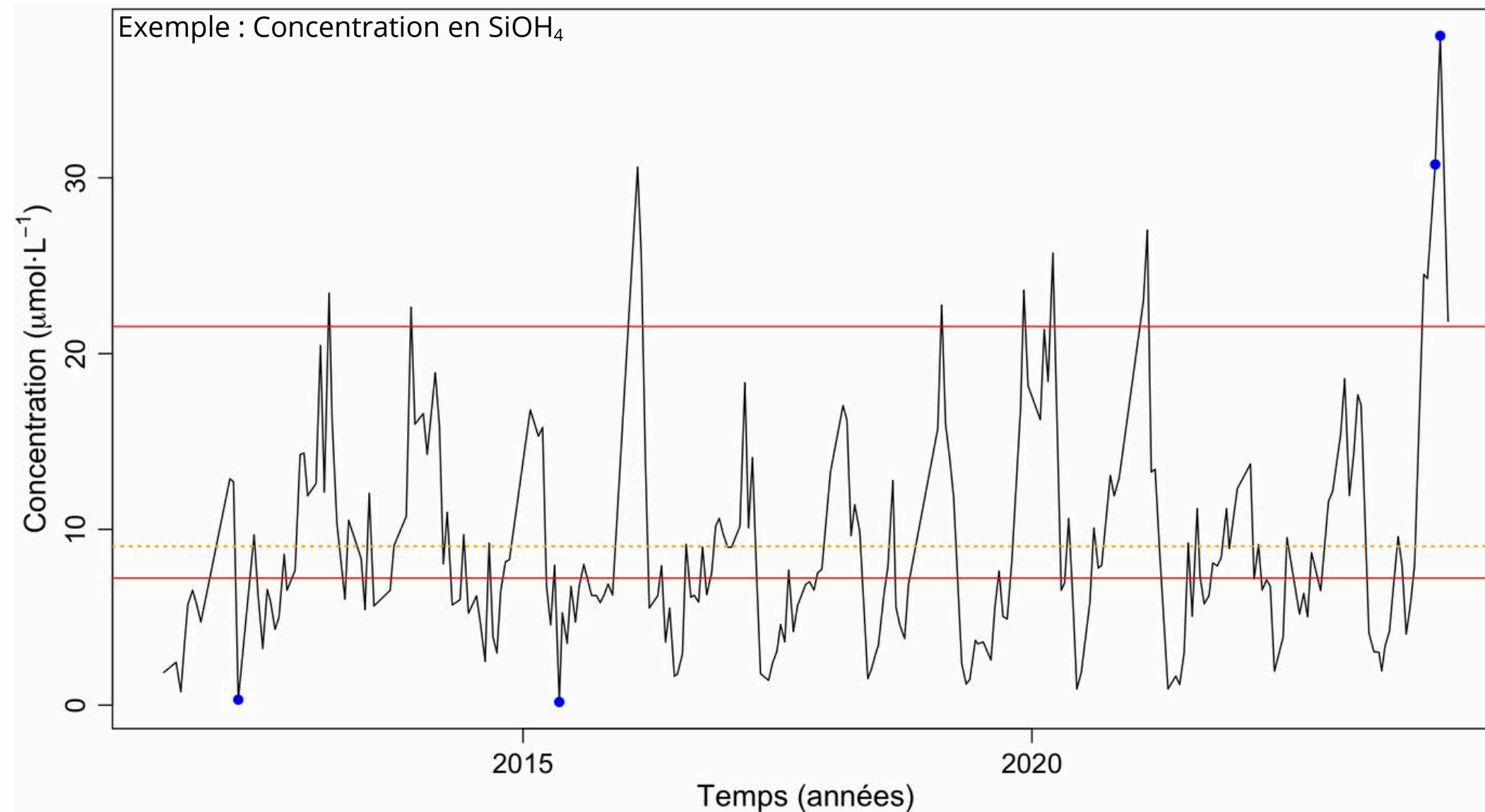
Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données





1. Identification des évènements extrêmes

Seuils statistiques

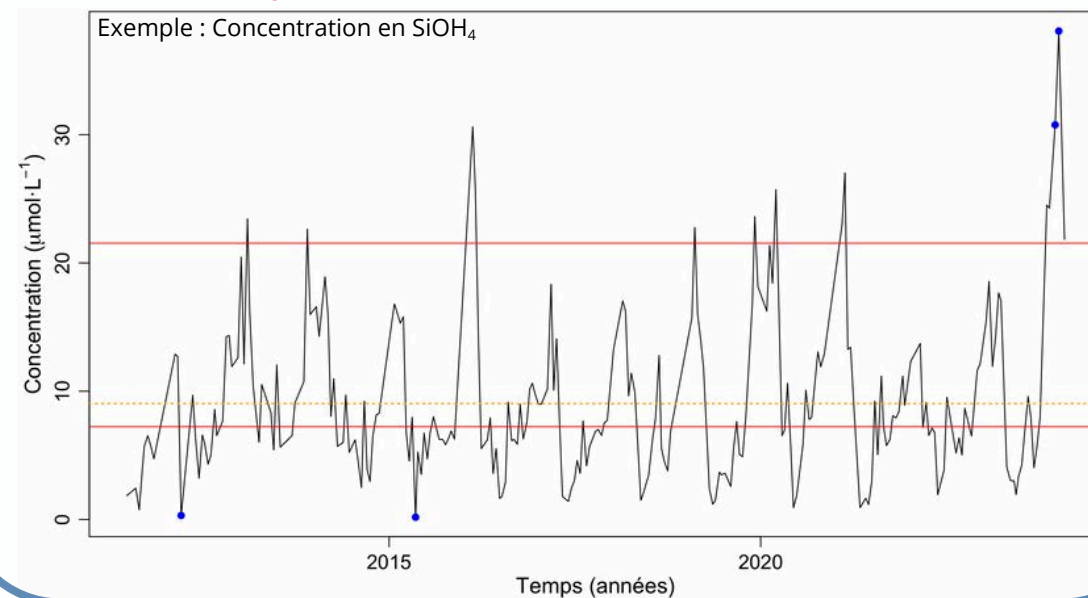


Matériels & Méthodes : traitement et analyse des données



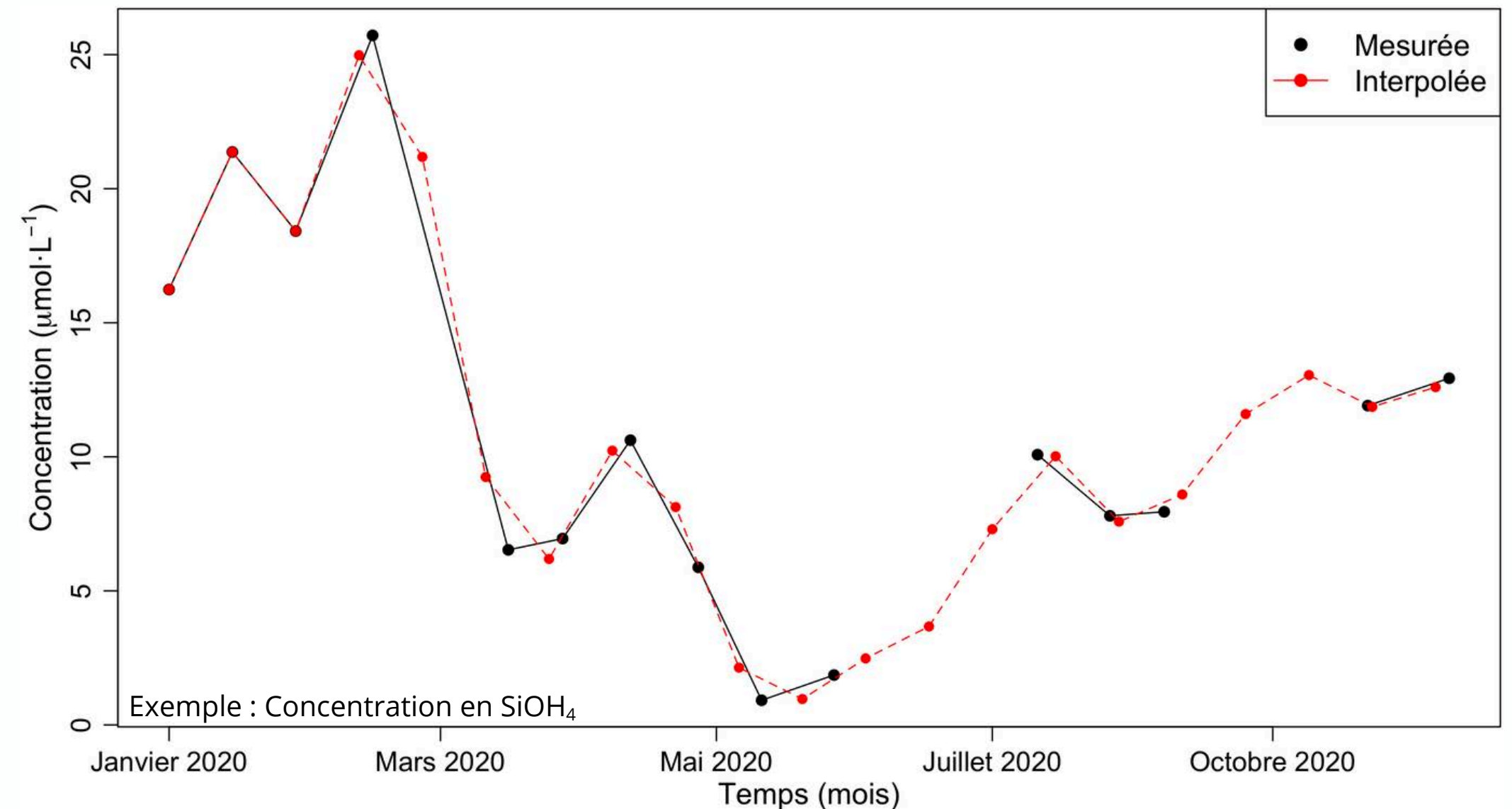
1. Identification des événements extrêmes

Seuils statistiques



2. Régularisation des données

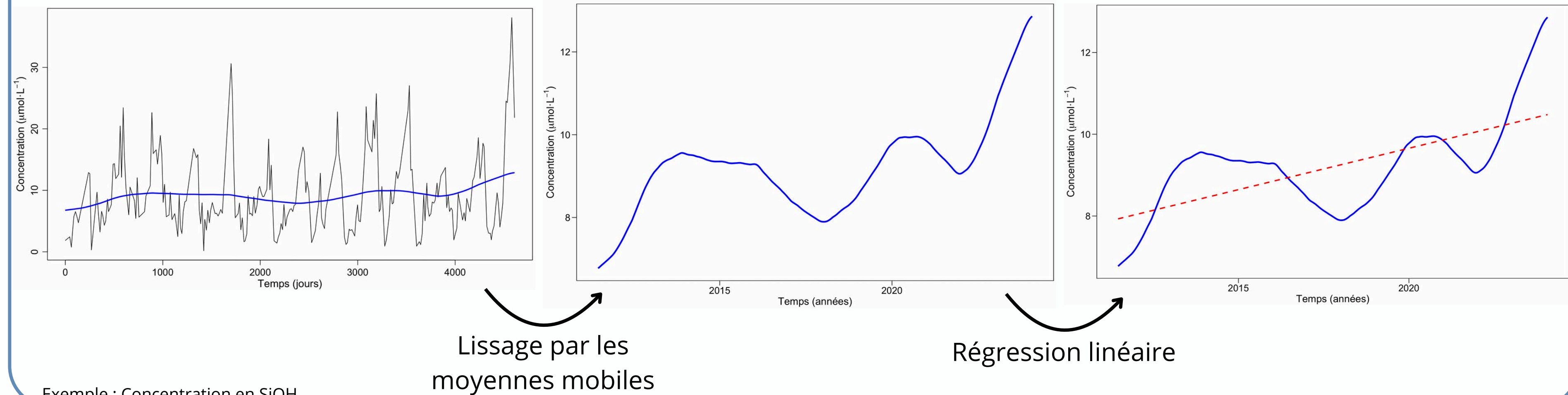
Obtenir un pas de temps constant





3. Extraction de la **composante interannuelle** et **tendance**

La variabilité saisonnière masque la tendance



Exemple : Concentration en SiOH_4



4. Recherche de corrélations

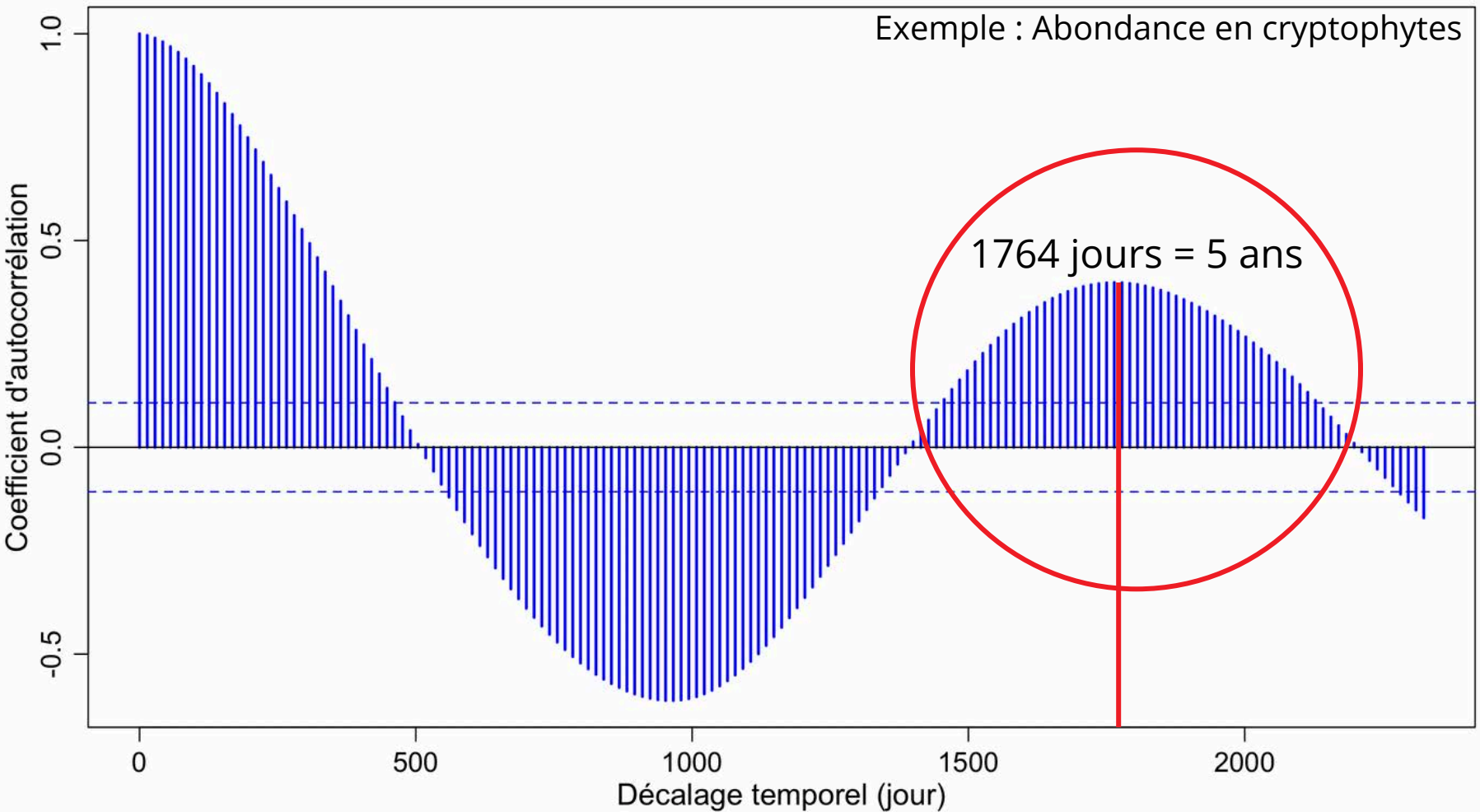
Test de Spearman

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



5. Recherche des cycles

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



4. Recherche de corrélations

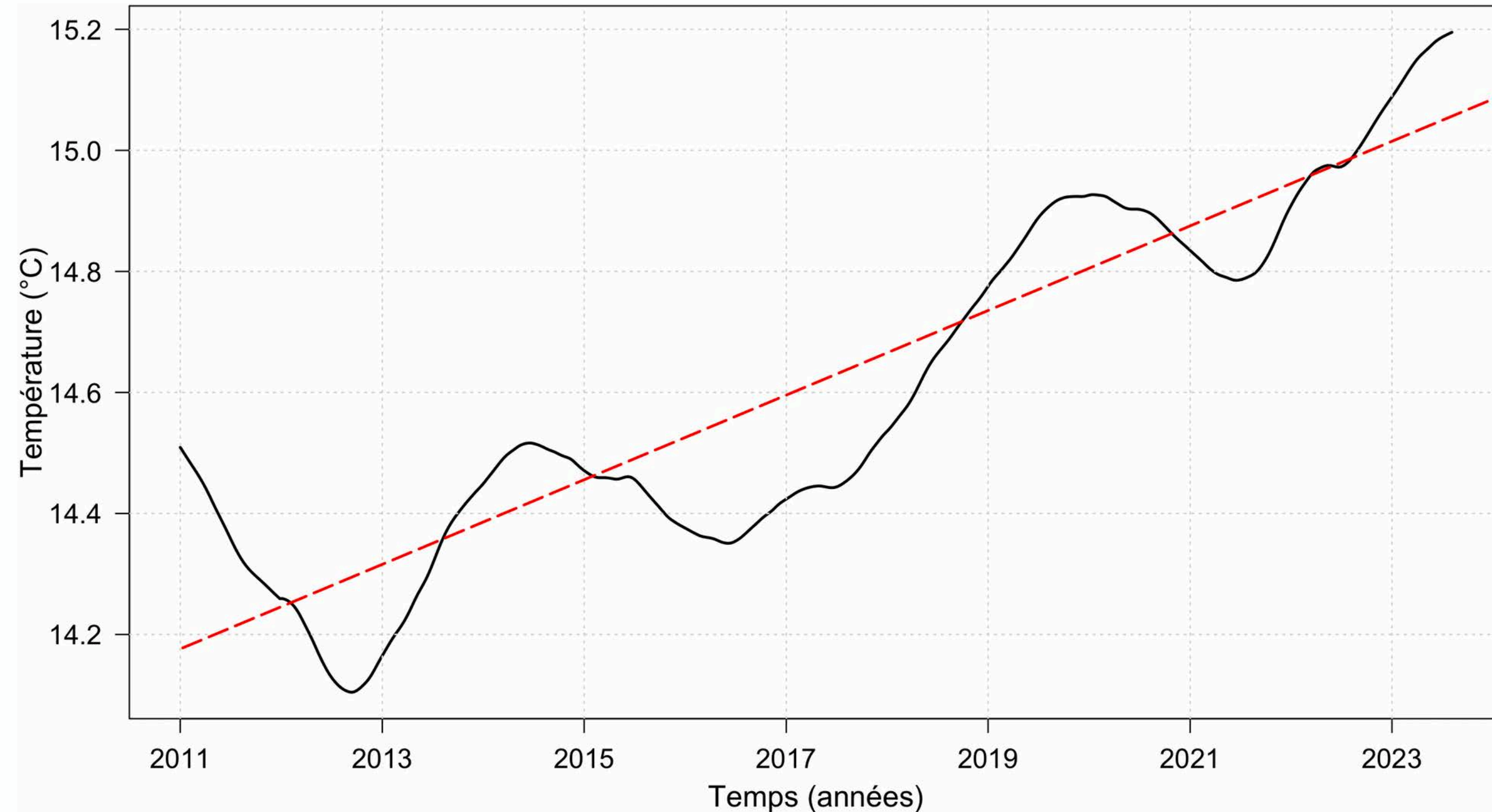
Test de Spearman

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

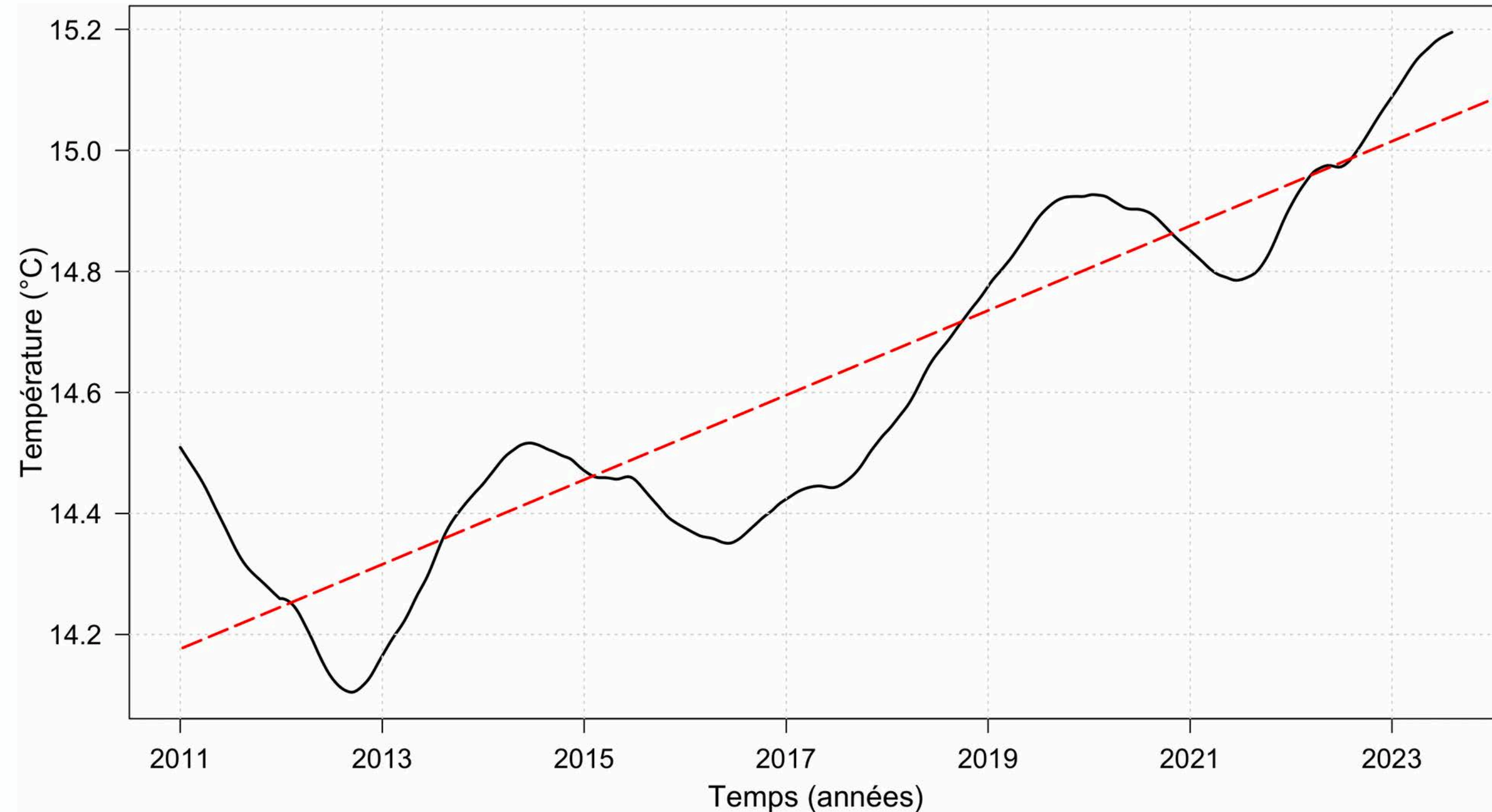
13 ans
11 ans

+ 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

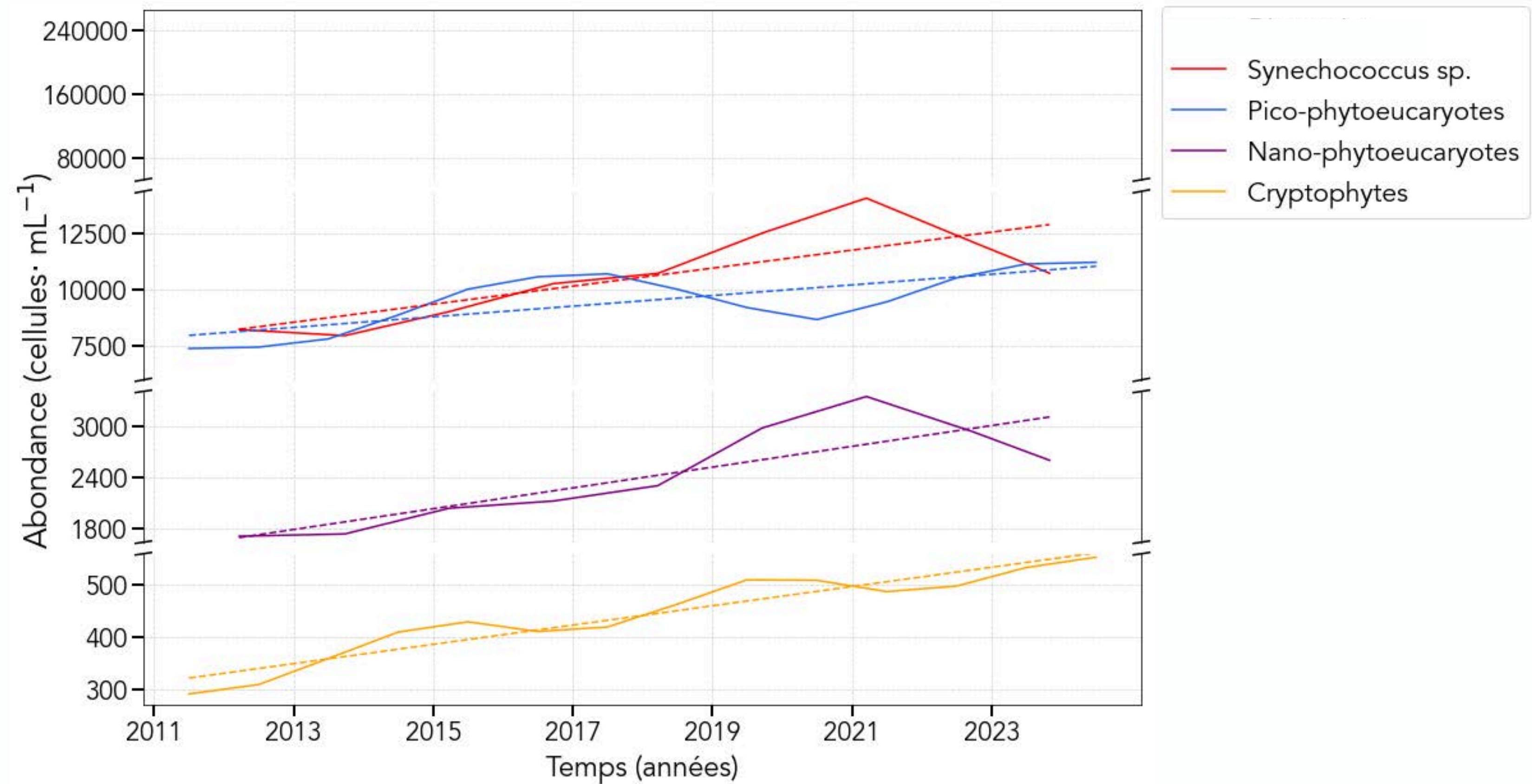
✓ Favorables aux phytoplanctons de petites tailles (Mojica et al., 2015)

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

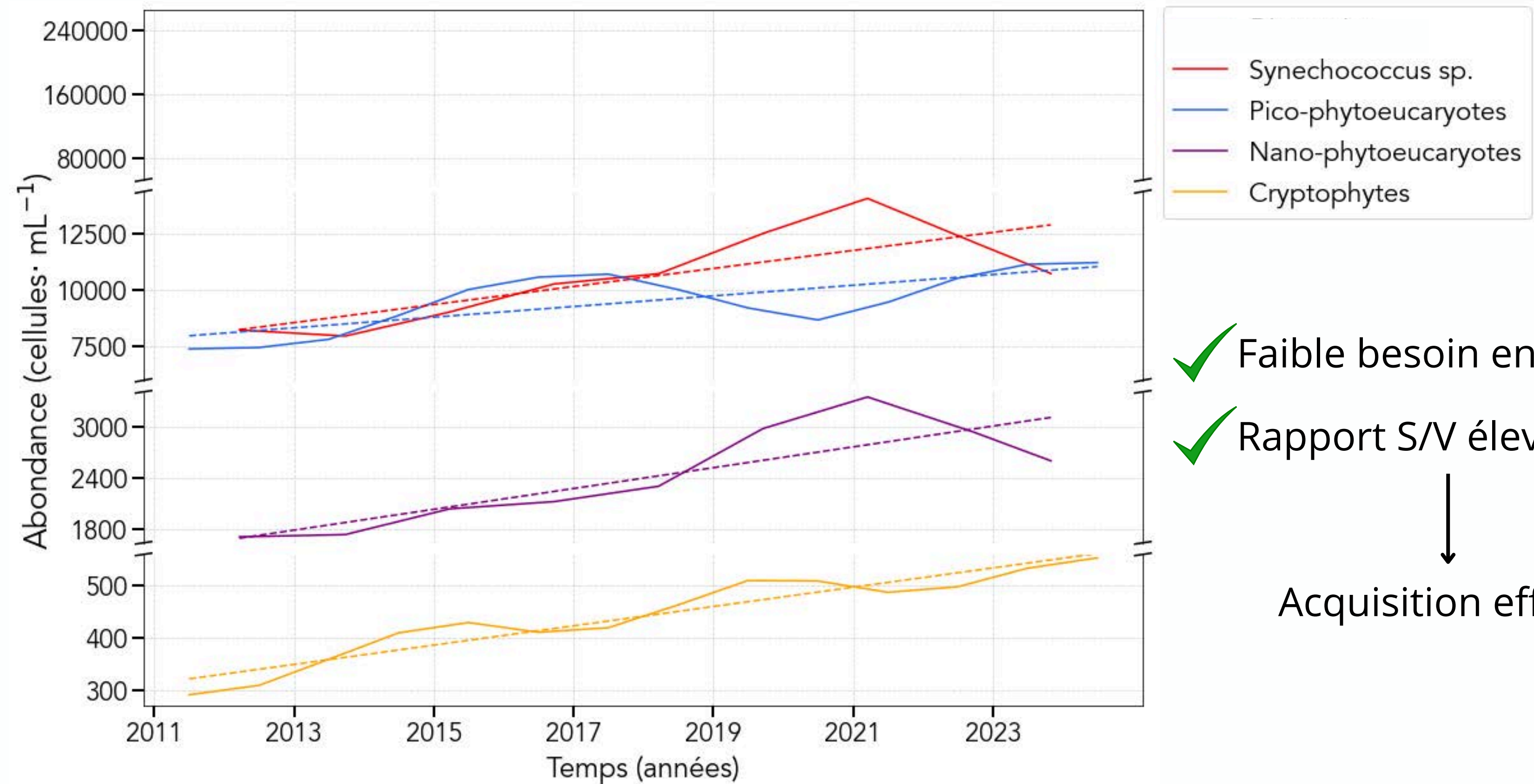


$0,065\text{ }^{\circ}\text{C.an}^{-1}$

Résultats : augmentation du petit phytoplancton



Discussion : augmentation du petit phytoplancton



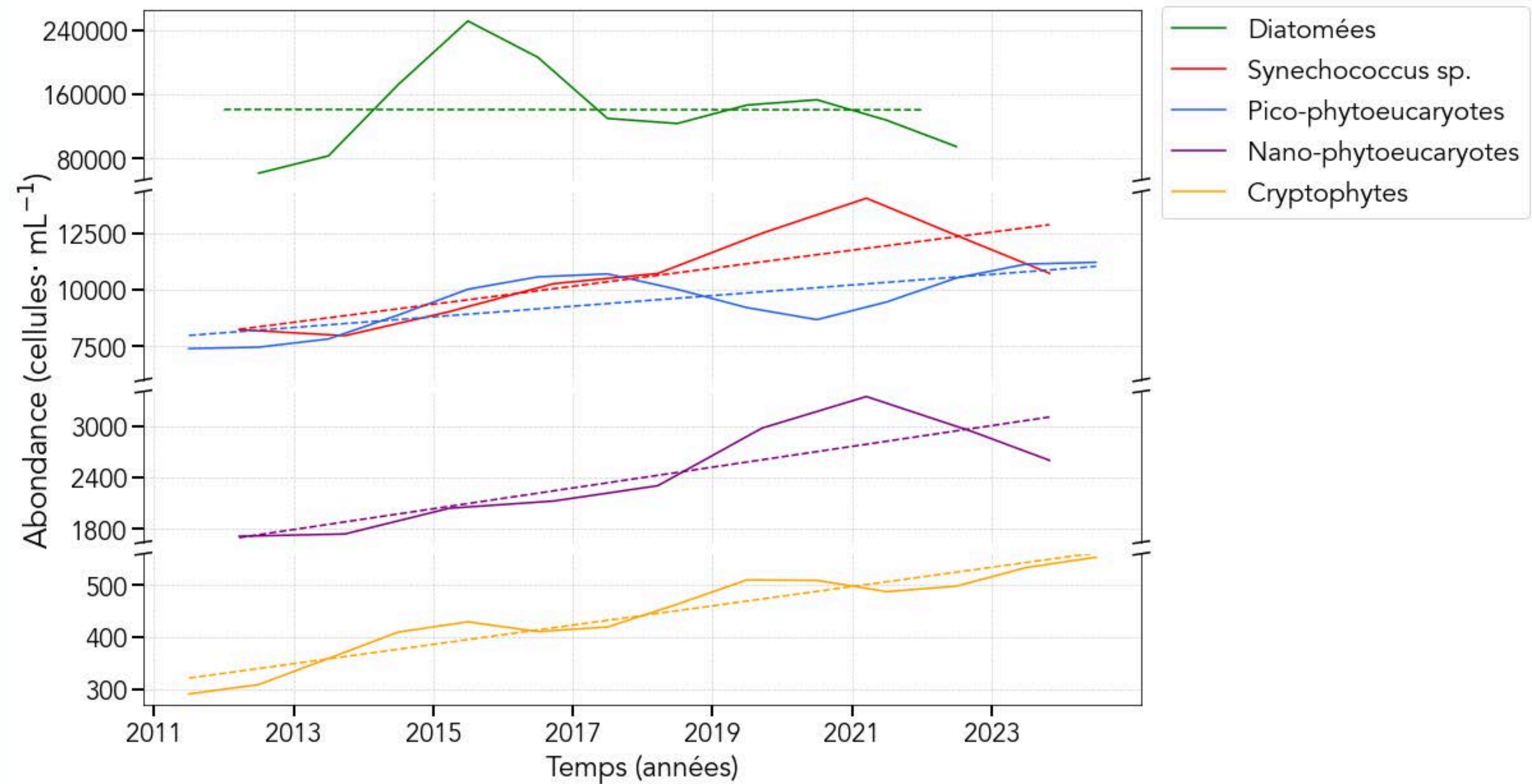
✓ Faible besoin en nutriments

✓ Rapport S/V élevé

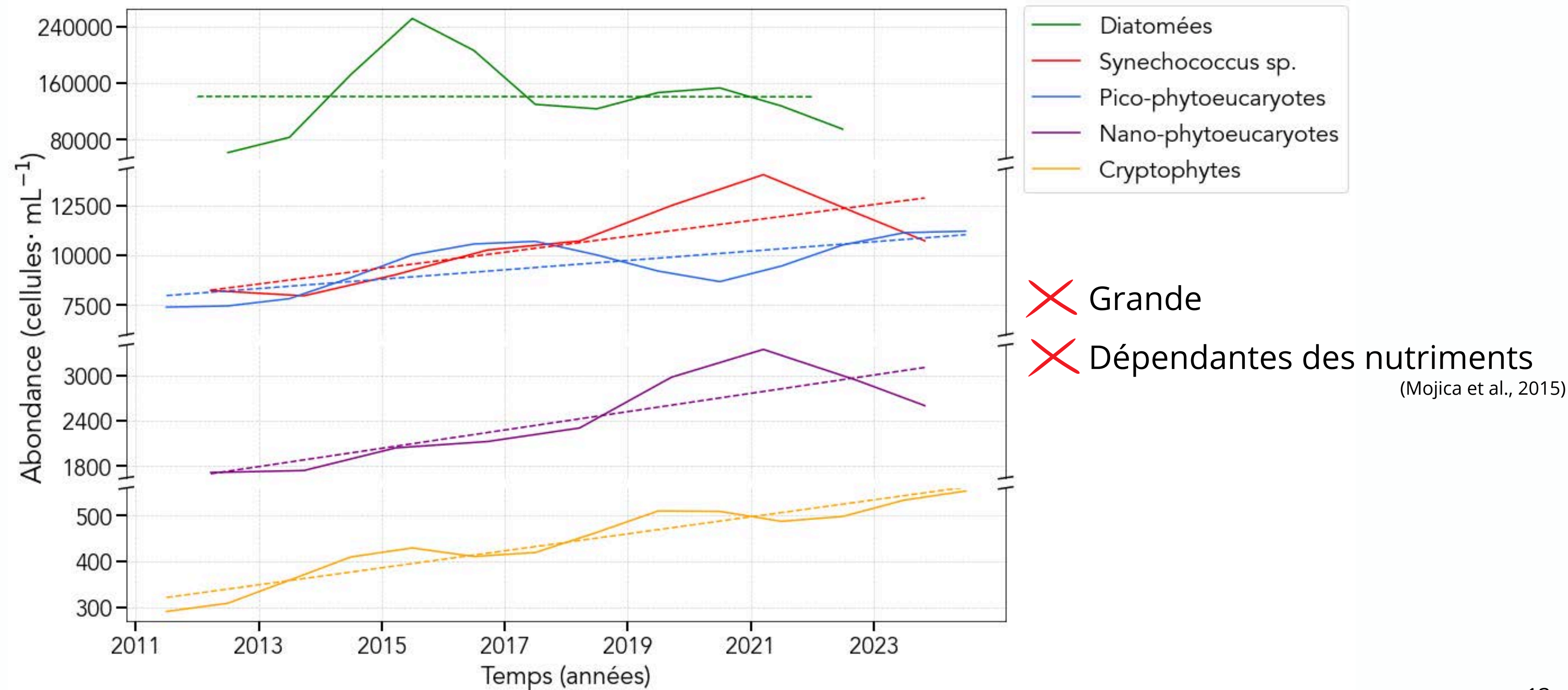
↓
Acquisition efficace

(Mojica et al., 2015)

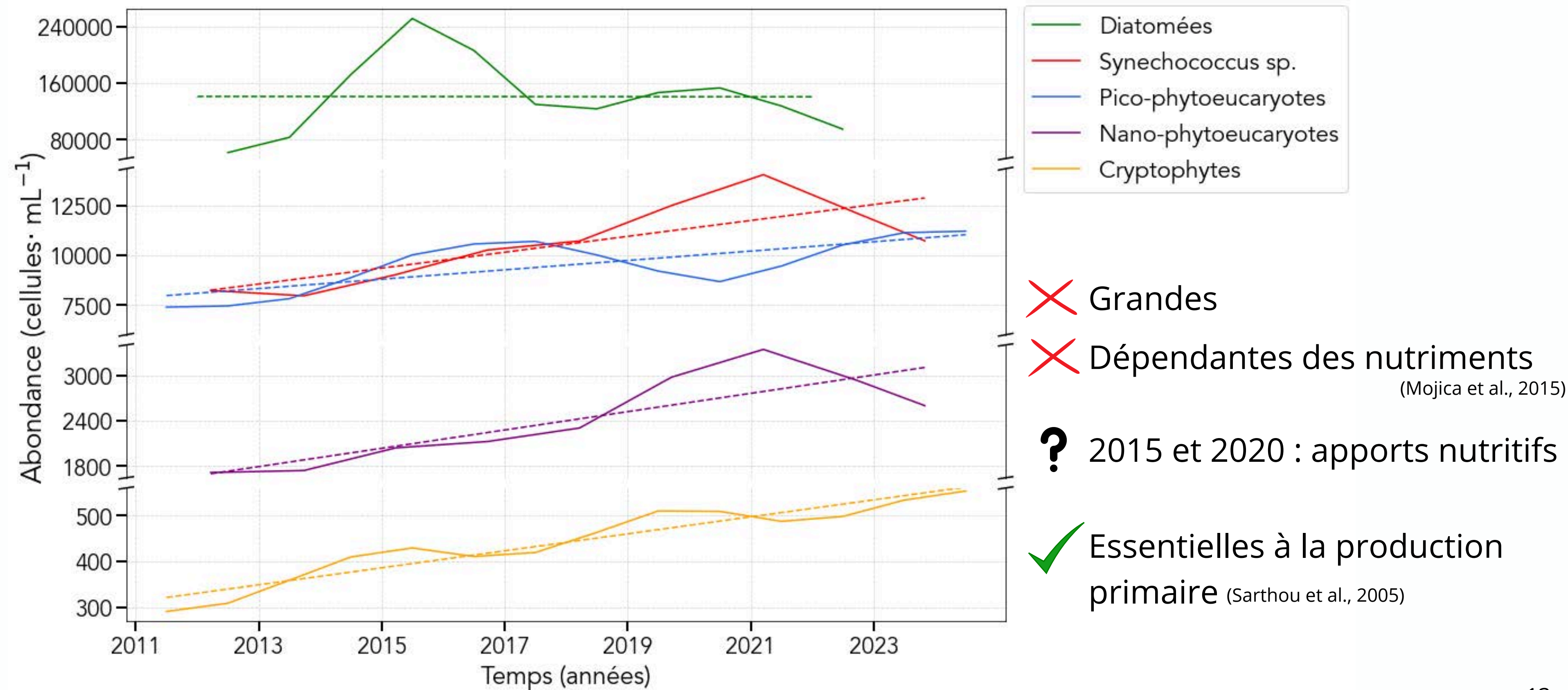
Résultats : stabilisation des diatomées



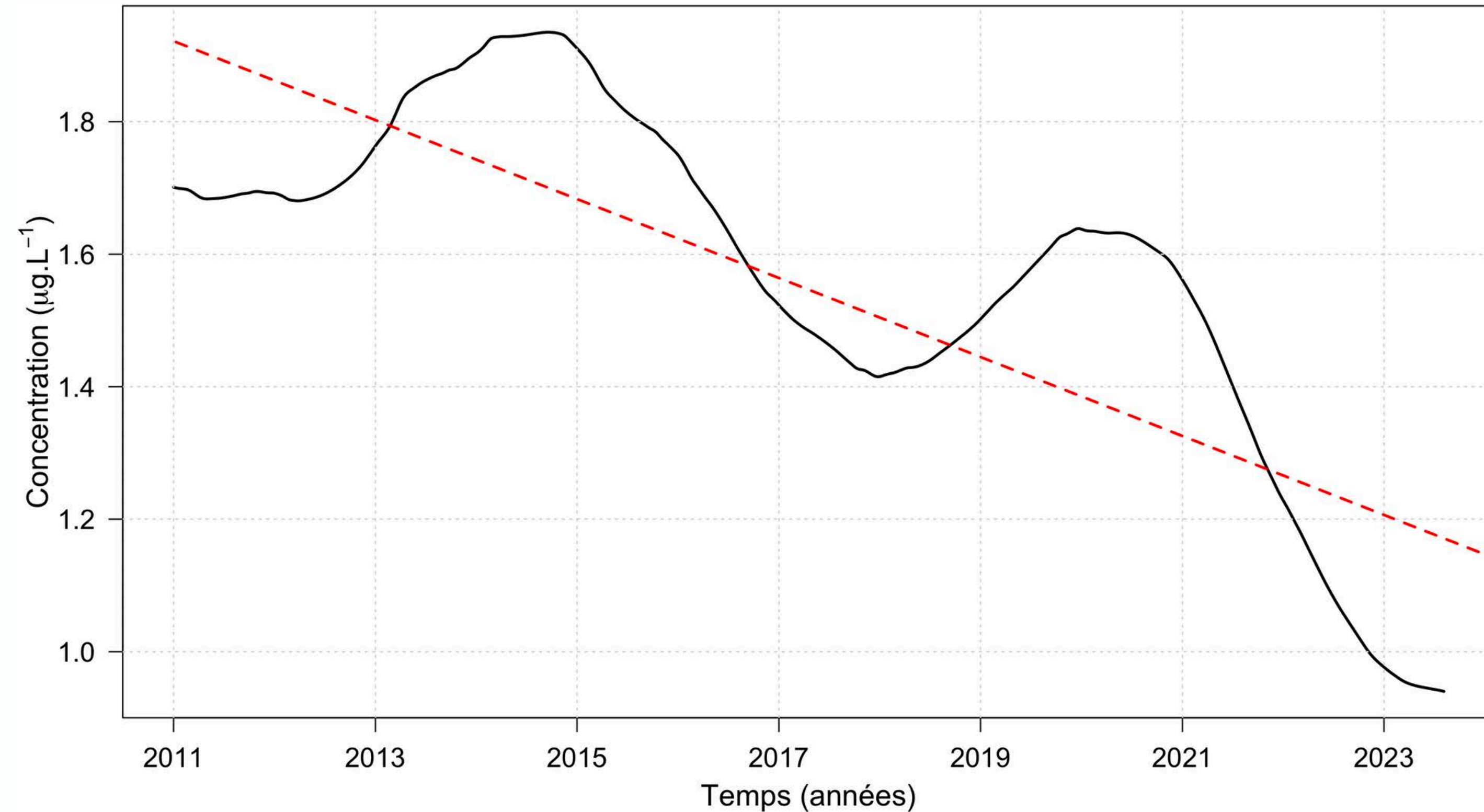
Discussion : stabilisation des diatomées



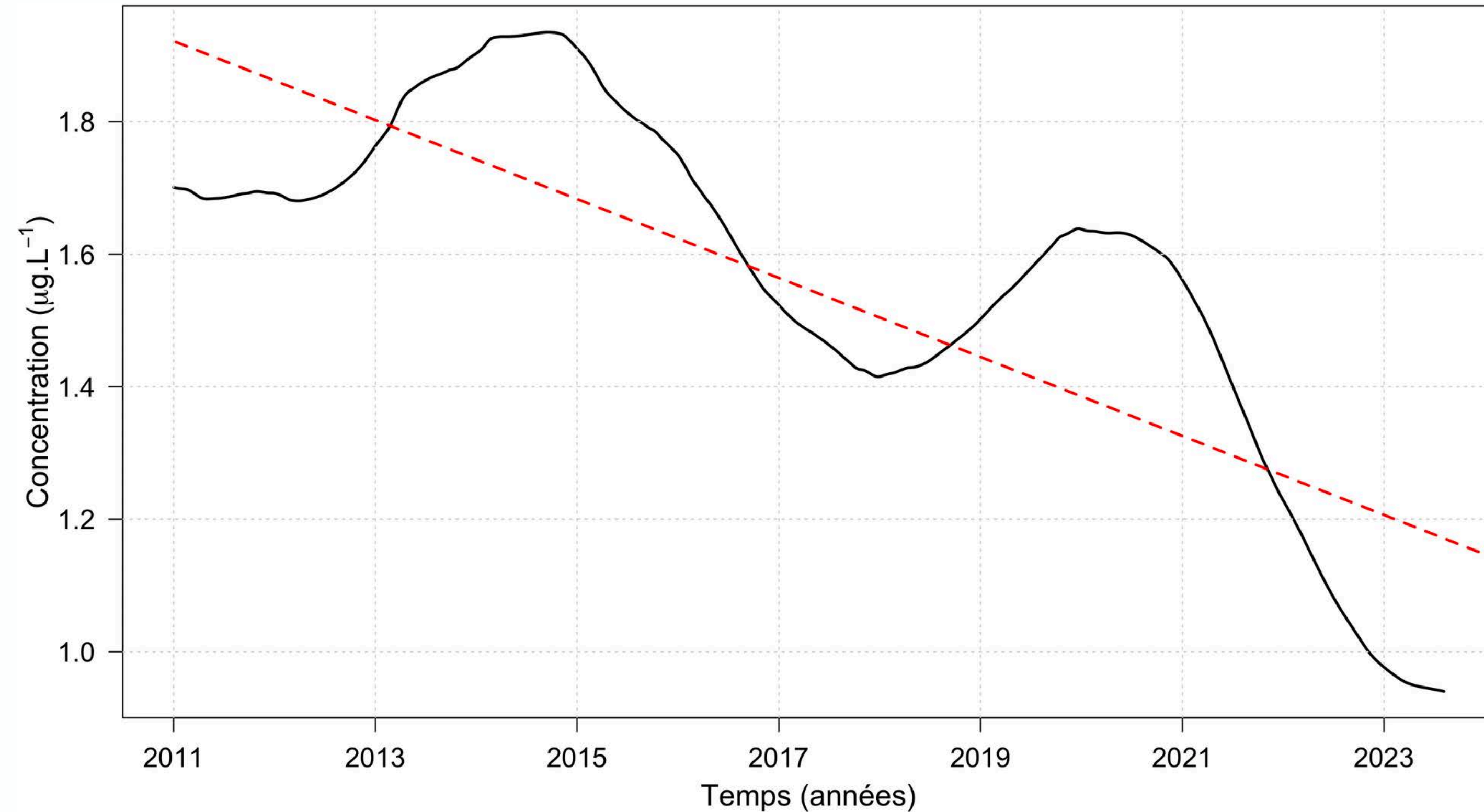
Discussion : stabilisation des diatomées



Résultats : diminution de la [chlorophylle-a]



Résultats : diminution de la [chlorophylle-a]



-0,77 µg.L⁻¹ en 13 ans

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

Augmentation du rapport C/Chlorophylle-a

Diminution de la pigmentation

(Finenko et al., 2003)

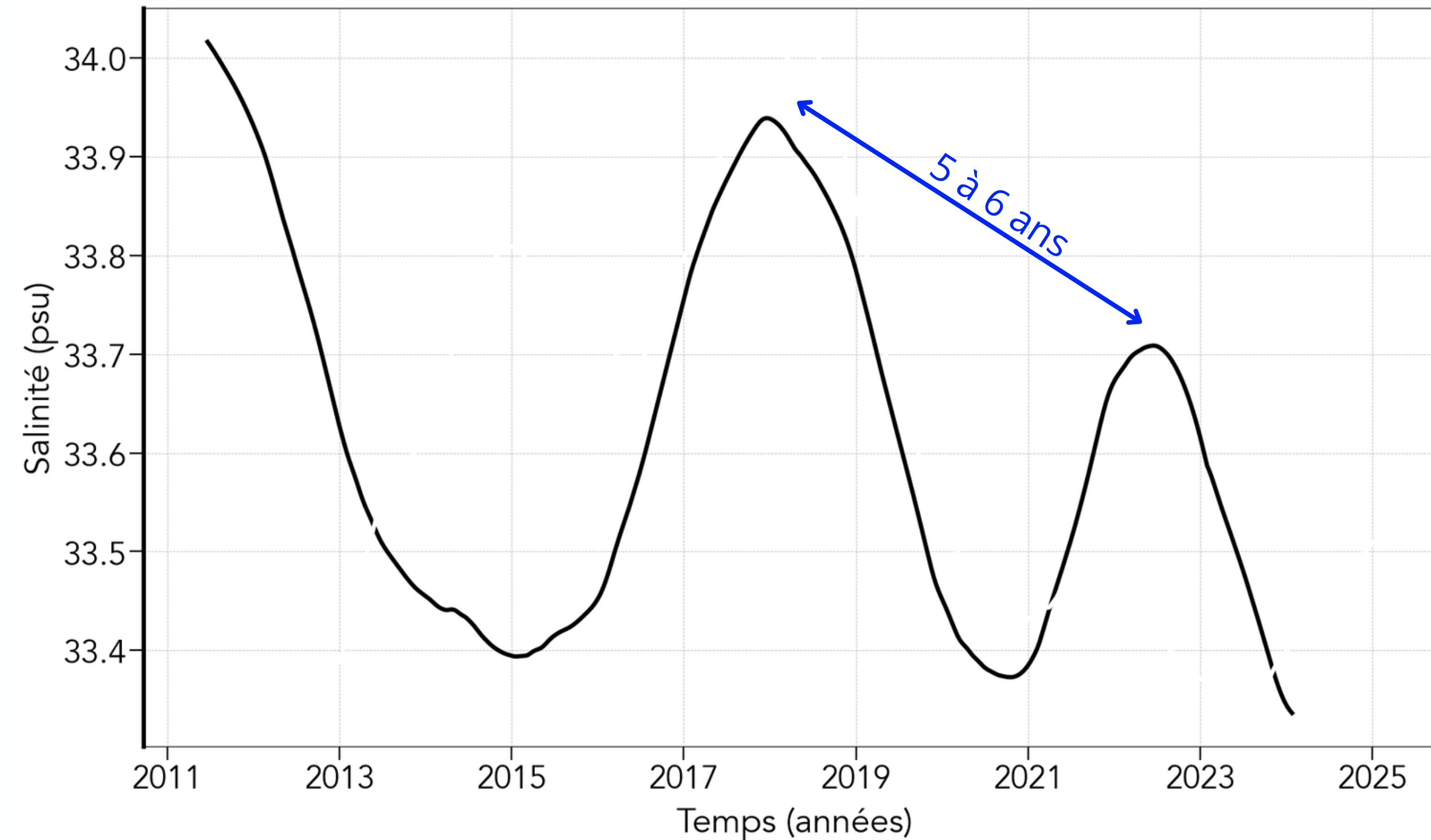
-0,77 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en 13 ans

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

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

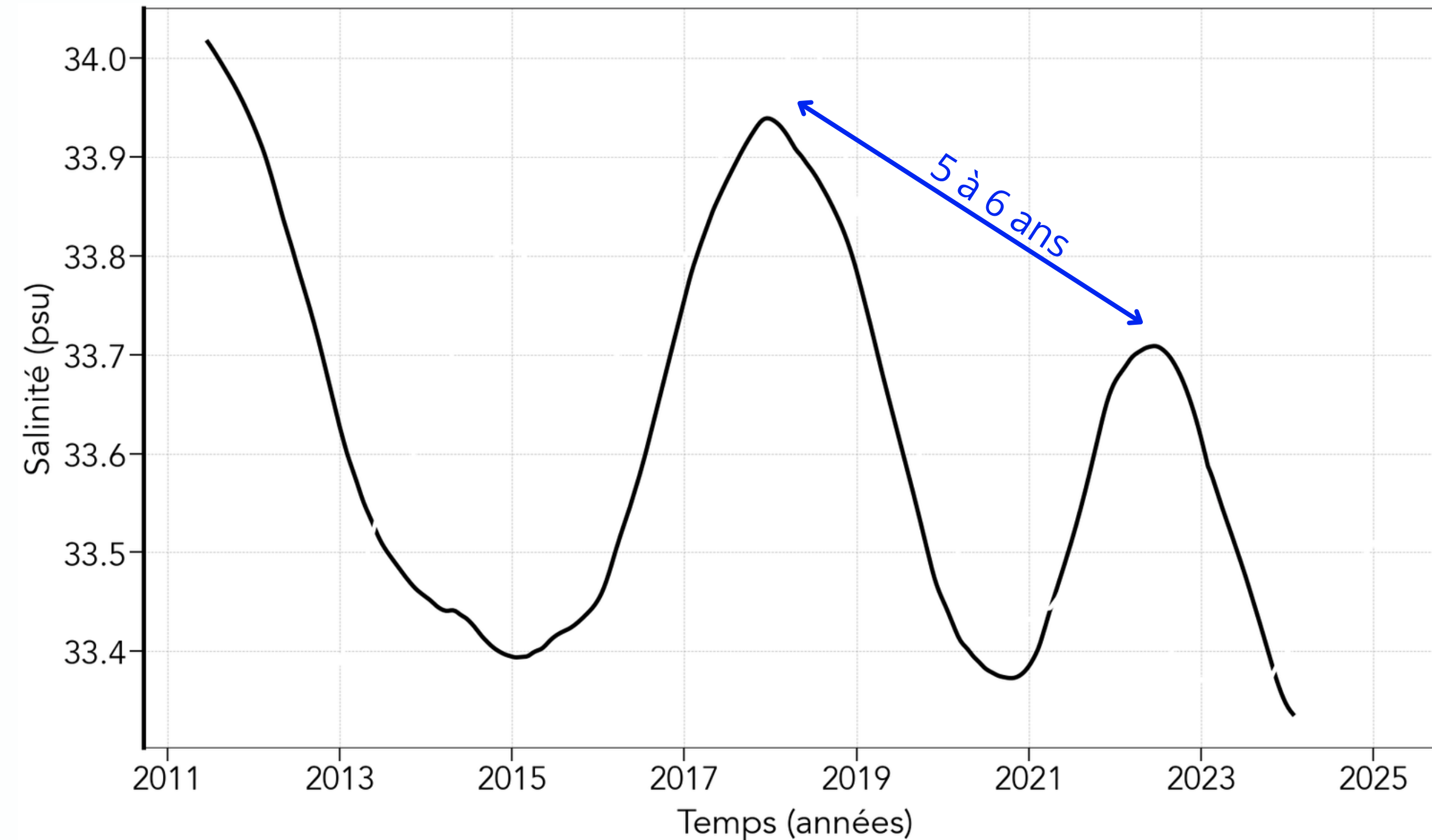
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- 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

(Hurrell, 1995 ; Thompson & Wallace, 1998)

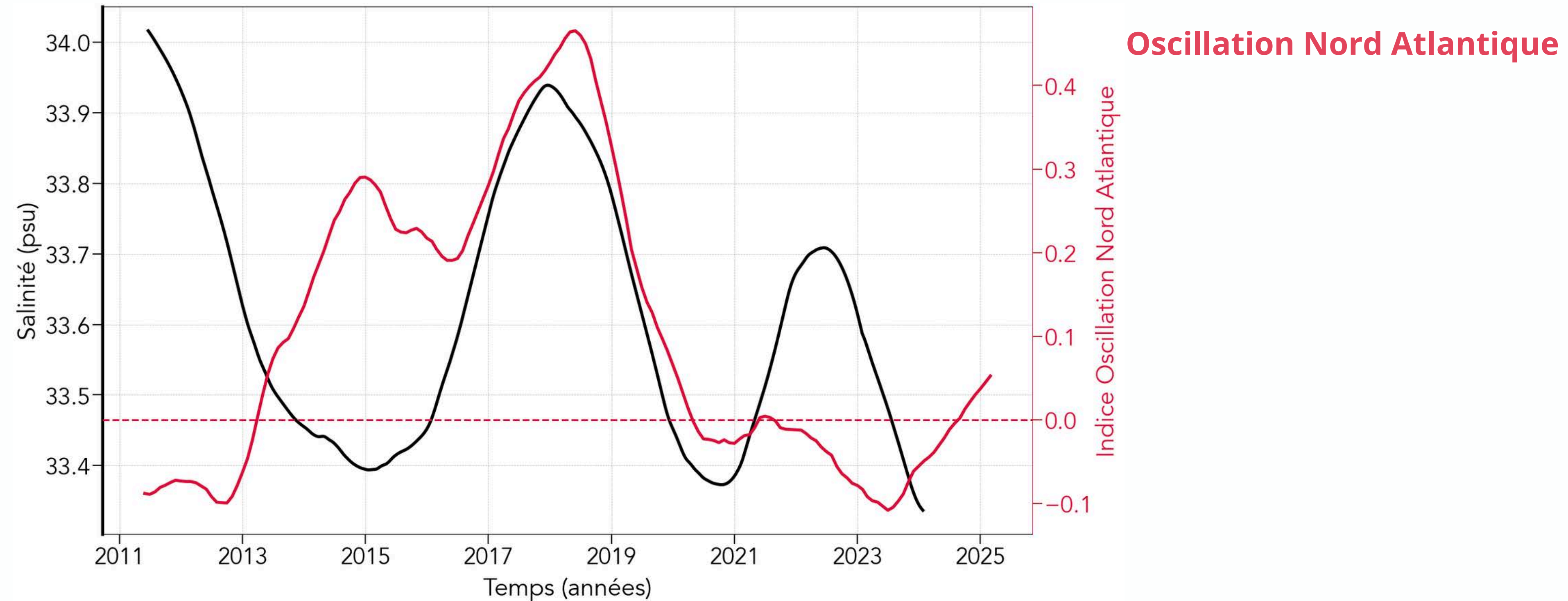
El Niño – Oscillation australe

Réchauffement des eaux dans
le Pacifique

(Battisti & Sarachik, 1995)

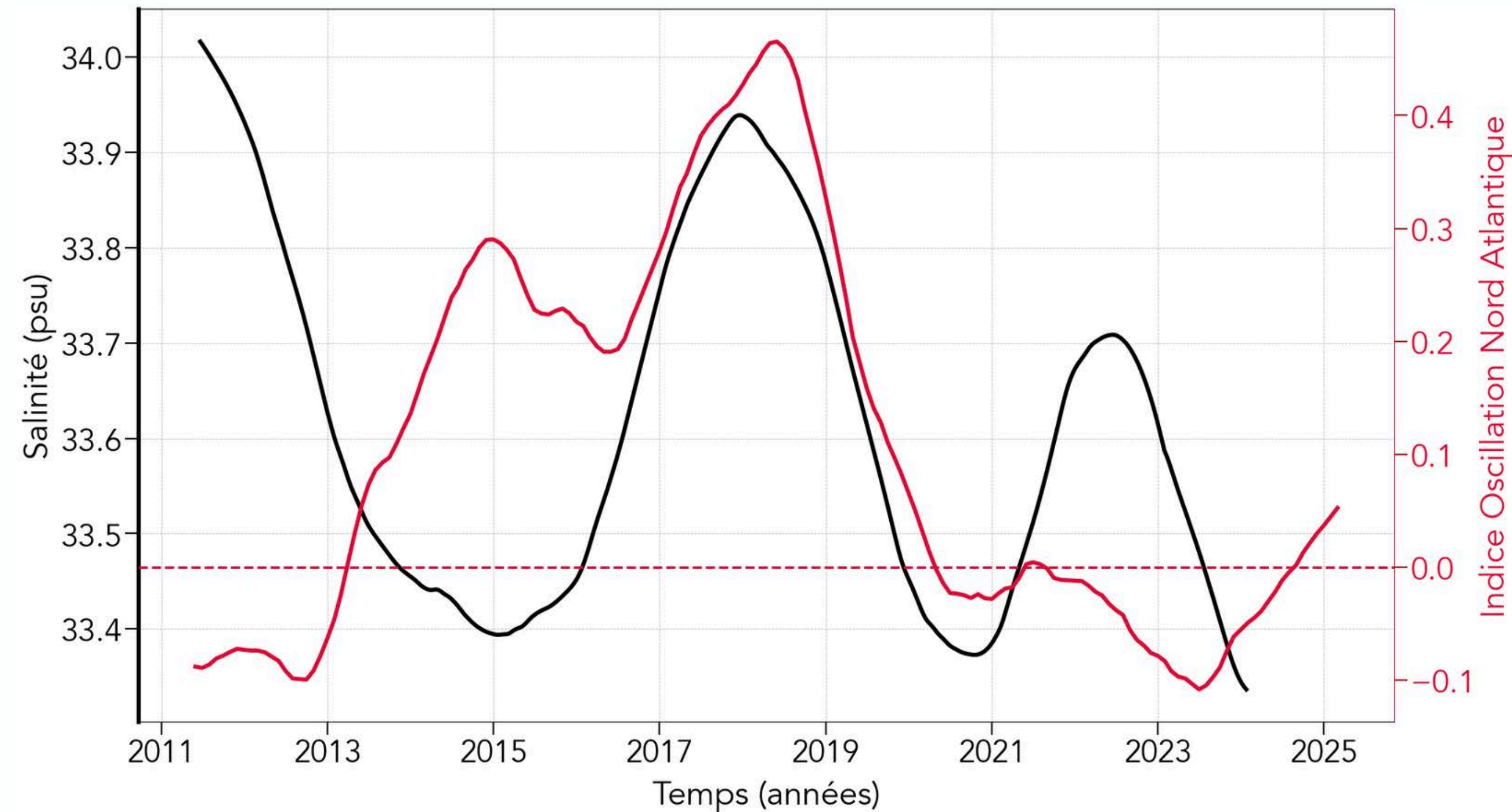
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages globaux

- 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**

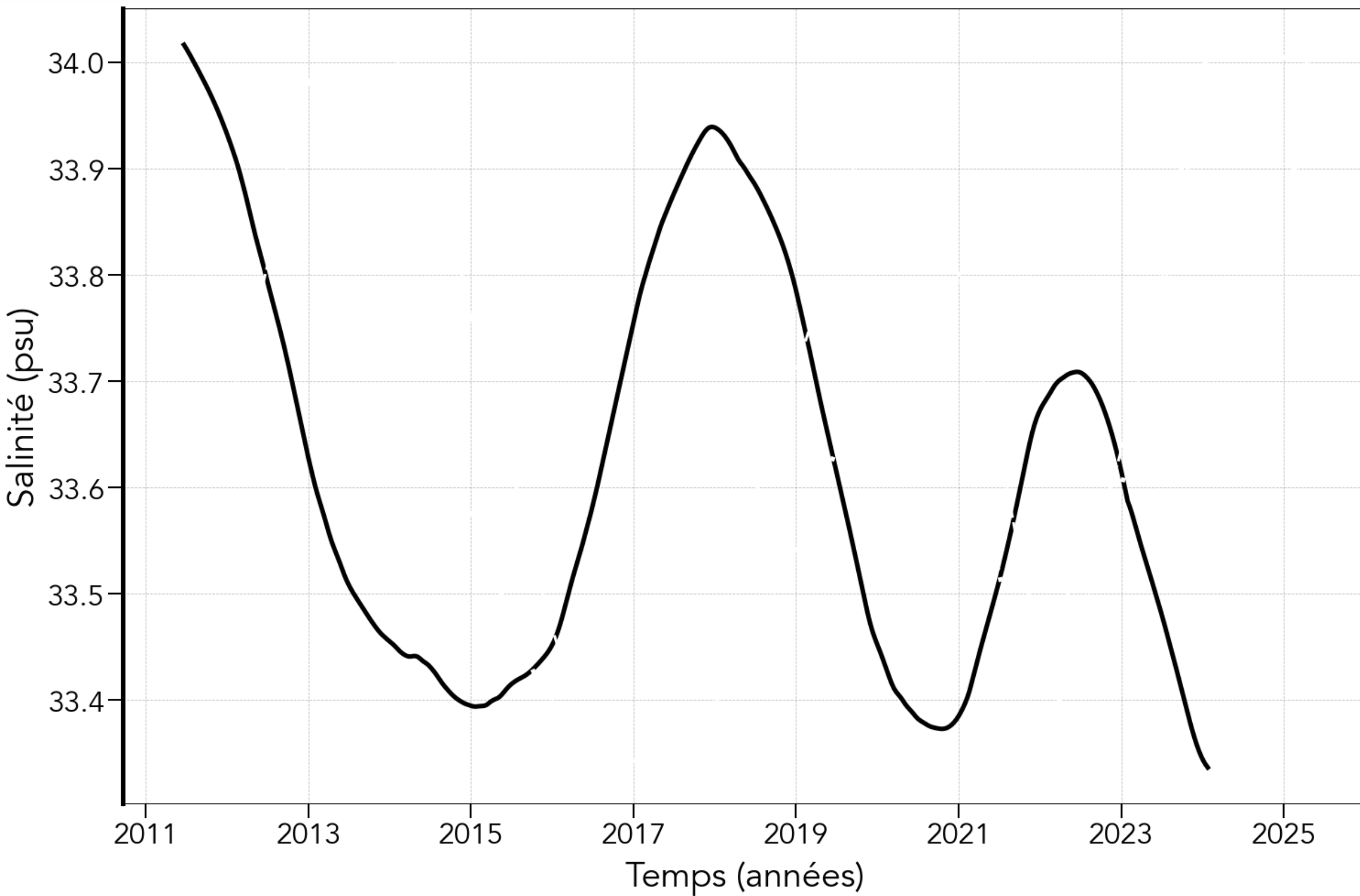


Oscillation Nord Atlantique

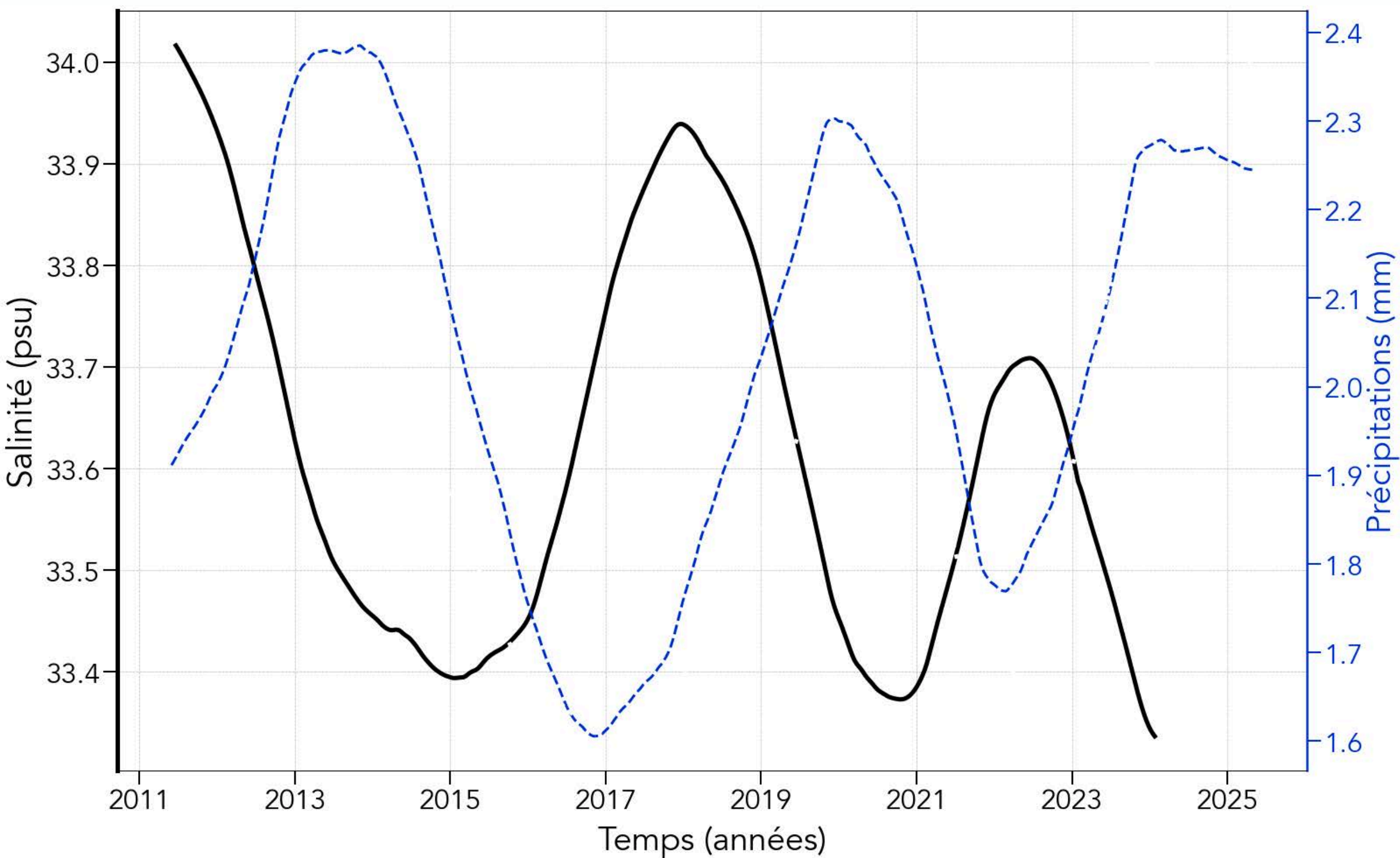
- Aucune relation évidente
- Aucune corrélation
- \neq Reverdin et al., 2007

De même pour les autres indices....

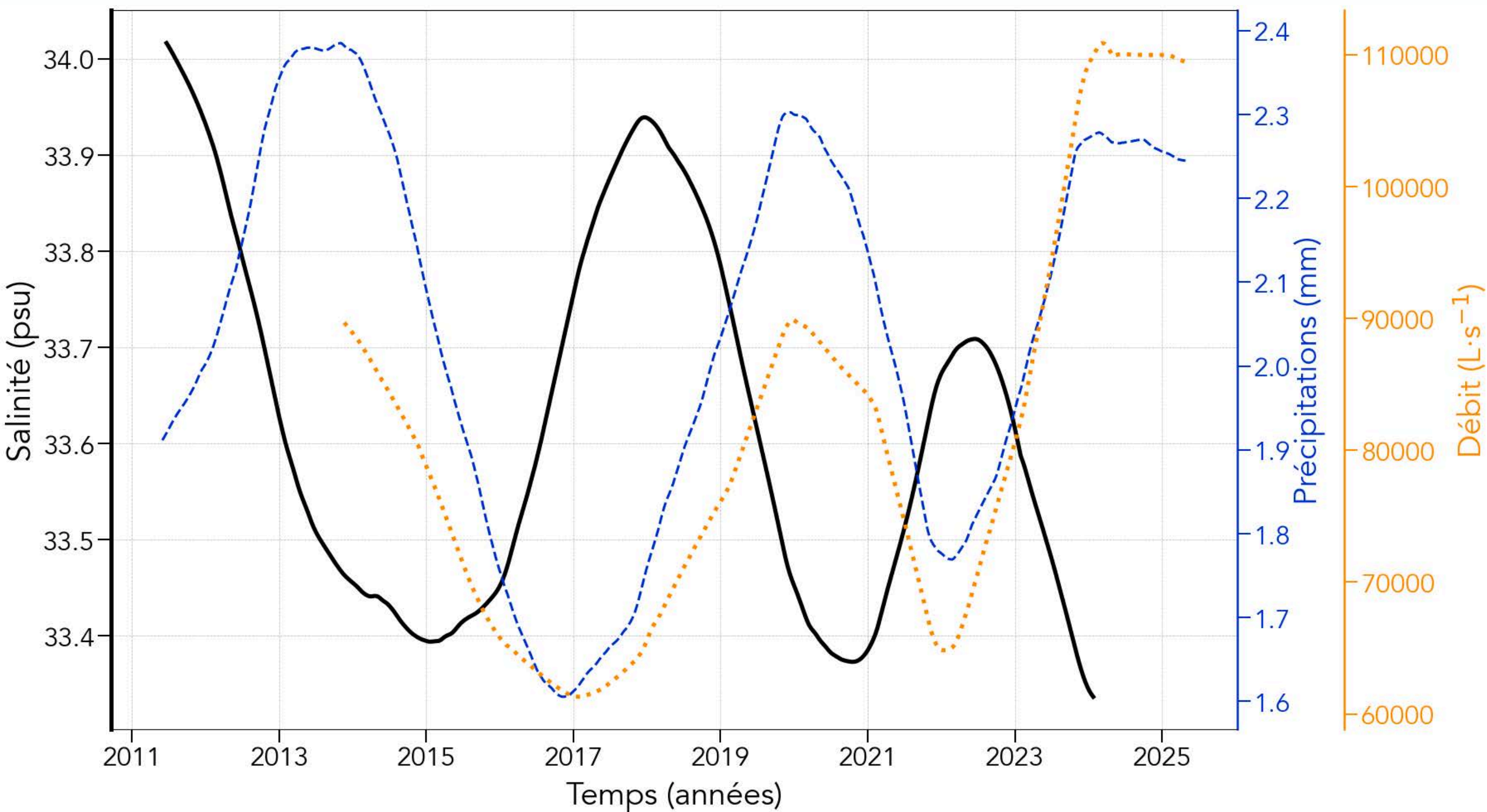
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



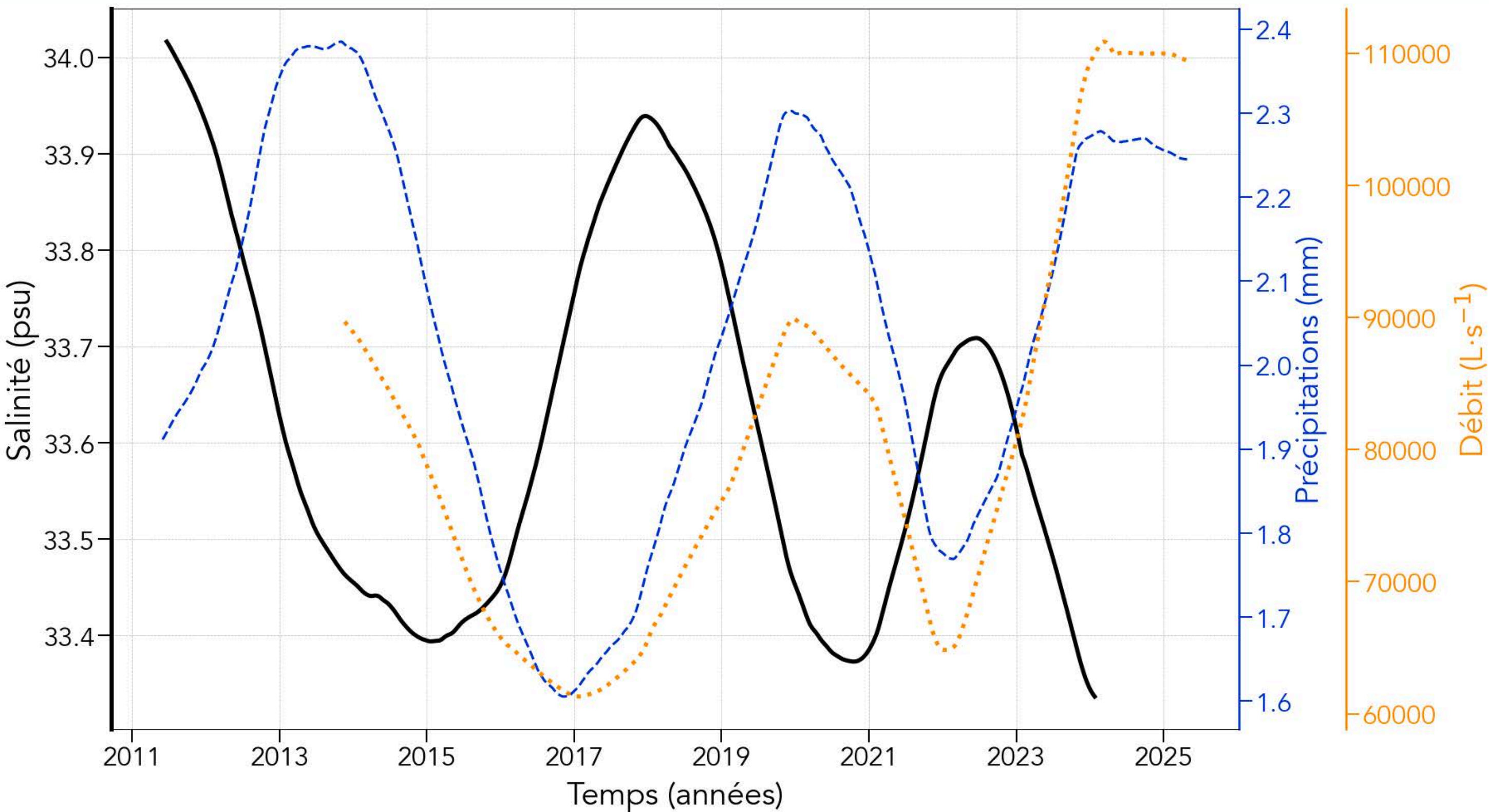
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



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



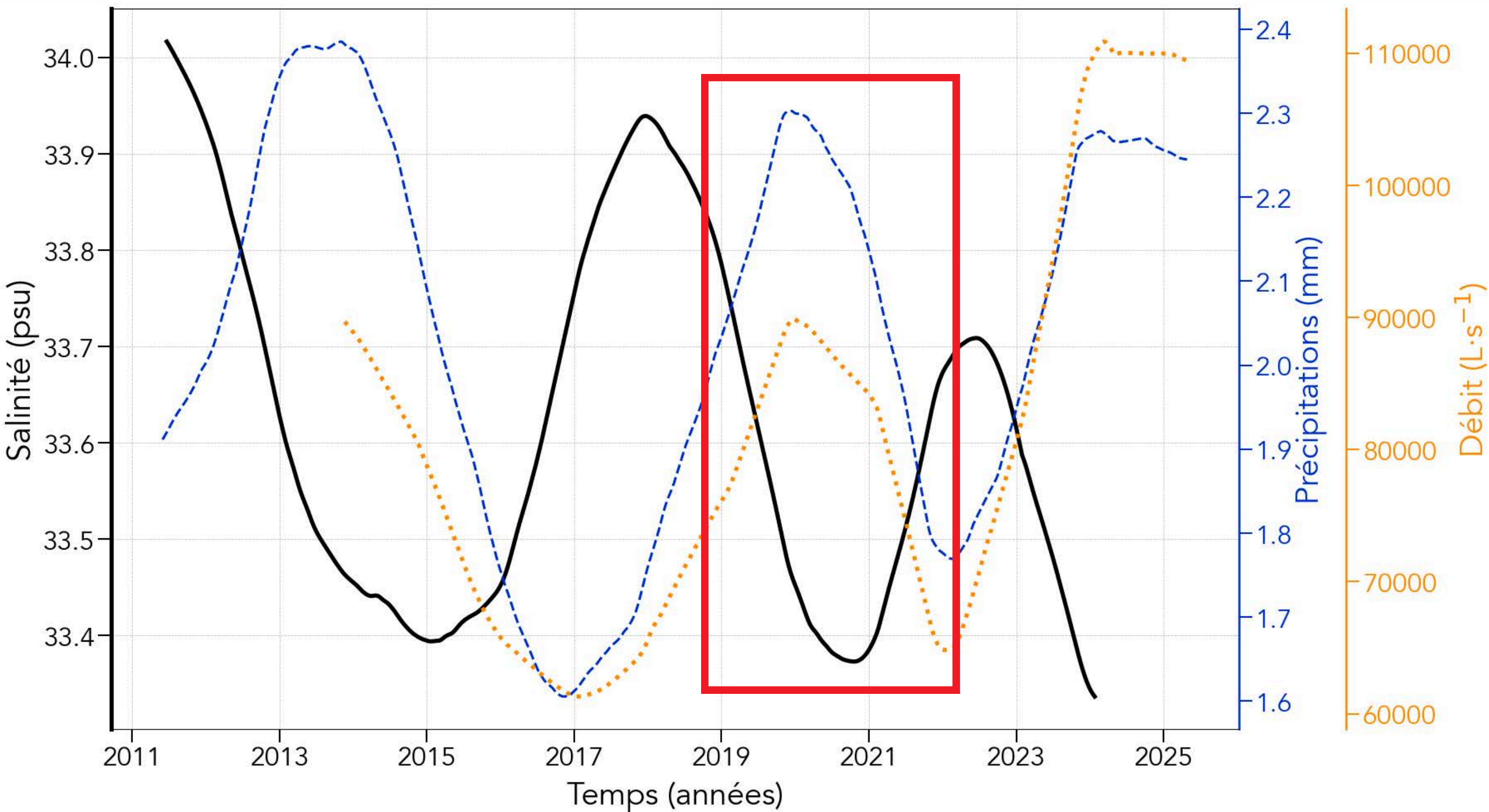
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



Précipitations et débit :
corrélés

Corrélation négative
avec la salinité

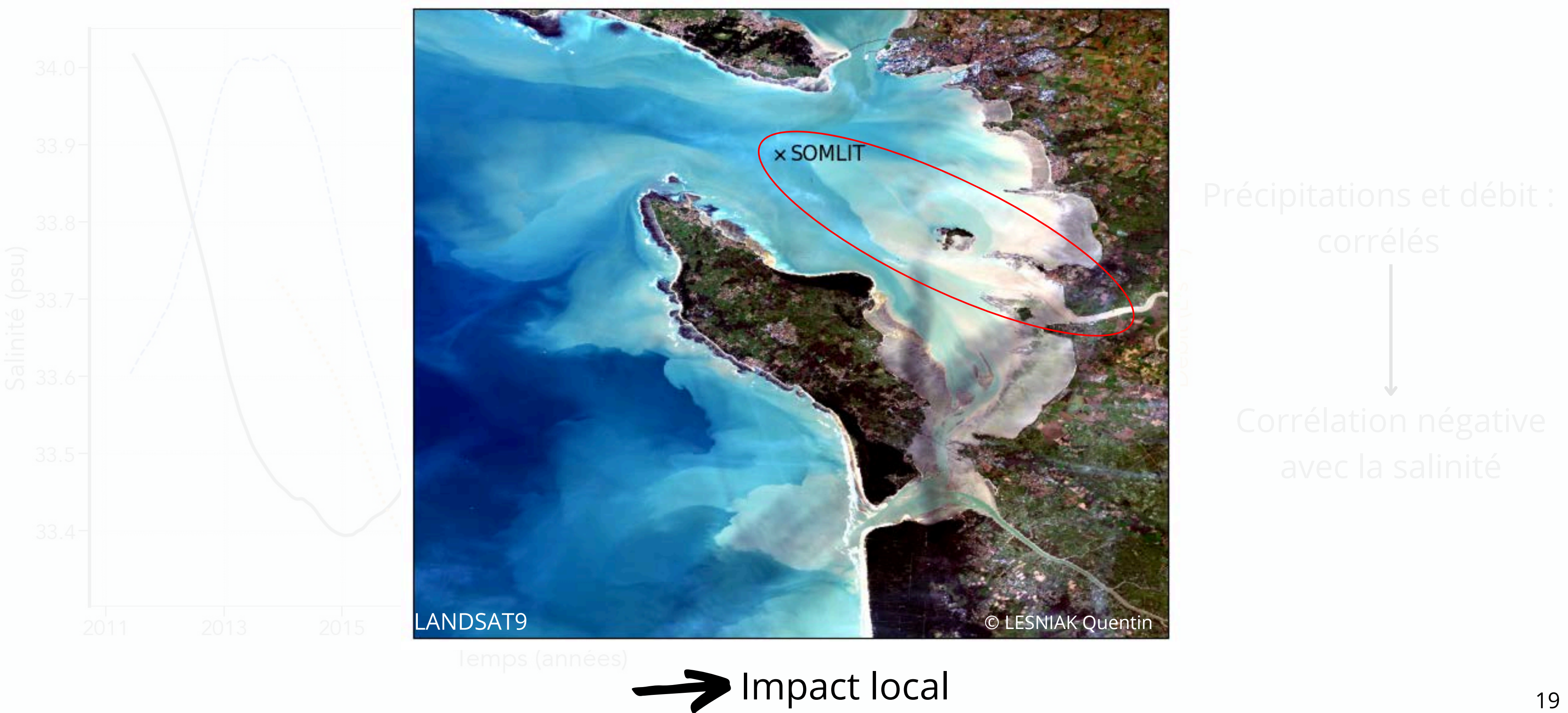
Résultats : signal cyclique de 4 à 6 ans et les forçages locaux



Précipitations et débit :
corrélés

↓
Corrélation négative
avec la salinité

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



Conclusion : une vision d'ensemble

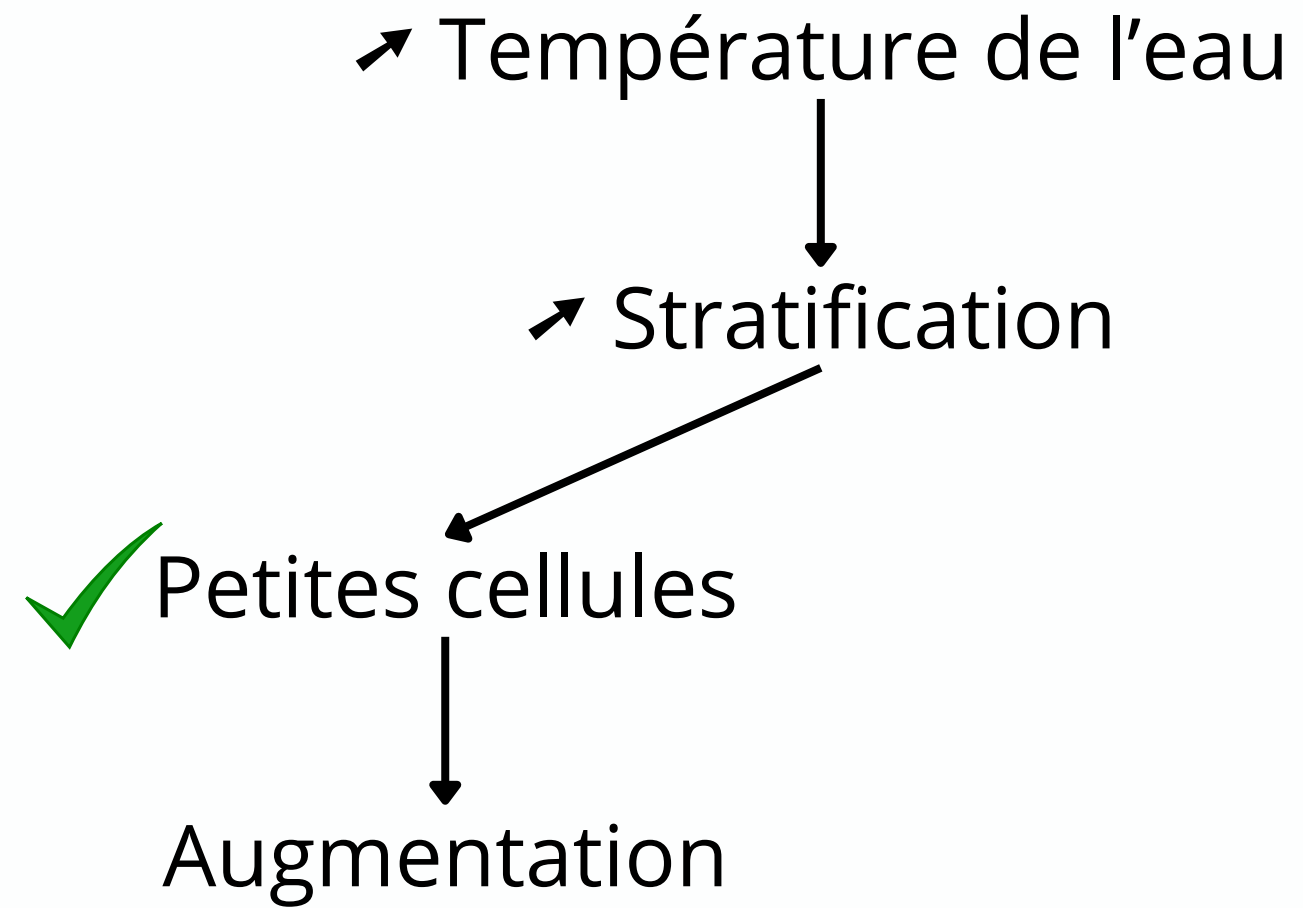
Conclusion : une vision d'ensemble

↗ Température de l'eau

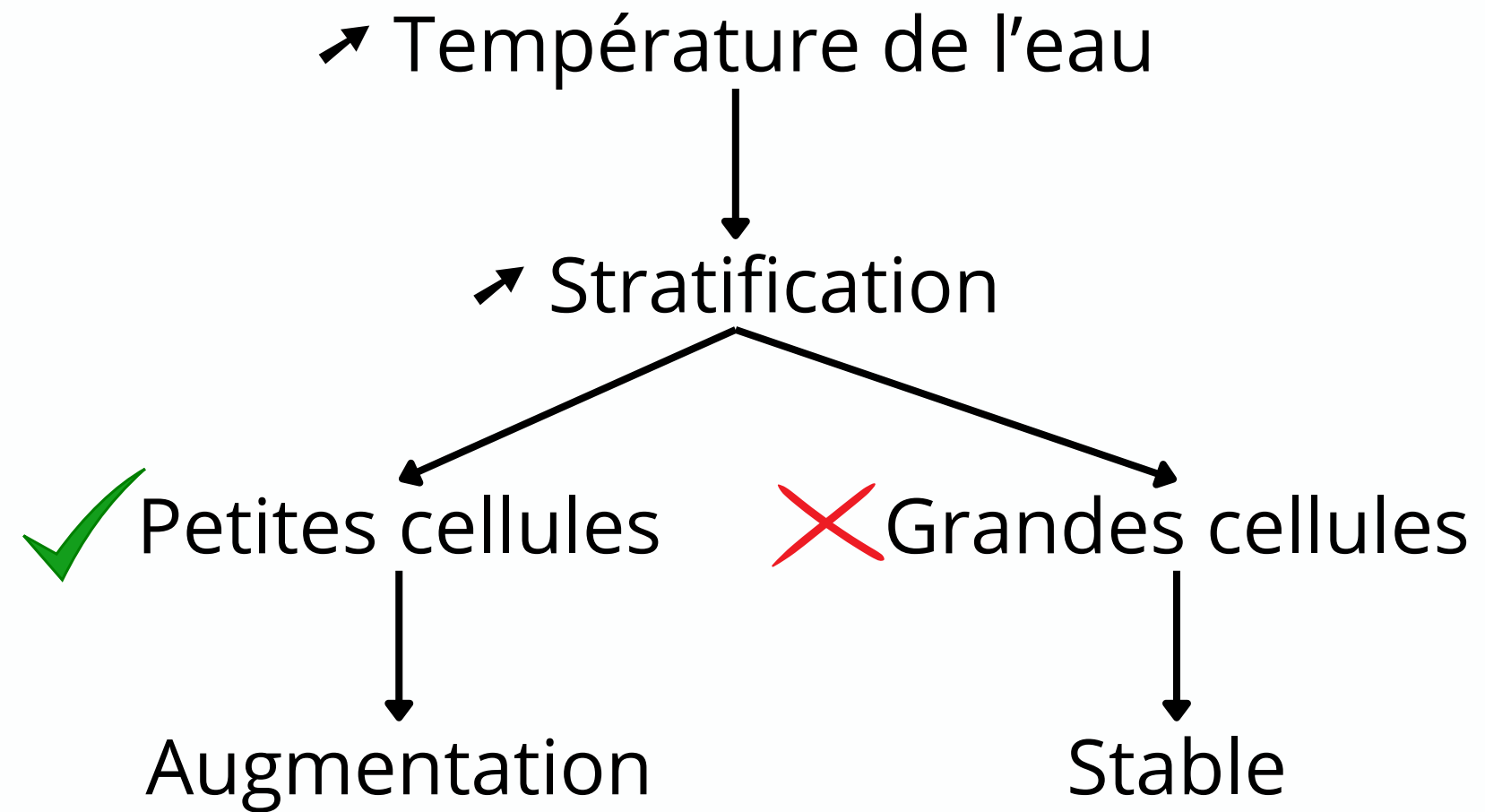


↗ Stratification

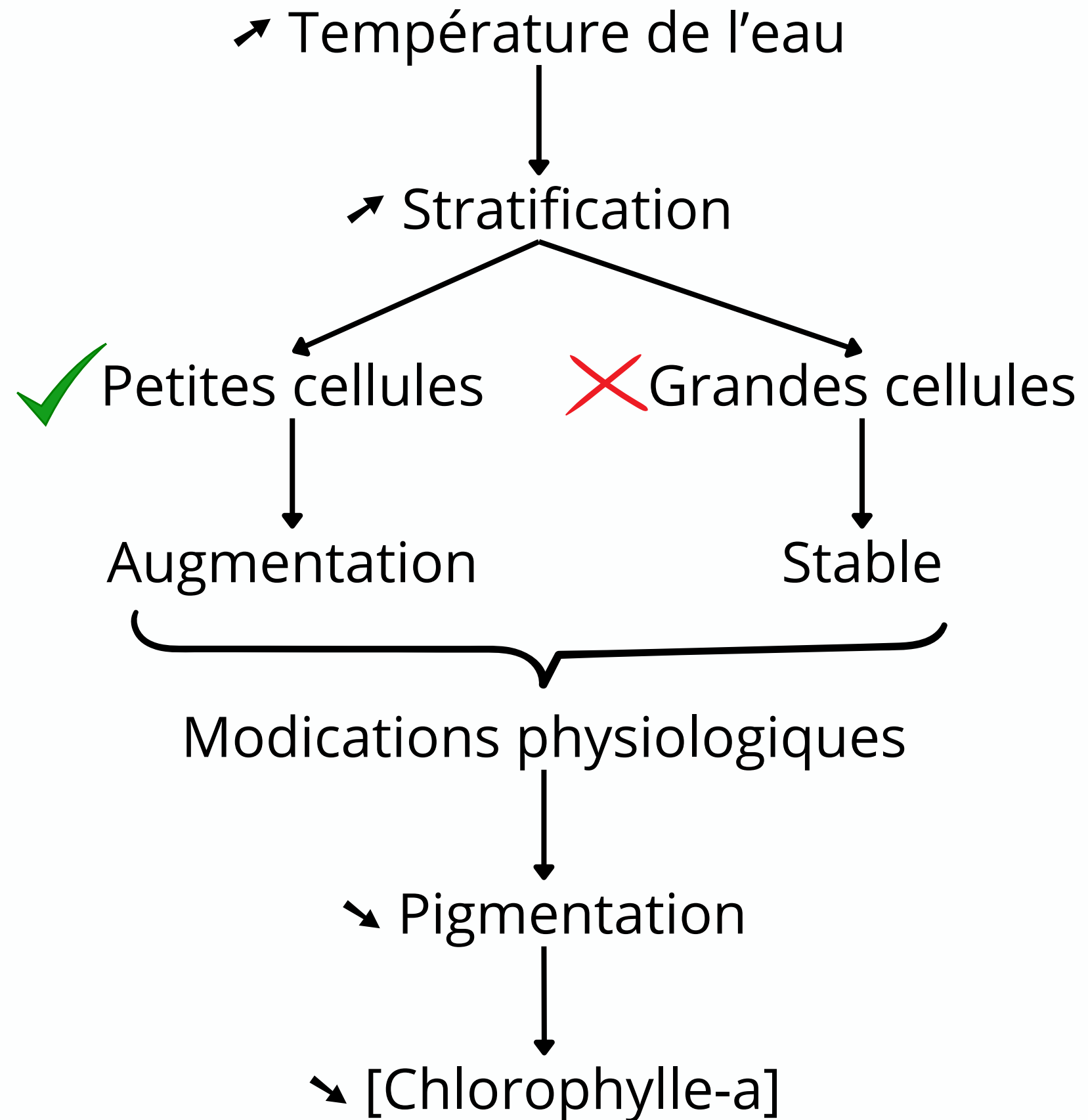
Conclusion : une vision d'ensemble



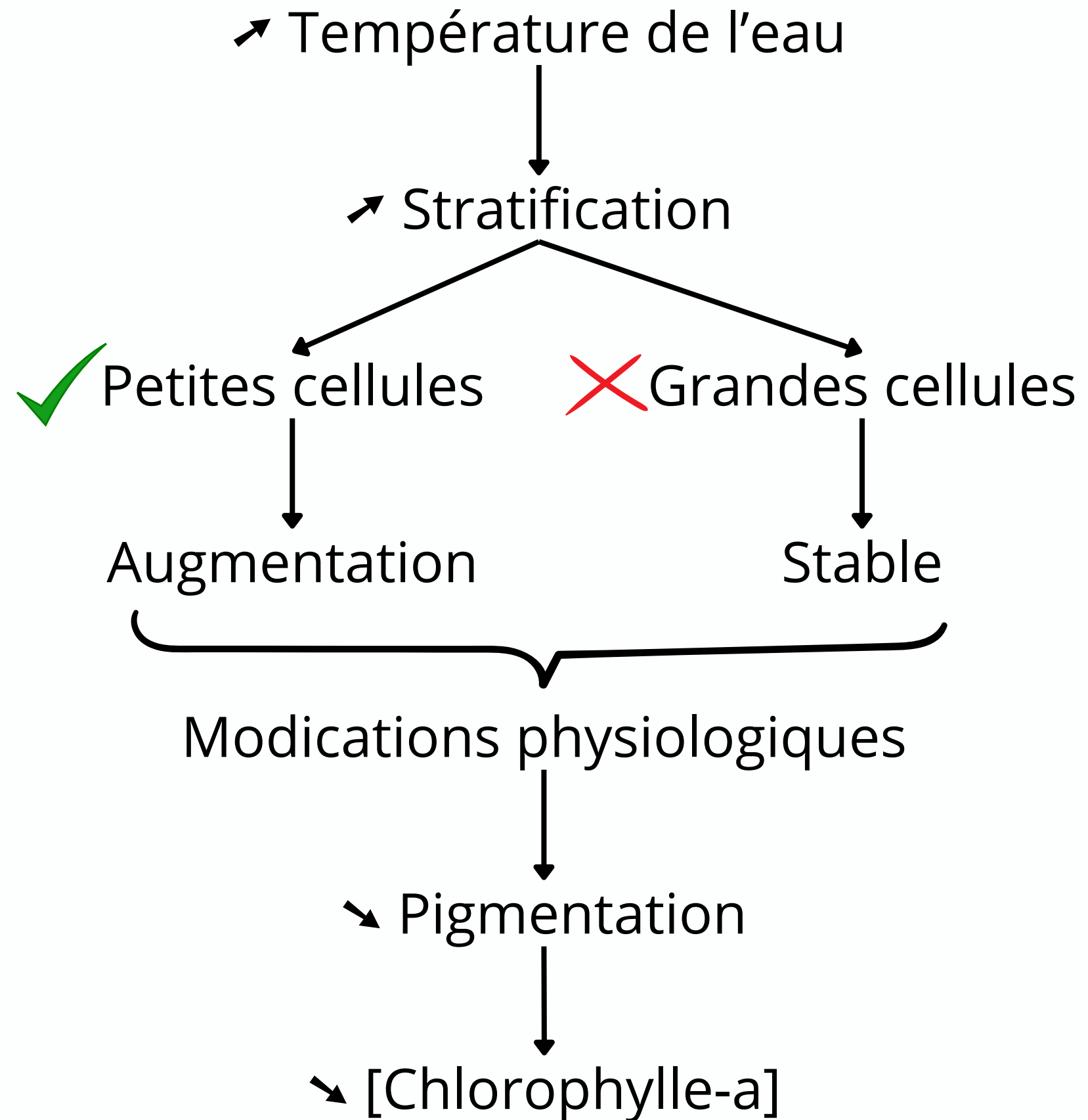
Conclusion : une vision d'ensemble



Conclusion : une vision d'ensemble

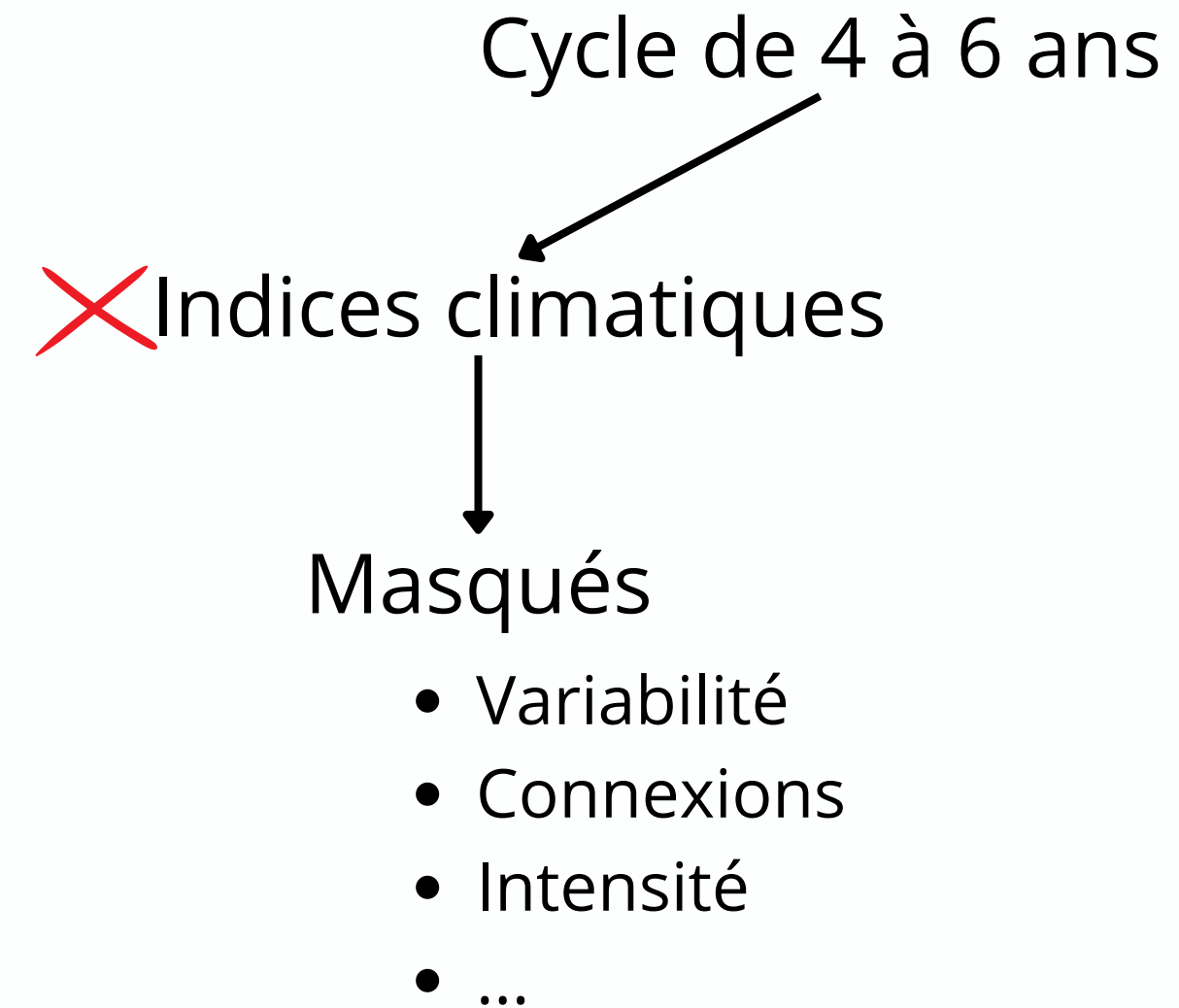
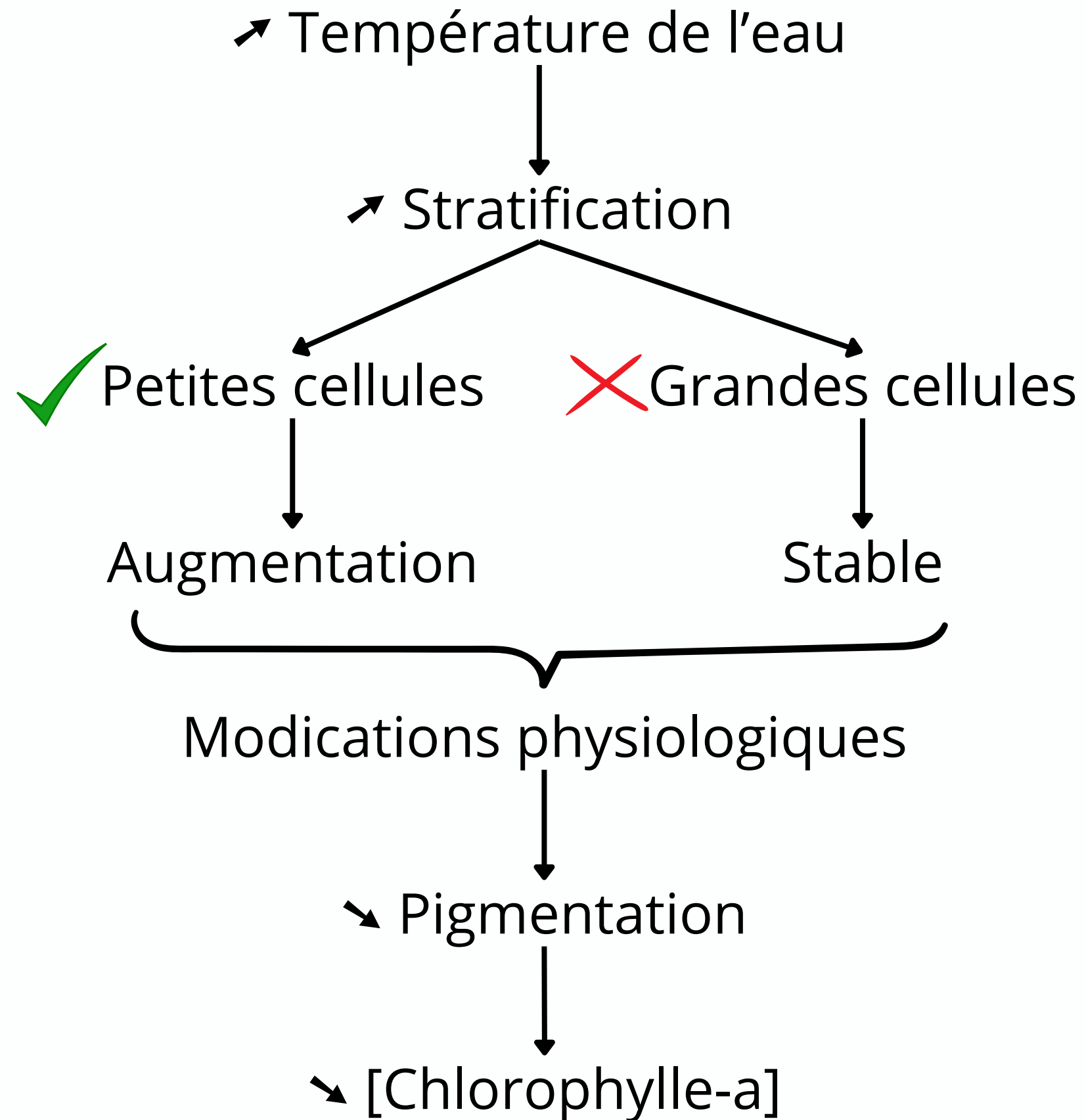


Conclusion : une vision d'ensemble

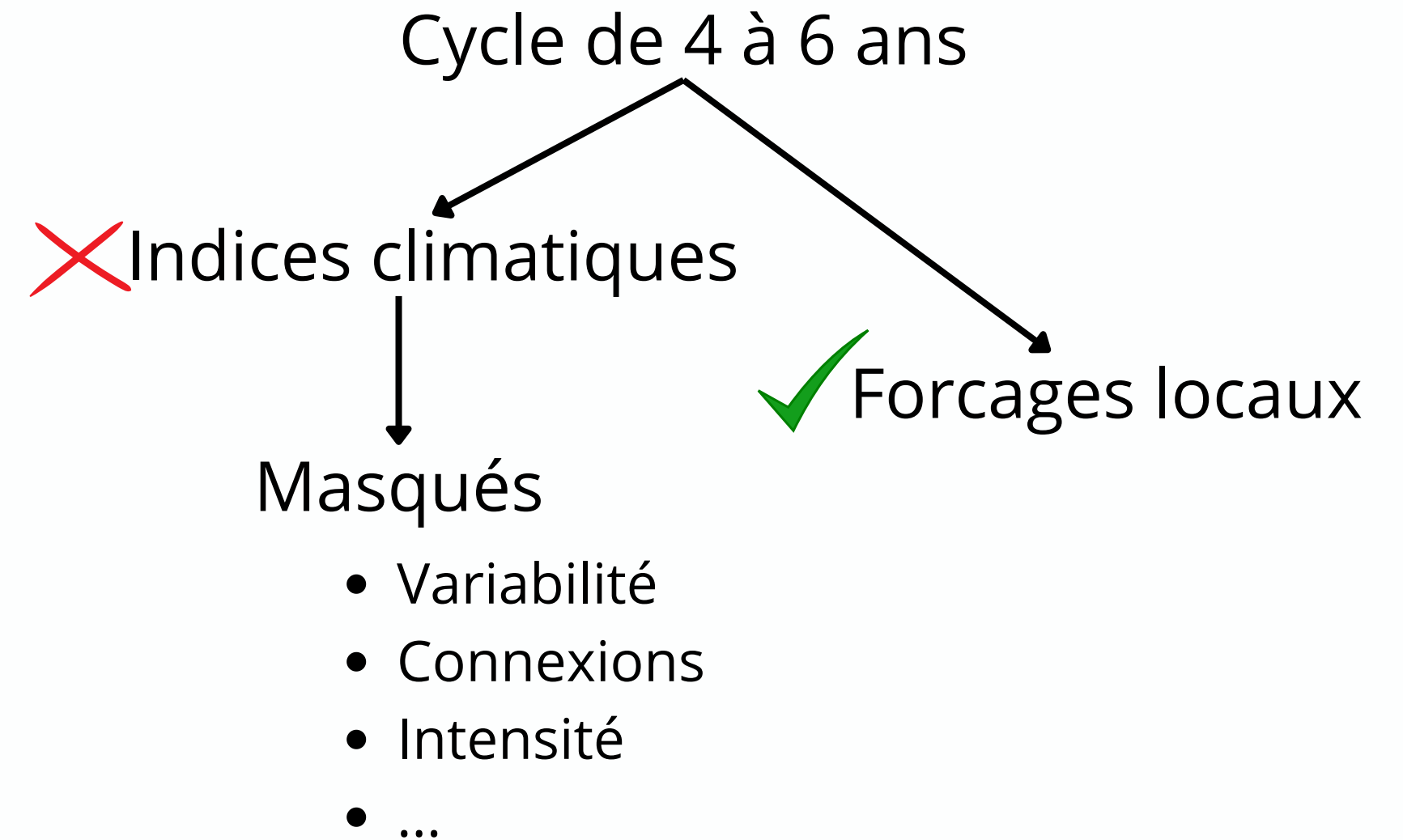
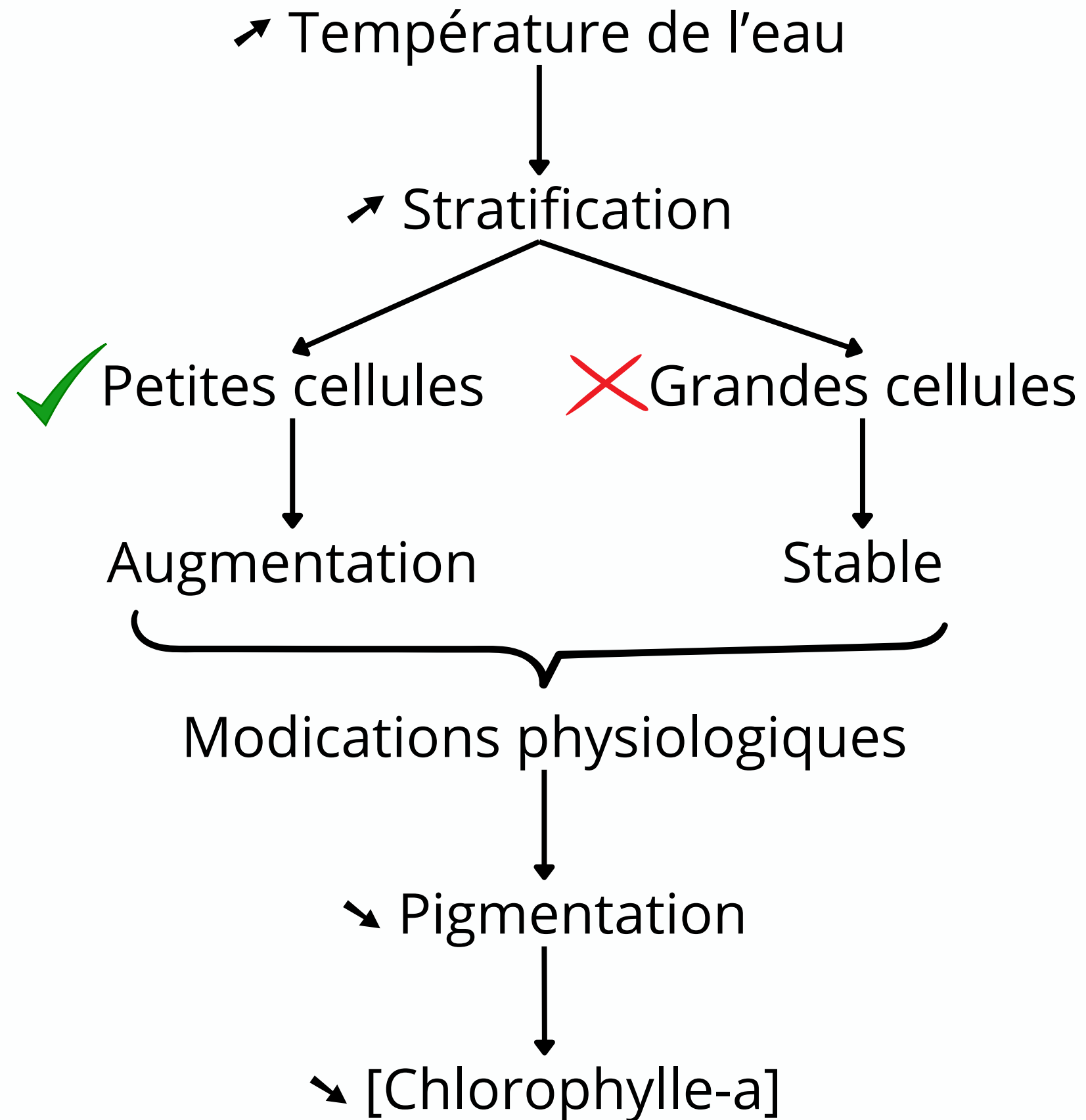


Cycle de 4 à 6 ans

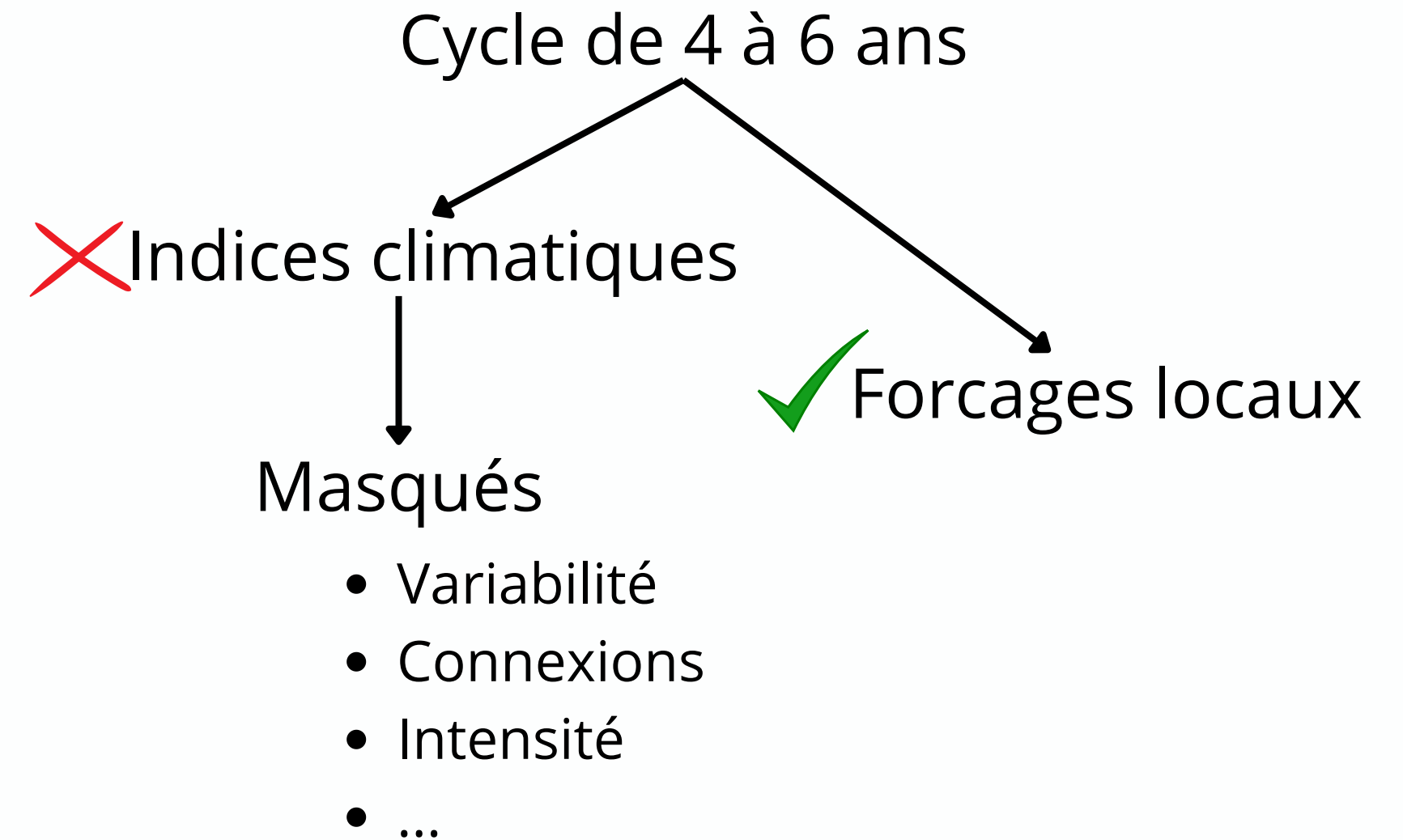
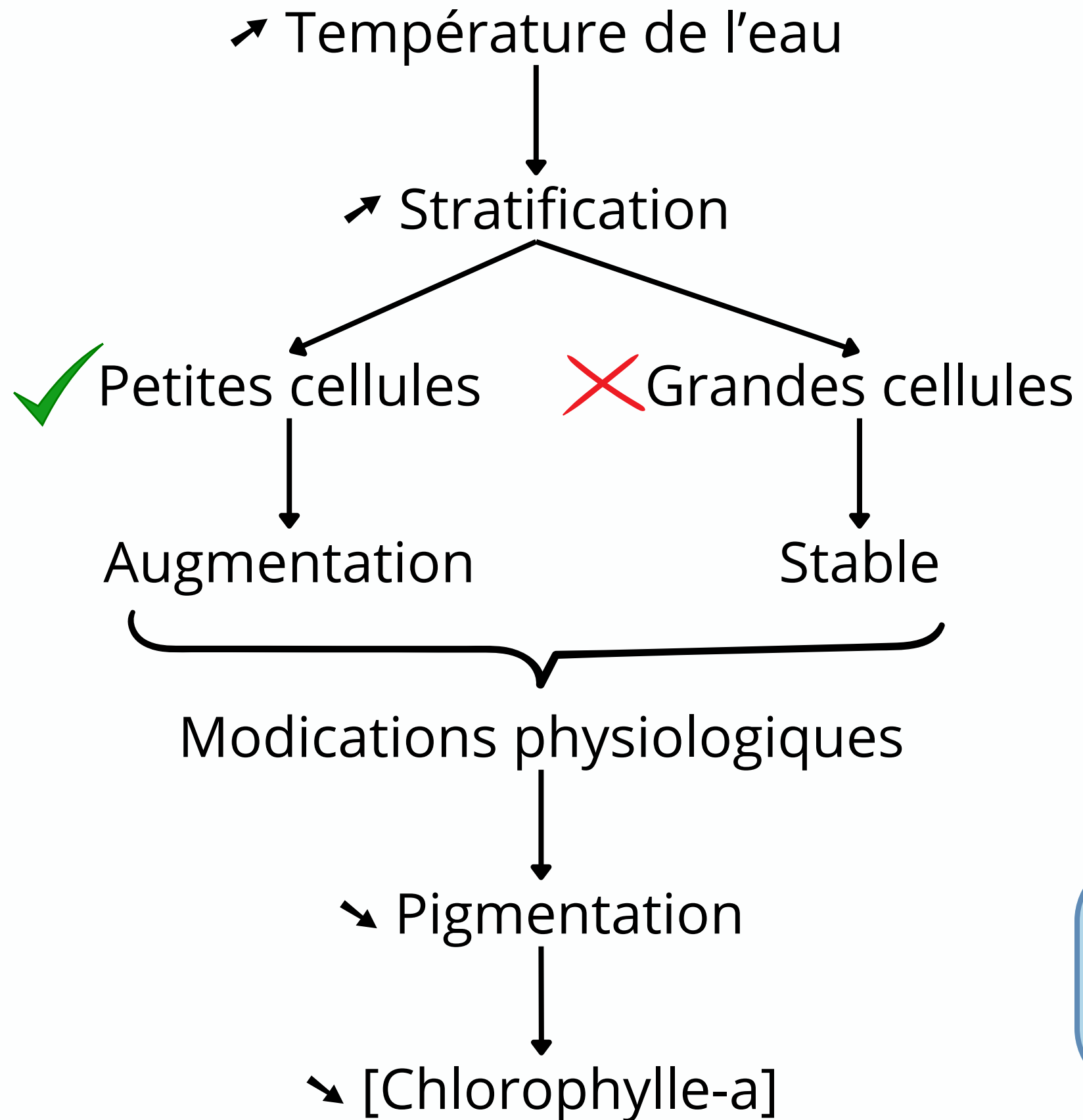
Conclusion : une vision d'ensemble



Conclusion : une vision d'ensemble



Conclusion : une vision d'ensemble

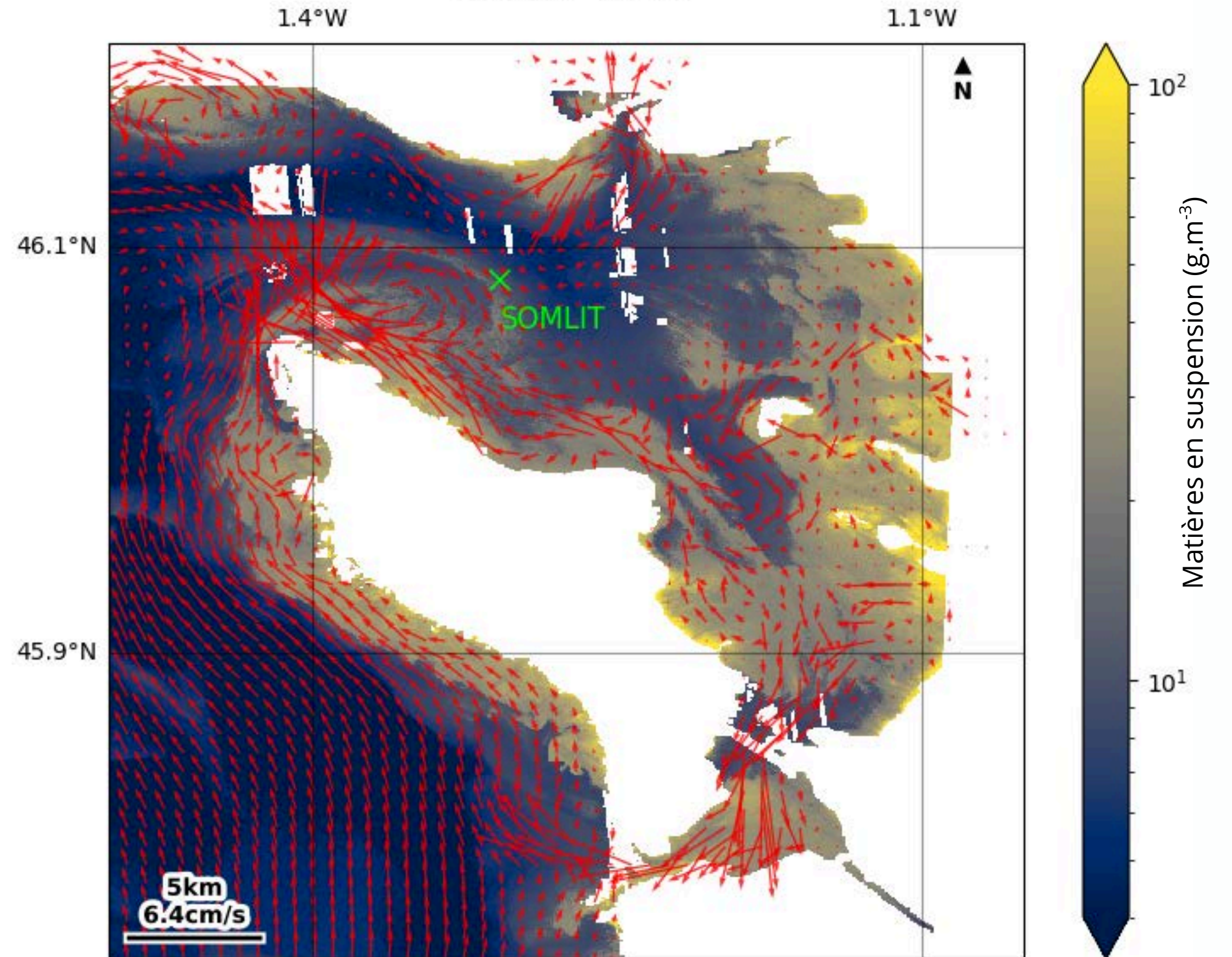


➔ Importance des suivis à long terme

➔ 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 :

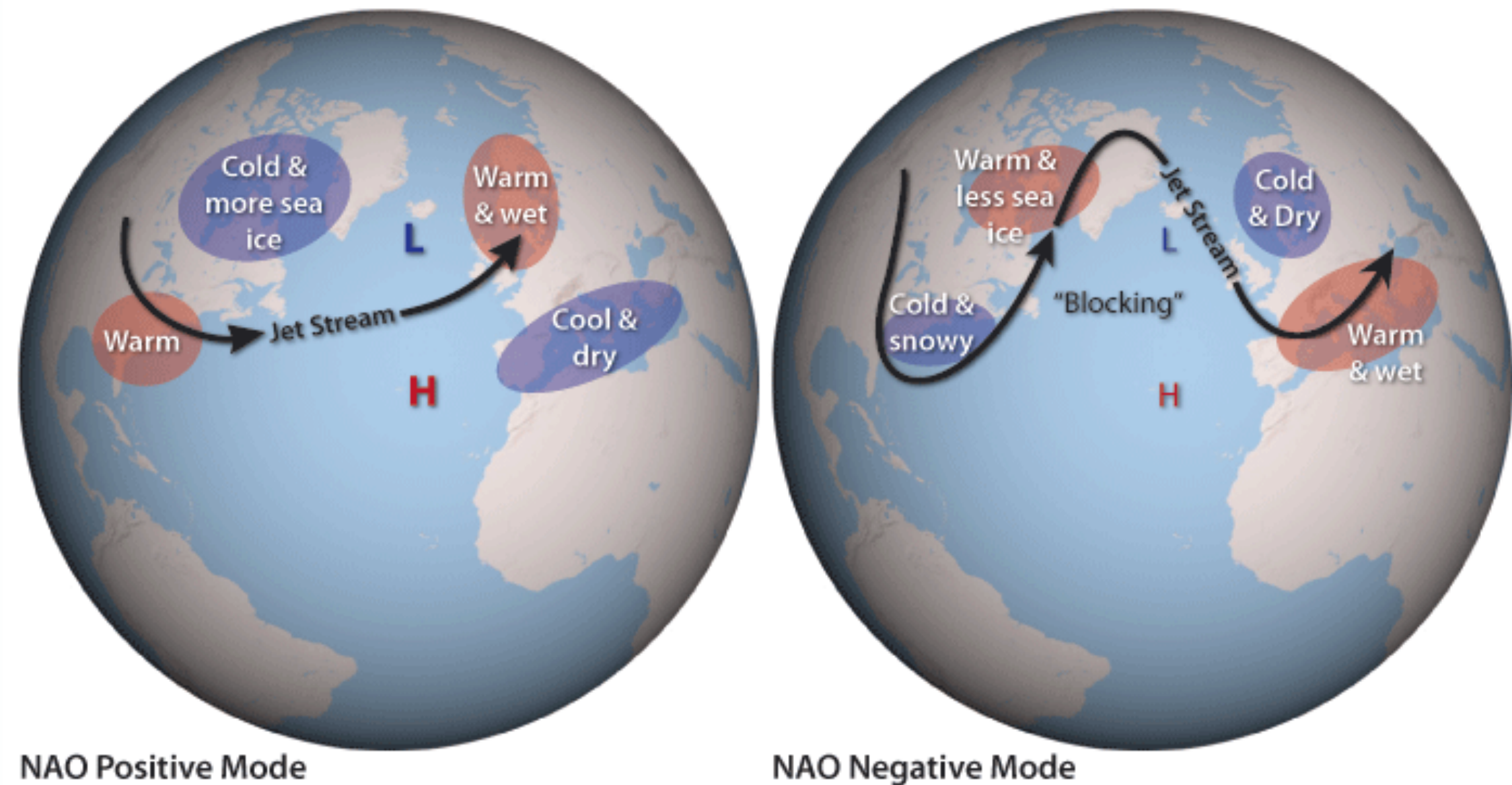
- Forçage d'eau douce
 - Courants marins
- (Reverdin et al., 2007)

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)

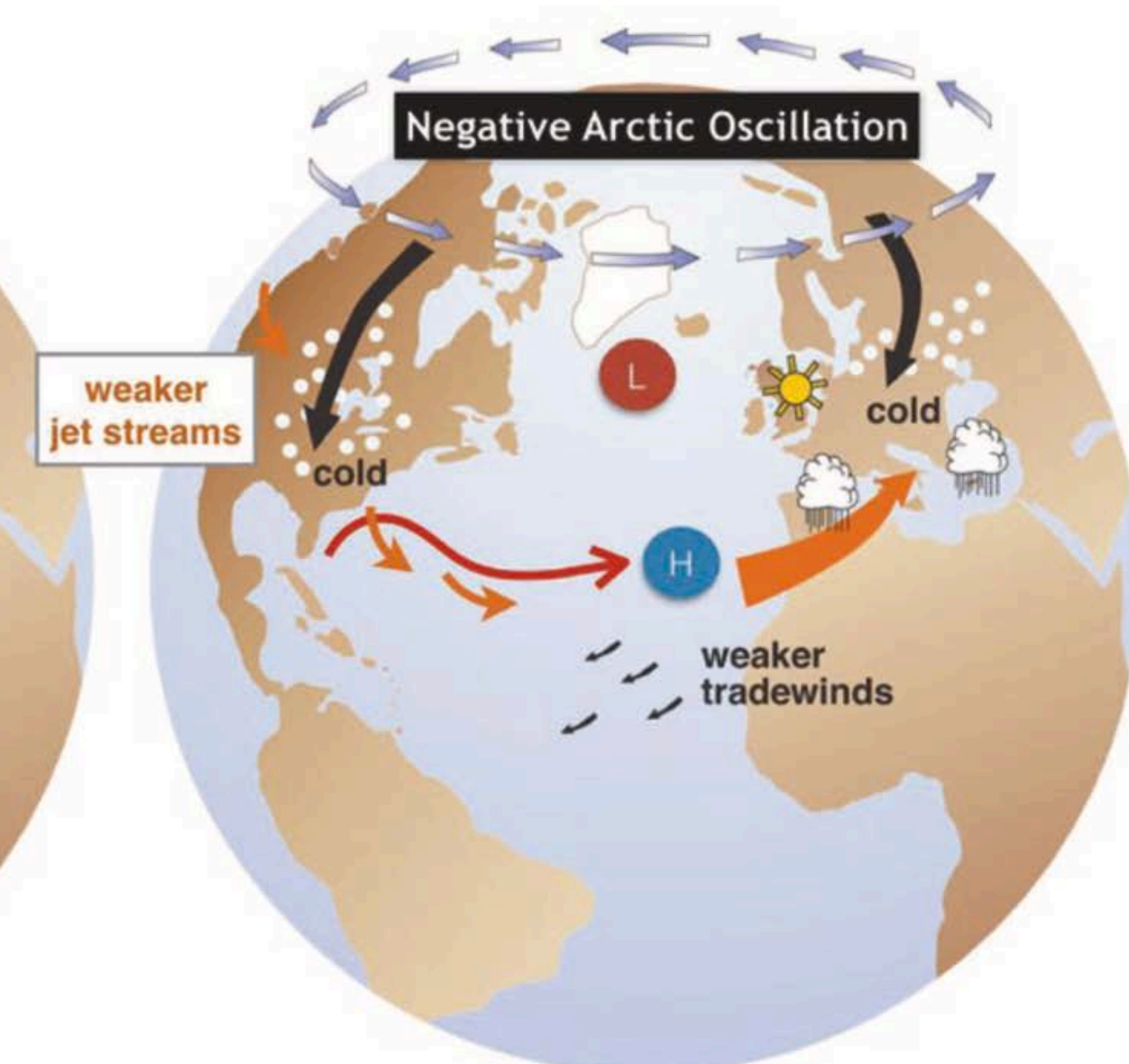
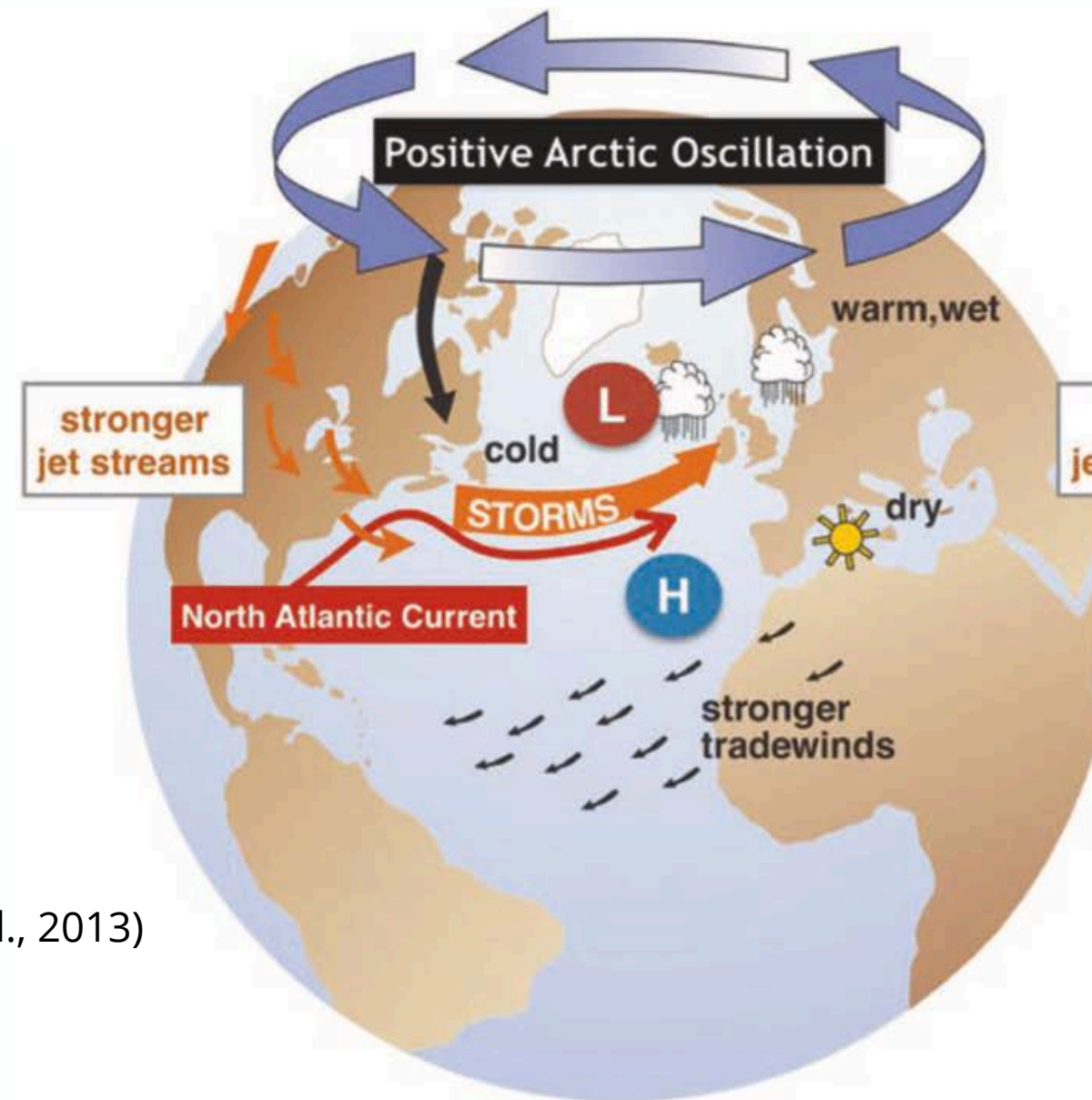
Exemple :

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

(Báez et al., 2013)

Dans notre étude :

- Corrélation avec les précipitations



(Campos & Horn, 2018)

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

Influence la salinité :

- Forçage d'eau douce
- Courants marins

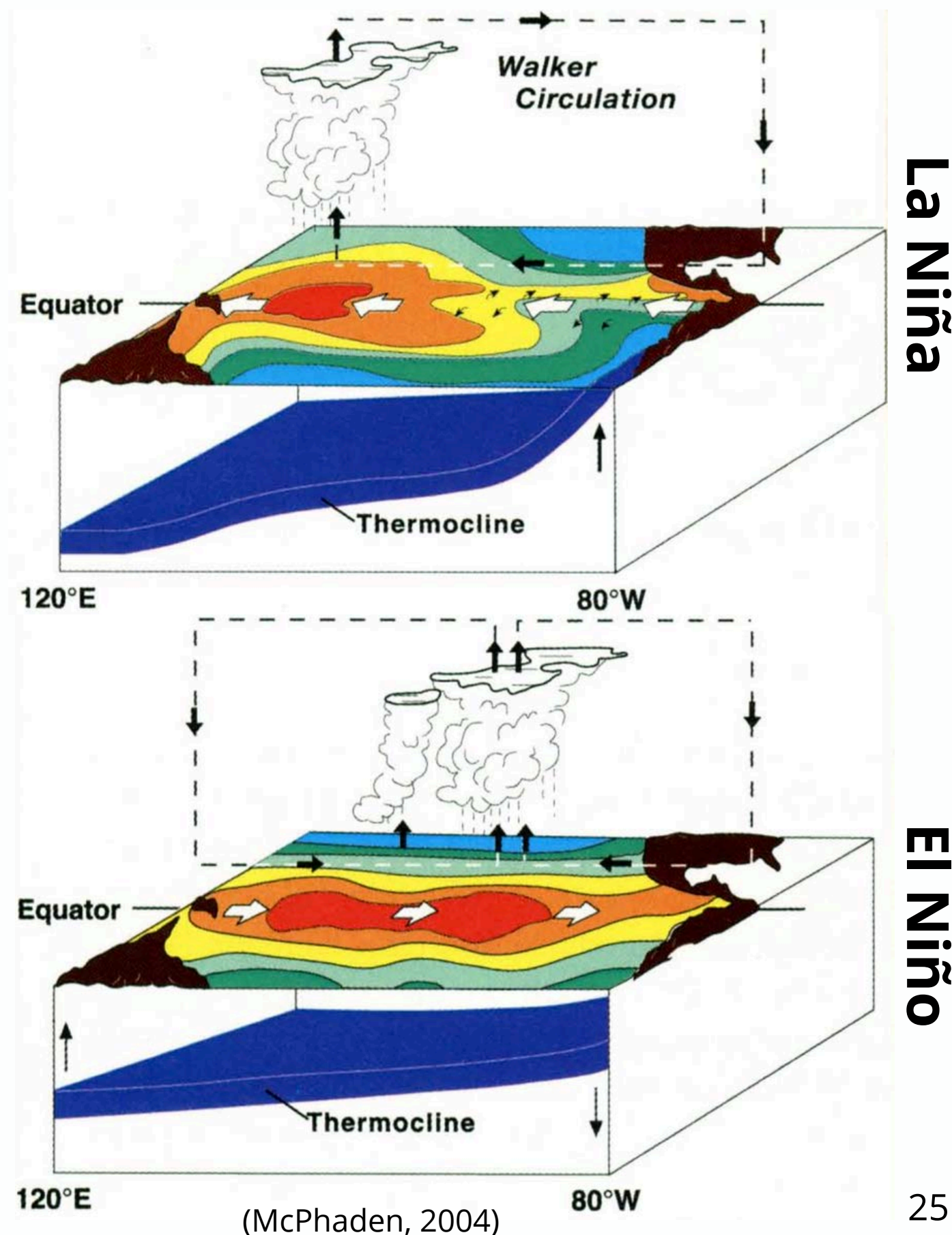
(Reverdin et al., 2007)

Fortes téléconnexions :

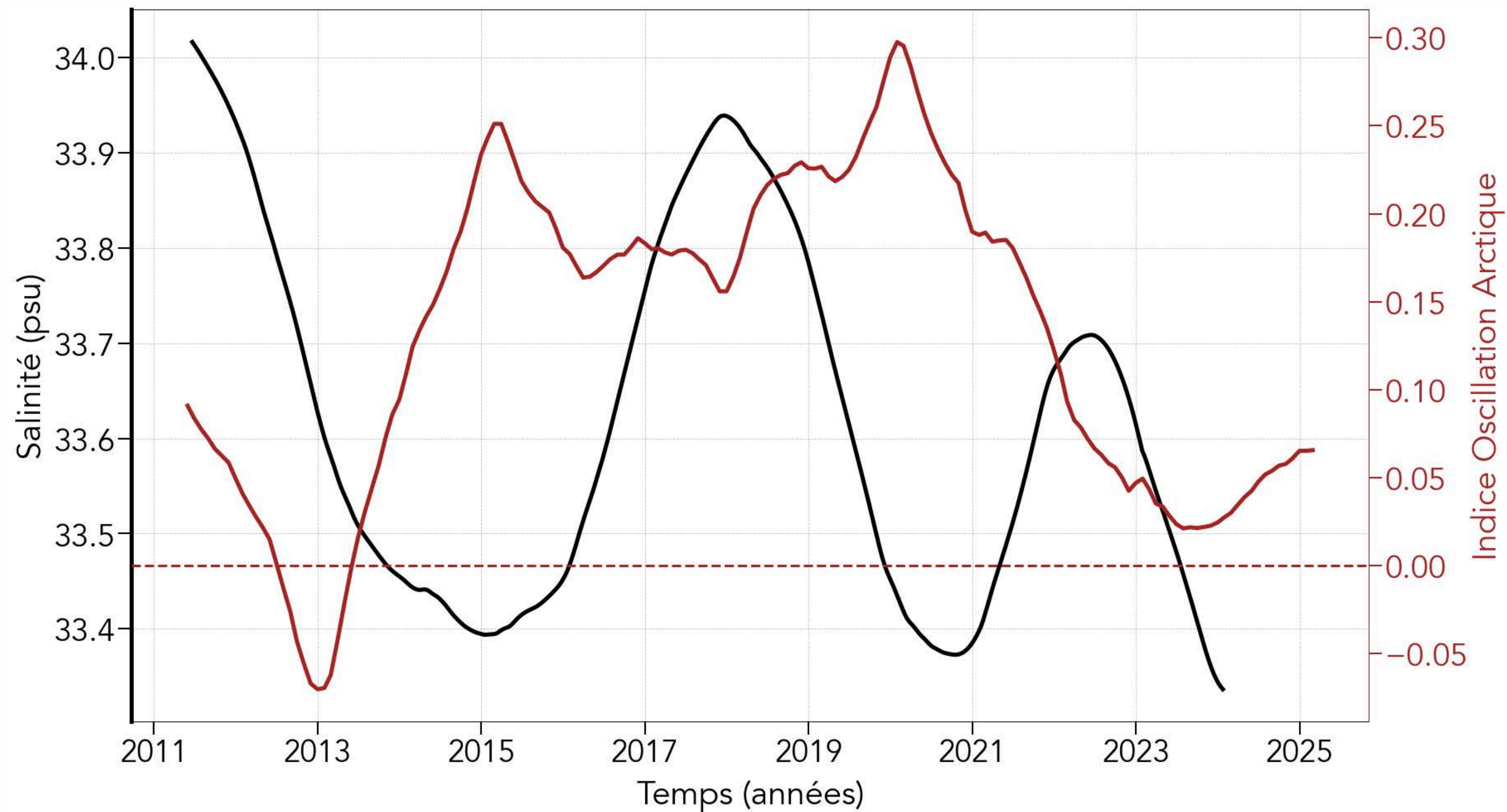
- Ondes atmosphériques (Deser et al., 2010)
- Généralement : El Niño = NAO négatif (Brönnimann, 2007)

Dans notre étude :

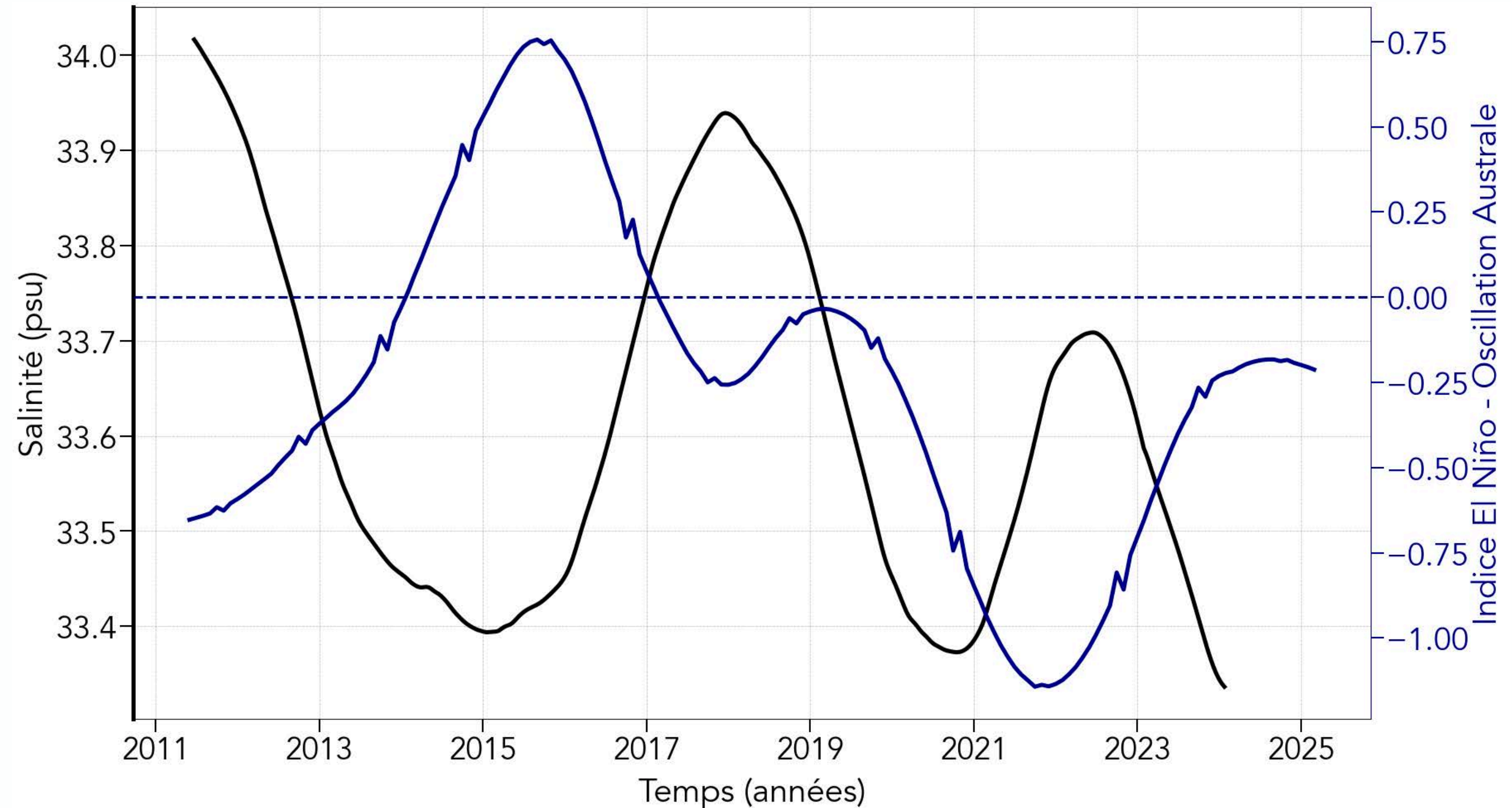
- Corrélation avec la température de l'eau



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

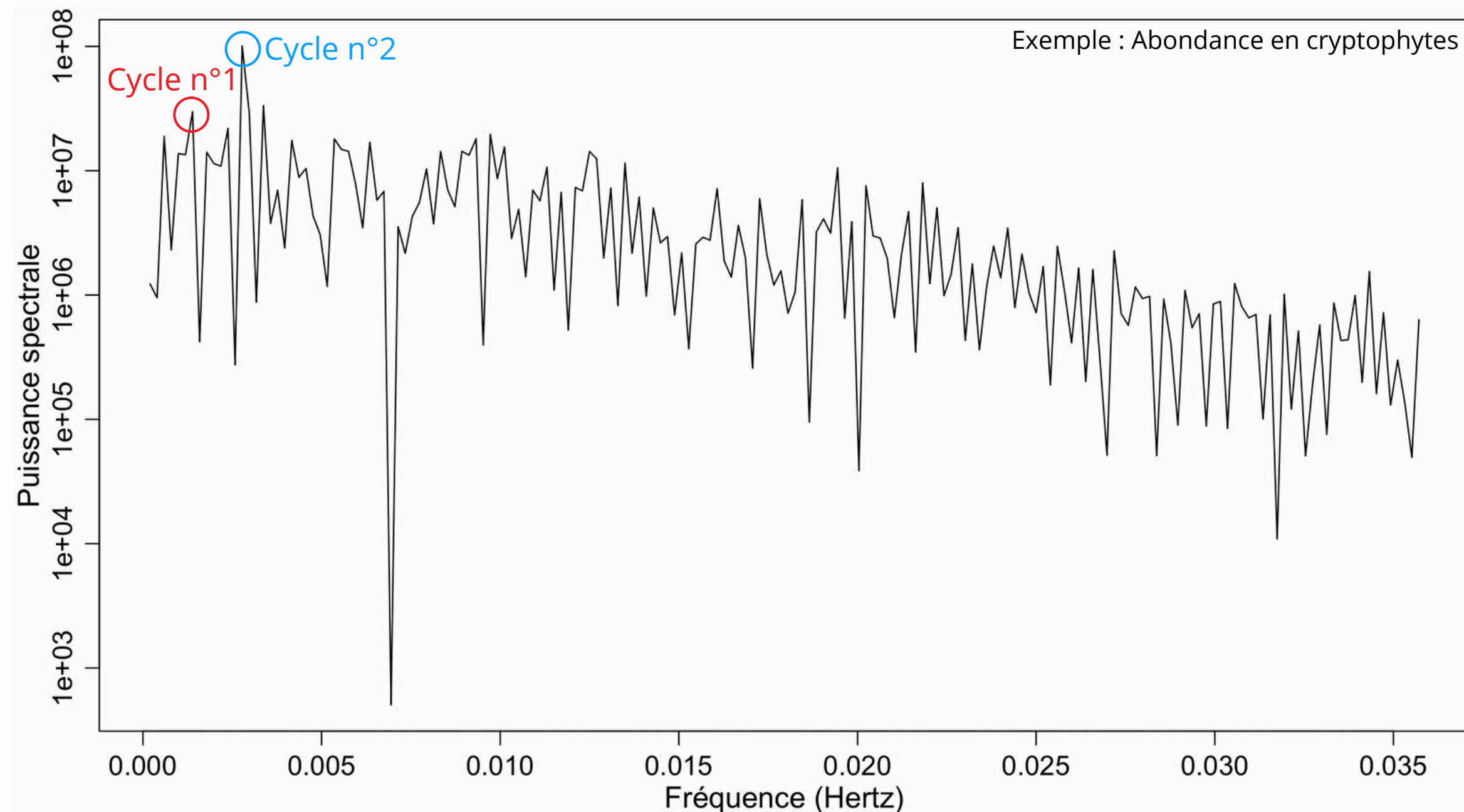


Annexe 5 : évolution temporelle de la salinité et de l'ENSO

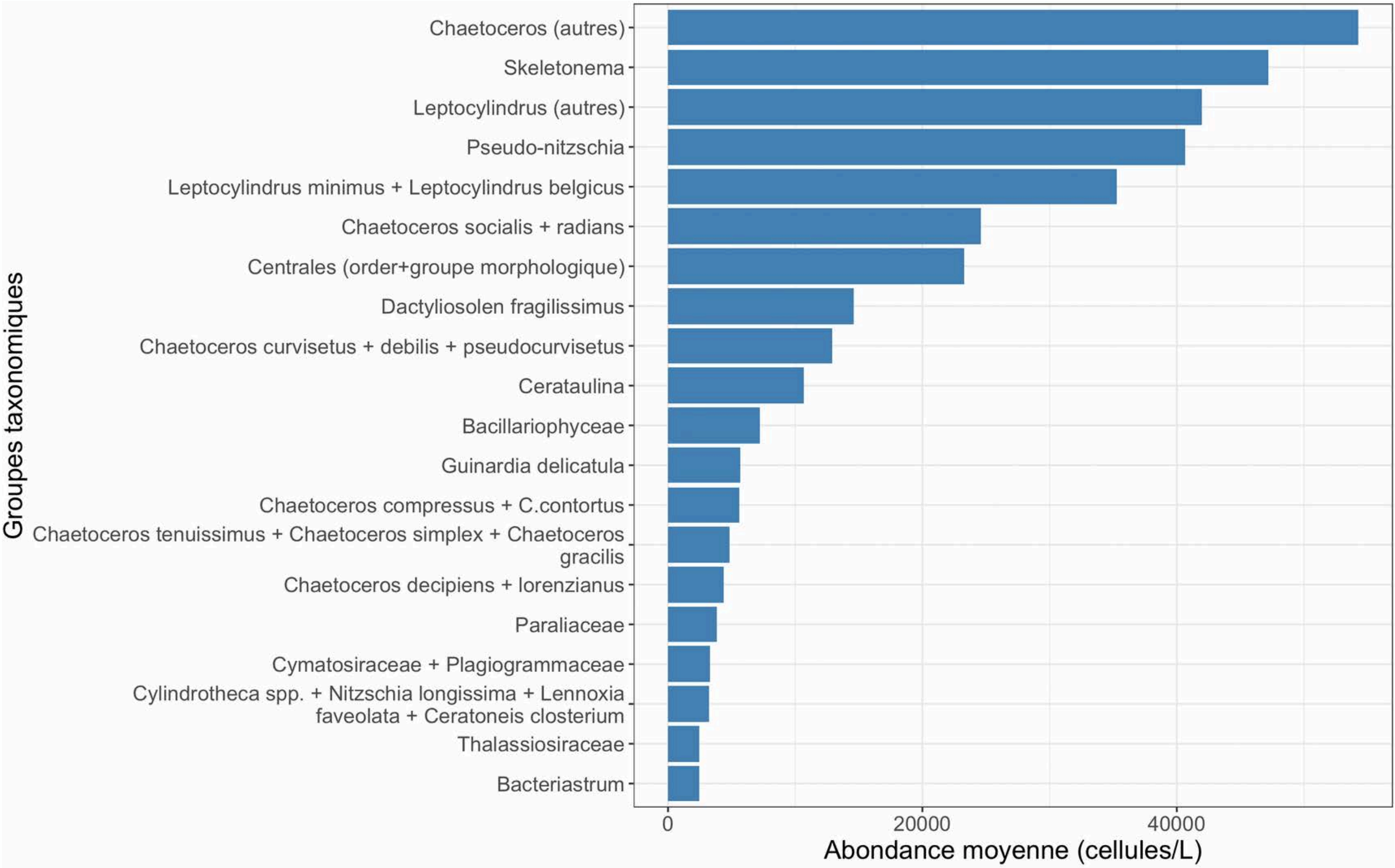


Annexe 6 : l'analyse spectrale

- Décomposition du signal en fréquence
 - Transformation de Fourier \longrightarrow 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)



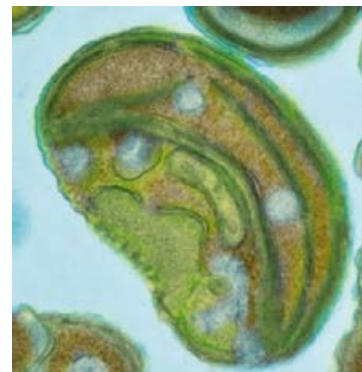
Cryptophytes :

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

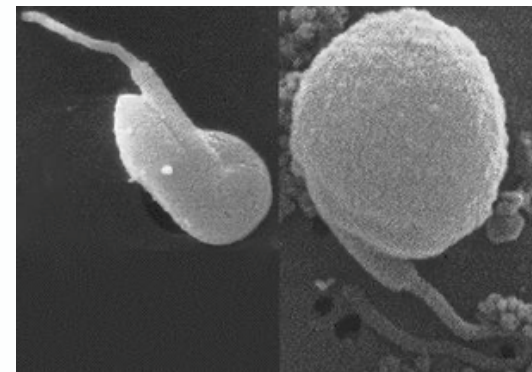


Pico-phytoeucaryotes :

- 0,2 et 2 μm
(Sieburth et al., 1978)



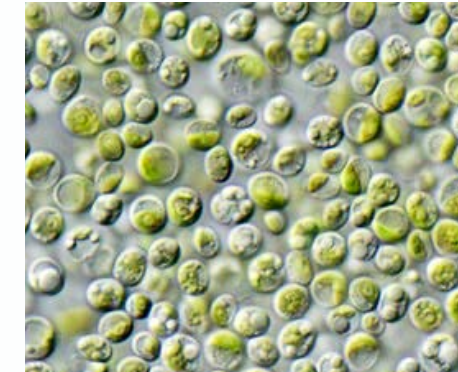
© Univeristy of Warwick



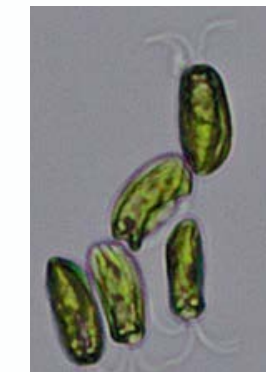
© MRGI

Nano-phytoeucaryotes :

- 2 et 20 μm
(Sieburth et al., 1978)

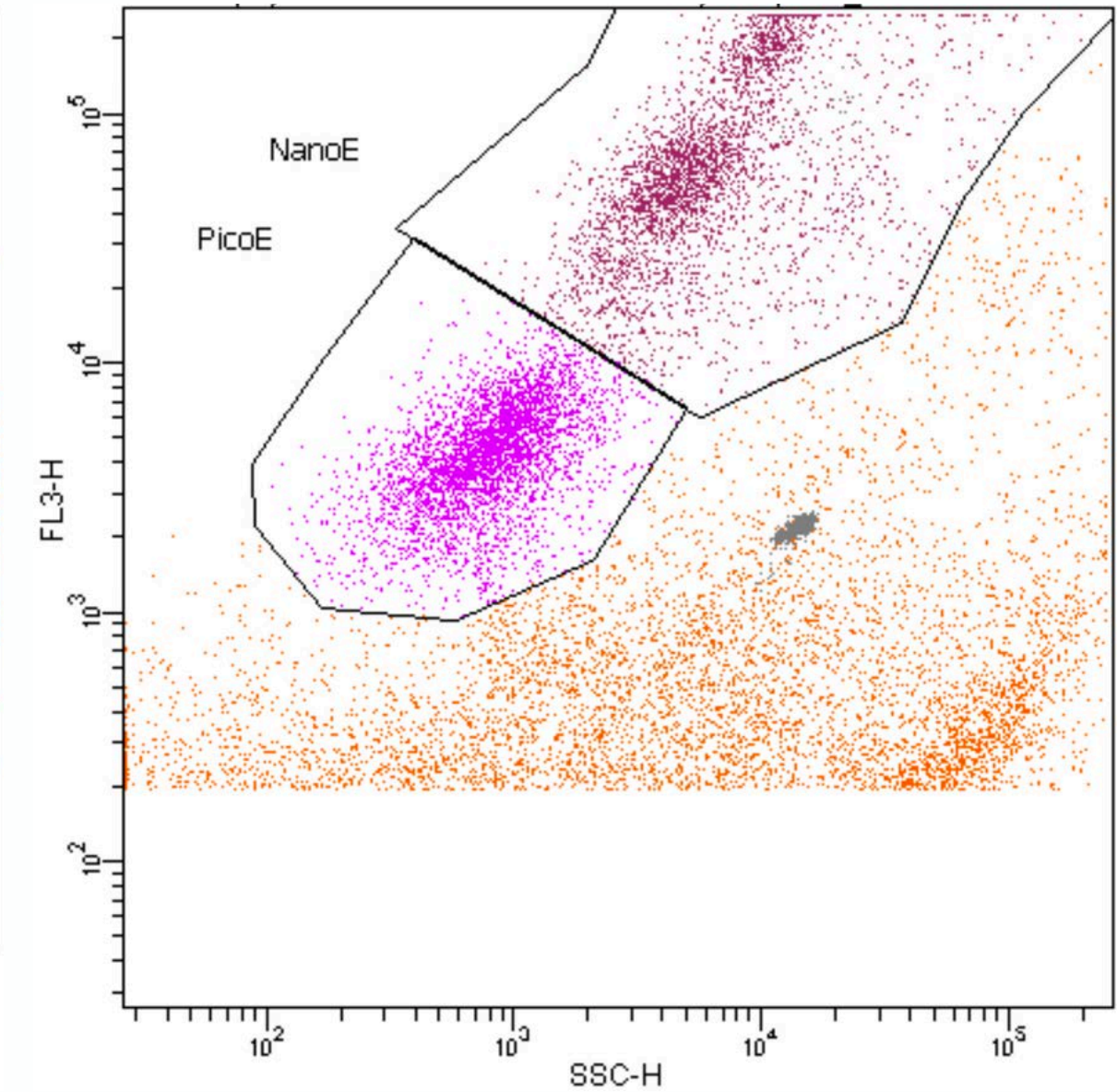
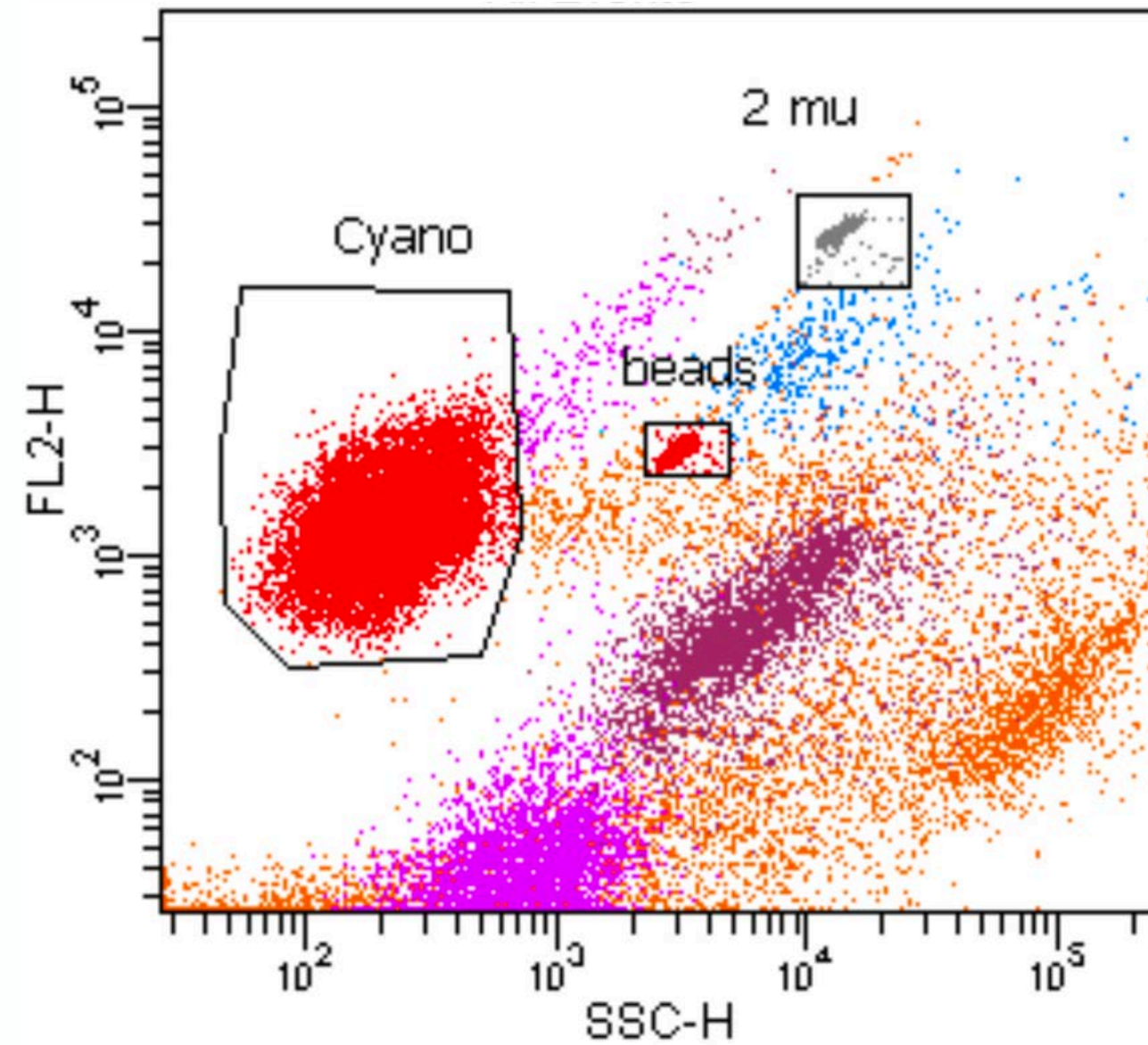
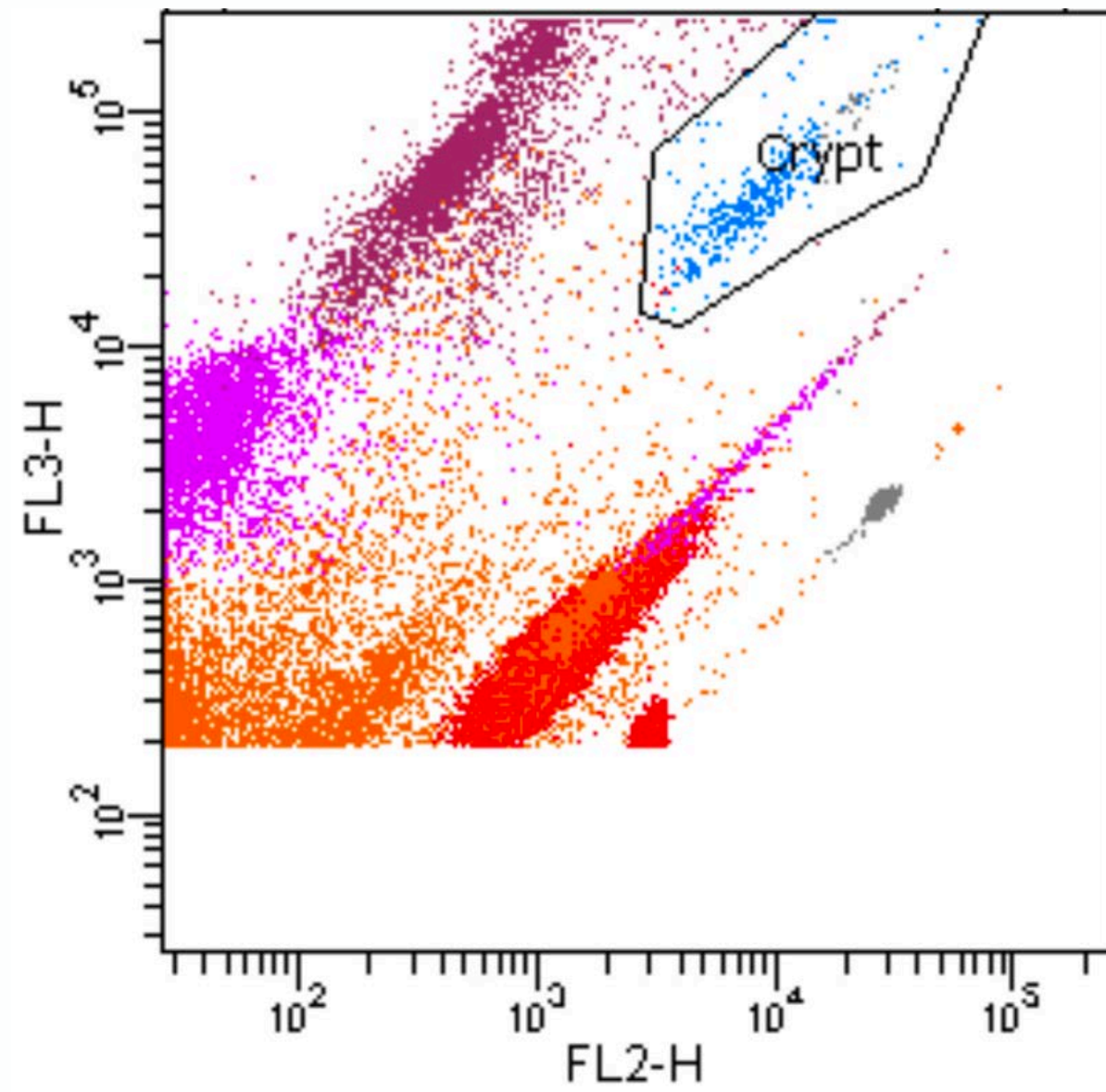


© NEON



© Borowitzka

Annexe 9 : la cytométrie en flux



© AGOGUÉ Hélène