

Etudes paléoenvironnementales dites retrospectives ou études des trajectoires du passé (+ ou - lointain) vers aujourd'hui

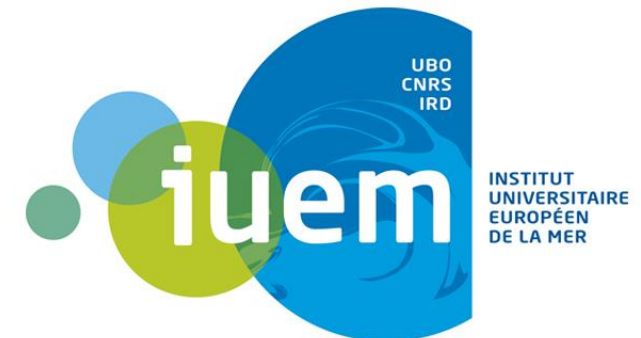
Aurélie Penaud, aurelie.penaud@univ-brest.fr

Maître de Conférences, UBO

Laboratoire Géosciences Océan, IUEM



Université de Bretagne Occidentale



Challenge :

Combiner des données **historiques** et **instrumentales** (si disponibles!) avec des données **paléoenvironnementales** : **paléoclimatiques** et **paléoécologiques**

→ dresser des **explications robustes** sur les :

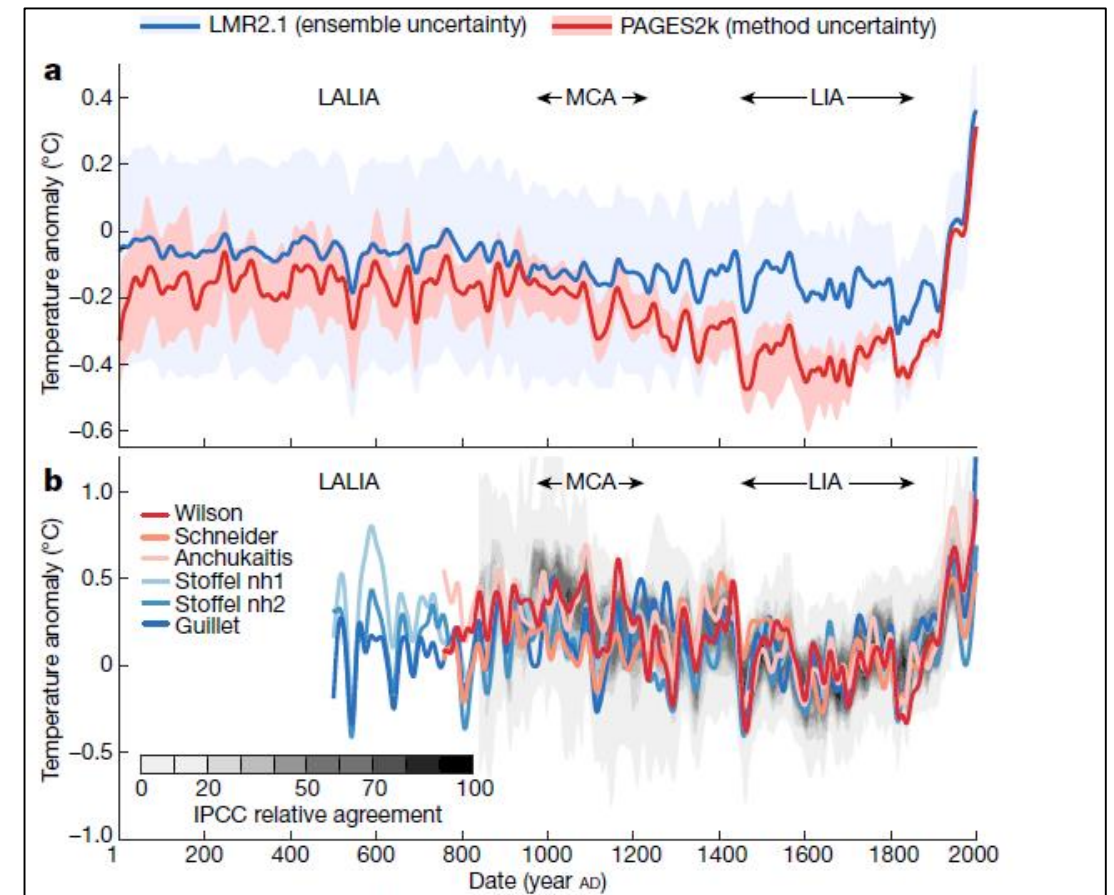
-**transformations** environnementales

-**réponses sociétales** face aux changements

Ancrage local IUEM :

Thème 4 ZABrI : *Dynamiques d'occupations humaines et paléoenvironnements*

Axe transverse IUEM : *Dynamiques historiques*



Challenge :

Combiner des données **historiques** et **instrumentales** (si disponibles!) avec des données **paléoenvironnementales** : **paléoclimatiques** et **paléoécologiques**

→ dresser des **explications robustes** sur les :

-**transformations** environnementales

-**réponses sociétales** face aux changements

Ancrage local IUEM :

Thème 4 ZABrI : *Dynamiques d'occupations humaines et paléoenvironnements*

Axe transverse IUEM : *Dynamiques historiques*

Towards a rigorous understanding of societal responses to climate change

<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03190-2>

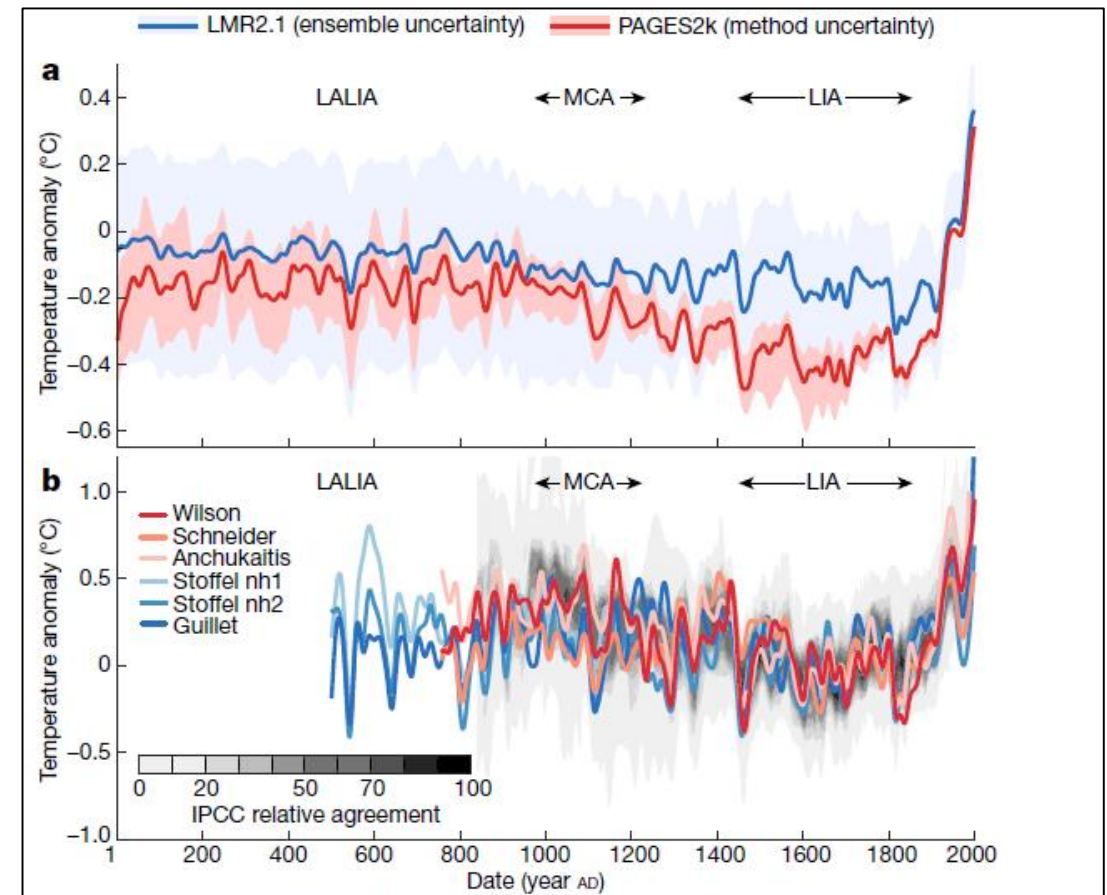
Received: 2 January 2020

Accepted: 6 January 2021

Published online: 24 March 2021

Dagomar Degroot^{1,2}, Kevin Anchukaitis^{2,3}, Martin Bauch⁴, Jakob Burnham¹, Fred Carnegy⁵, Jianxin Cui⁶, Kathryn de Luna¹, Piotr Guzowski⁷, George Hambrecht⁸, Heli Huhtamaa^{9,10}, Adam Izdebski^{11,12}, Katrin Kleemann^{13,14}, Emma Moesswilde¹, Naresh Neupane¹⁵, Timothy Newfield^{1,16}, Qing Pei¹⁶, Elena Xoplaki^{17,18} & Natale Zappia^{19,20}

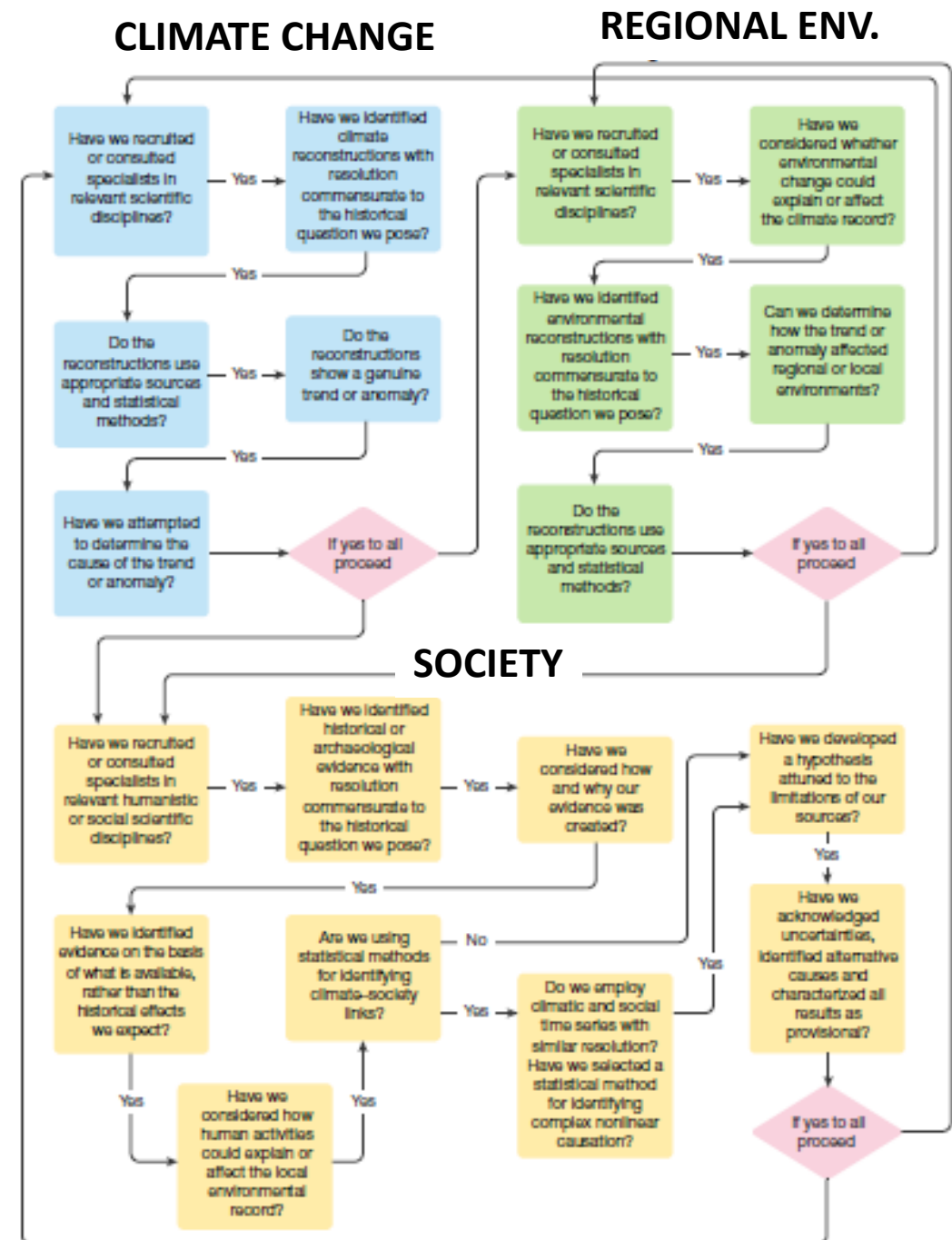
Nature | Vol 591 | 25 March 2021 |



Comment les sociétés **influencent** ou **répondent** face à de **multiples changements** de l'environnement ?

Liens entre changements **climatiques** et changements **socio-économiques** et **environnementaux**

→ Recherche **interdisciplinaire** !

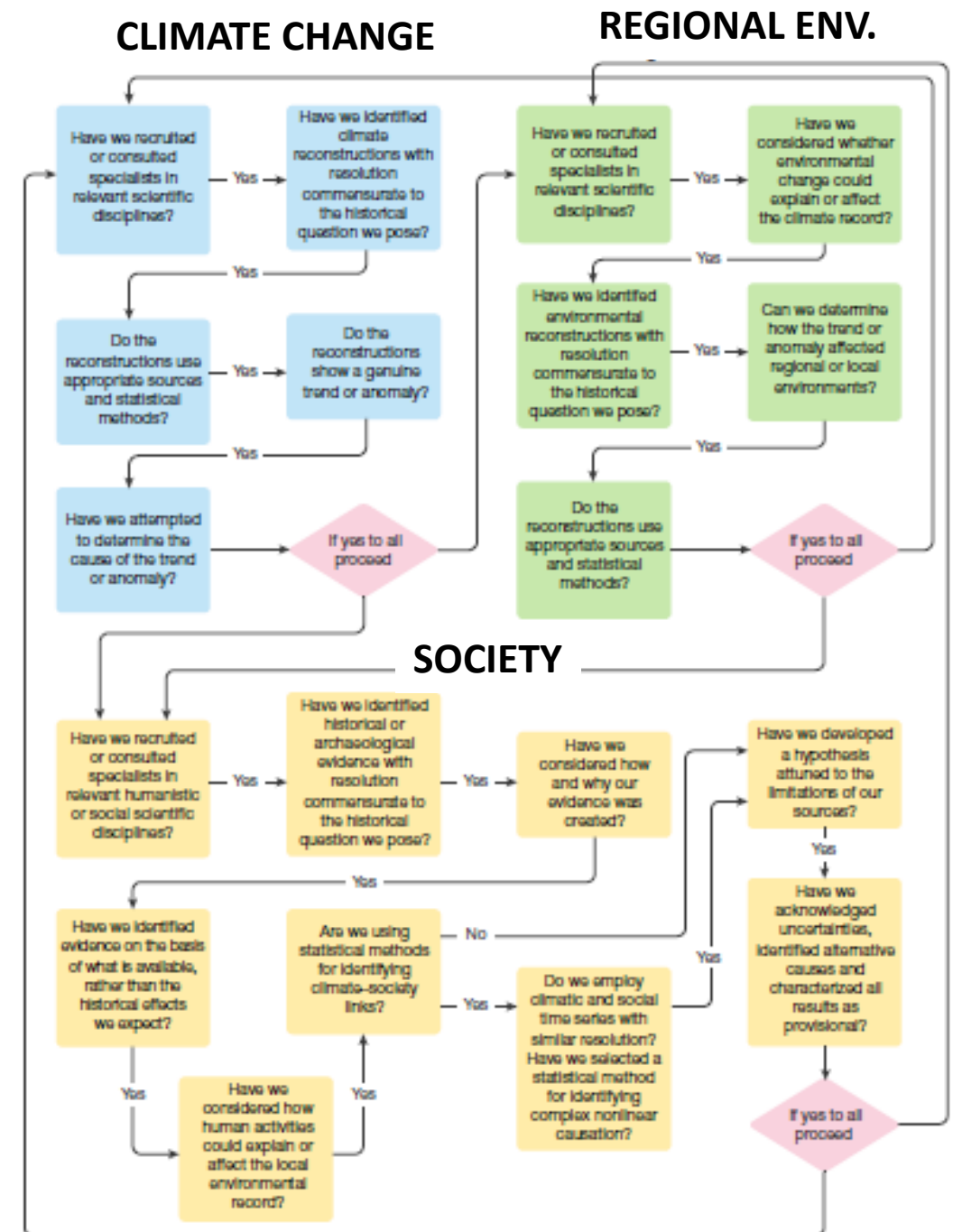
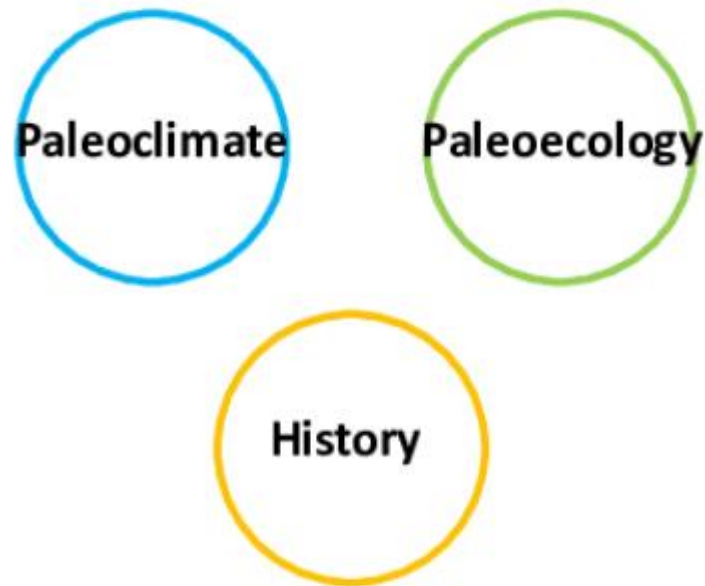


Comment les sociétés **influencent** ou **répondent** face à de **multiples changements** de l'environnement ?

Liens entre changements **climatiques** et changements **socio-économiques** et **environnementaux**

→ Recherche **interdisciplinaire** !

→ **Disciplines** nécessitant d'être représentées à **part égale** !



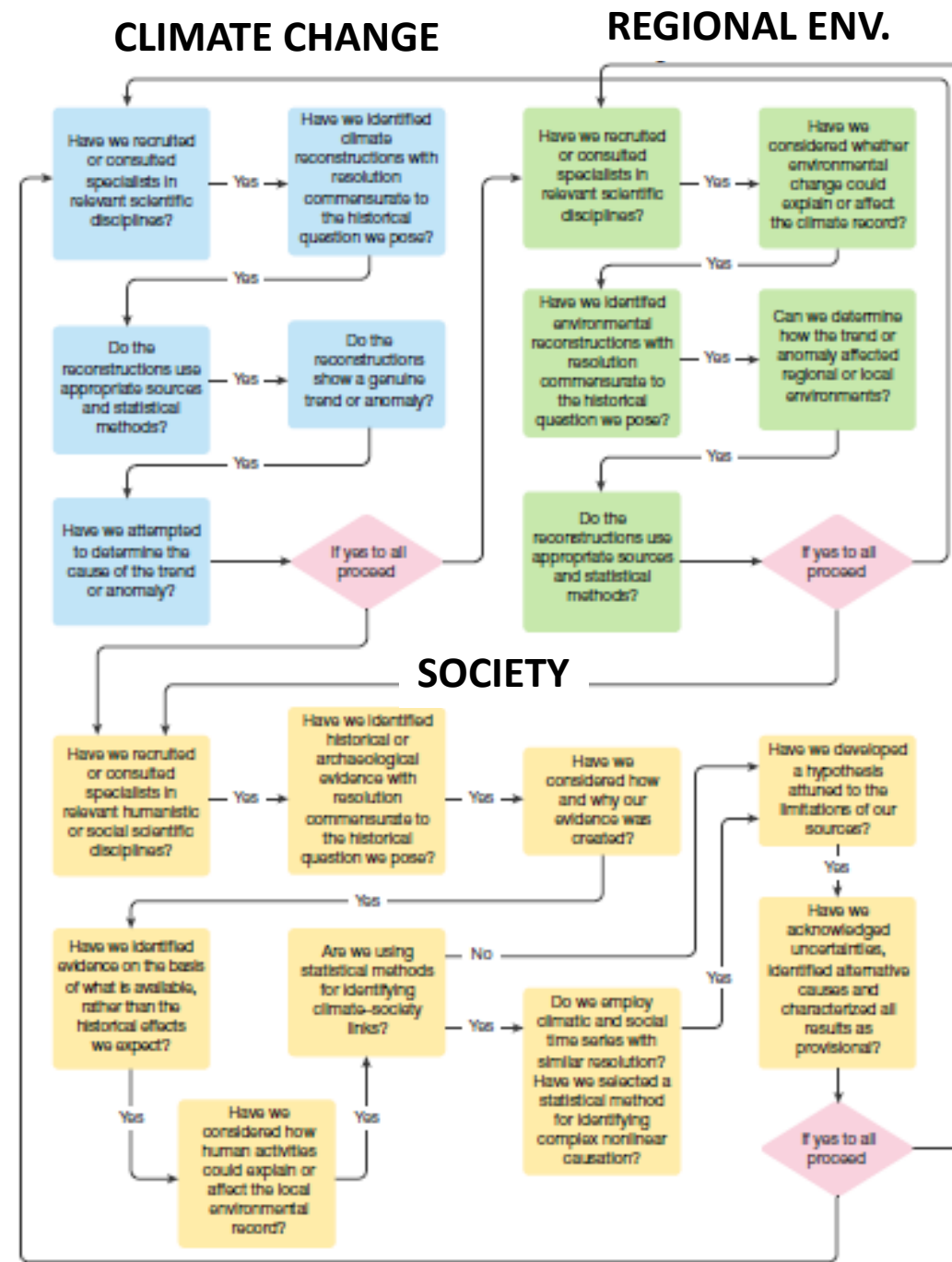
Lien direct de cause à effet entre sécheresse et stabilité des populations non justifié ...

... Toutefois : *Des contraintes environnementales ont potentiellement réduit les options permettant de s'adapter aux nouvelles réalités politiques et ont contribué à l'érosion des capacités existantes*

Ex: sécheresse prolongée illustrée par la dendrochronologie



Ex: fin d'un empire associé à troubles internes politiques, crises économiques, invasions, puis période de prospérité



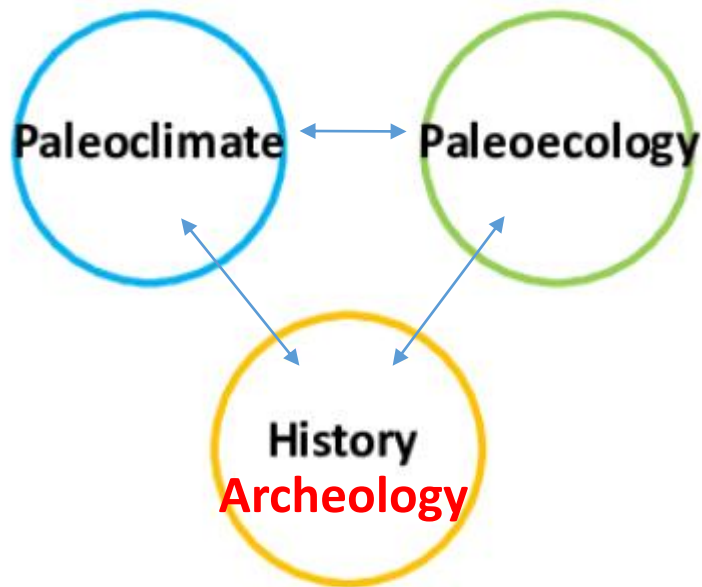
Problématique :

-Intégrer SHS et ST pour créer des **modèles plus nuancés** qui dépendent des questions de recherche, des sites sélectionnés et de la période de temps (résolution d'étude) couverte

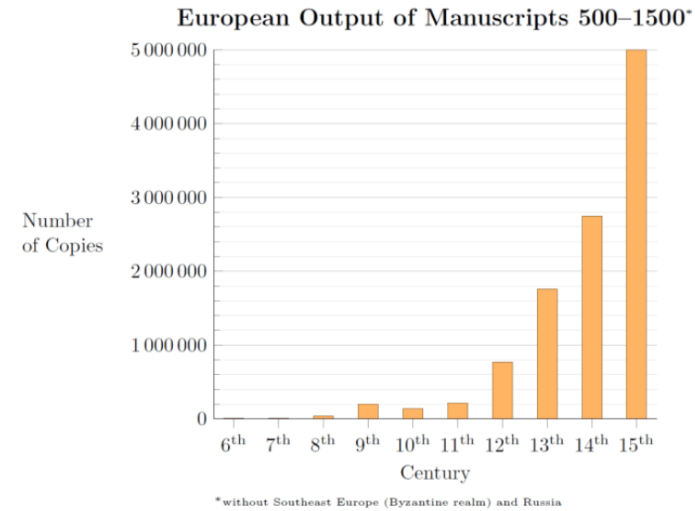
-Est-ce que les changements sociétaux ont mené à des changements environnementaux ?

-Est-ce que le climat a joué un rôle ?

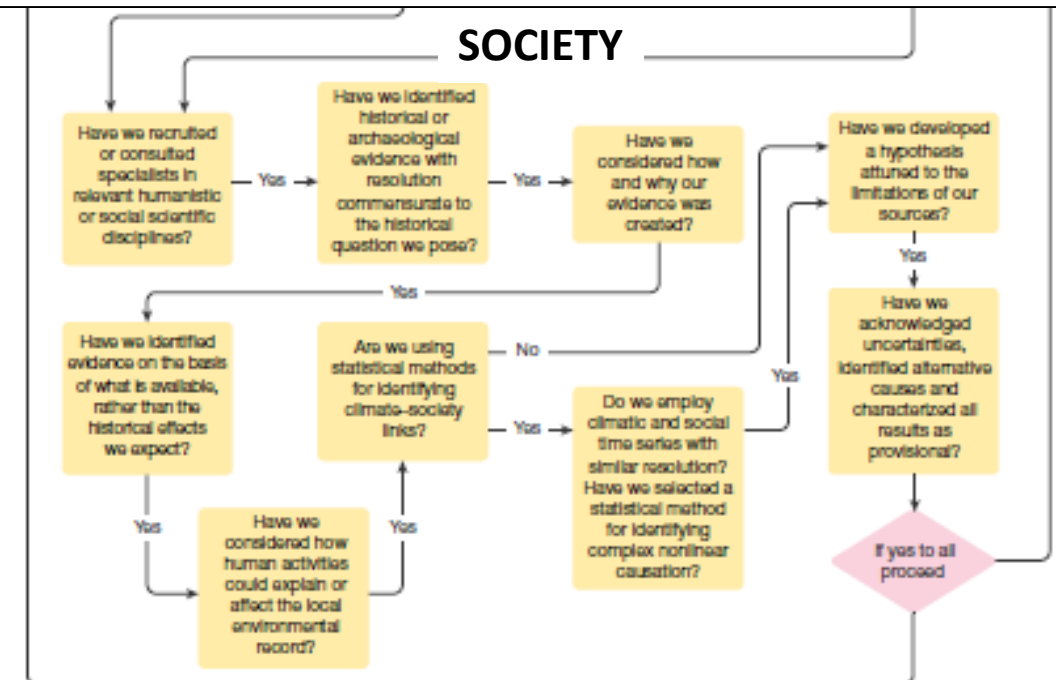
-Est-ce que le climat a changé les modèles sociétaux ?



For Historical timelines, sources decline precipitously going back in time

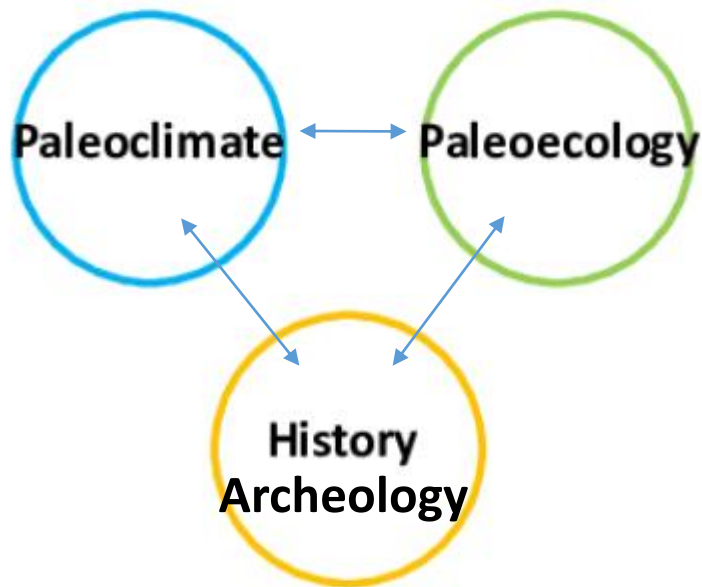


Buringh, Eltjo; van Zanden, Jan Luiten:
"Charting the "Rise of the West":
Manuscripts and Printed Books in
Europe, A Long-Term Perspective from
the Sixth through Eighteenth
Centuries", *The Journal of Economic
History*, Vol. 69, No. 2 (2009)

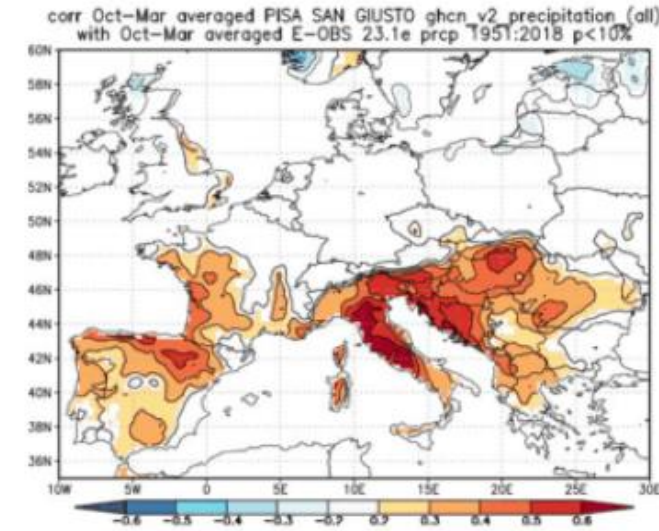


Problèmes d'échelles :

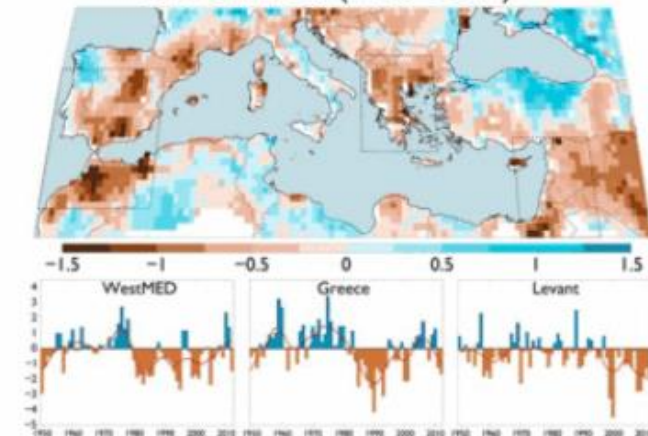
- 1) Toutes les archives physiques ou culturelles ont des échelles temporelles, et des résolutions, différentes ! Des hiatus !
- 2) Densité des archives n'est pas uniforme et suit des les modèles politiques et institutionnels locaux
- 3) Variabilité spatiale limite l'usage de telle ou telle base de données dans l'étude interdisciplinaire



Mediterranean precipitation data are uncorrelated with central Europe

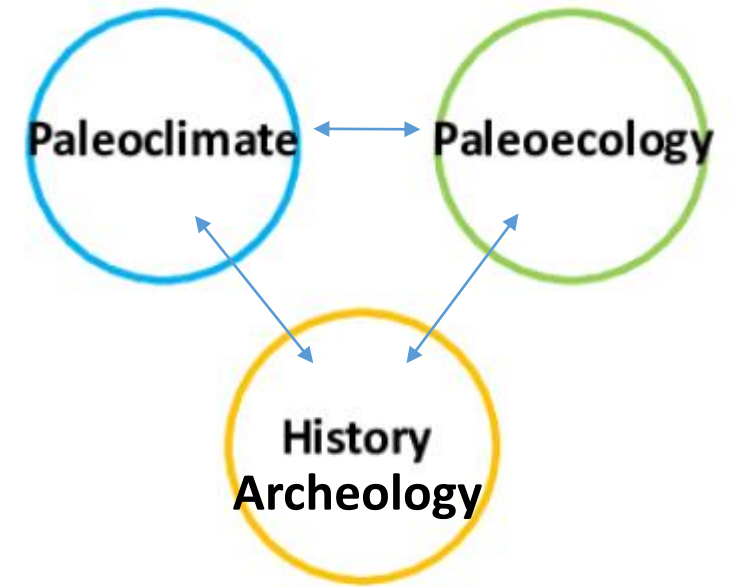


Mediterranean drought data show significant spatial variability
OWDA PDSI (1980-2012)



Conclusions préliminaires générales :

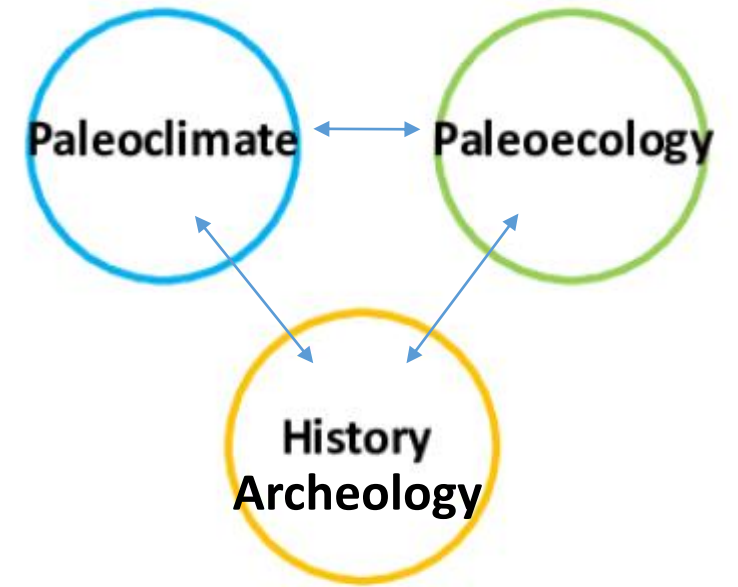
1) questions « hommes » (résilience – déclin) – « environnement » → dans le cadre d'un **événement climatique** particulier (LIA, méga-aridité), d'un **événement spécifique écologique** (déforestation), de **changements sociologiques** (politiques, nouvelles technologies ou nouvelles structures économiques)



Conclusions préliminaires générales :

1) questions « hommes » (résilience – déclin) – « environnement » → dans le cadre d'un **événement climatique** particulier (LIA, méga-aridité), d'un **événement spécifique écologique** (déforestation), de **changements sociologiques** (politiques, nouvelles technologies ou nouvelles structures économiques)

2) **Echelle locale** : recommandé de travailler à petite échelle avant de faire de larges interprétations → données (toutes sources) collectées sur sites spécifiques, + forte corrélation entre événements, approche interdisciplinaire permettant de discuter de causalité hommes-env mais interprétation limitée à plus large échelle



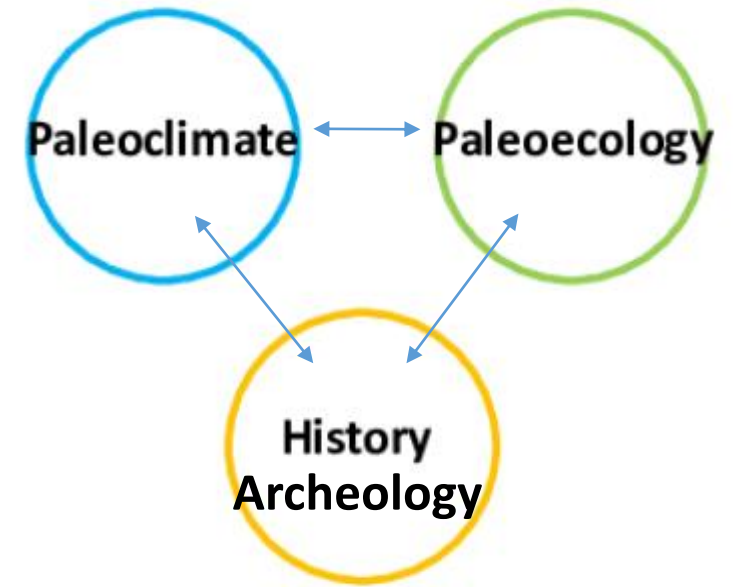
Conclusions préliminaires générales :

1) questions « hommes » (résilience – déclin) – « environnement » → dans le cadre d'un **événement climatique** particulier (LIA, méga-aridité), d'un **événement spécifique écologique** (déforestation), de **changements sociologiques** (politiques, nouvelles technologies ou nouvelles structures économiques)

2) **Echelle locale** : recommandé de travailler à petite échelle avant de faire de larges interprétations → données (toutes sources) collectées sur sites spécifiques, + forte corrélation entre événements, approche interdisciplinaire permettant de discuter de causalité hommes-env mais interprétation limitée à plus large échelle

3) **Echelle globale** : données collectées sur de larges bases de données à échelle continentale ou globale, permet d'identifier changements env. globaux, de discuter de changements humains qui tiennent en compte différentes cultures

→ **risque de faire des amalgames d'échelles dans les liens causes à effets...**



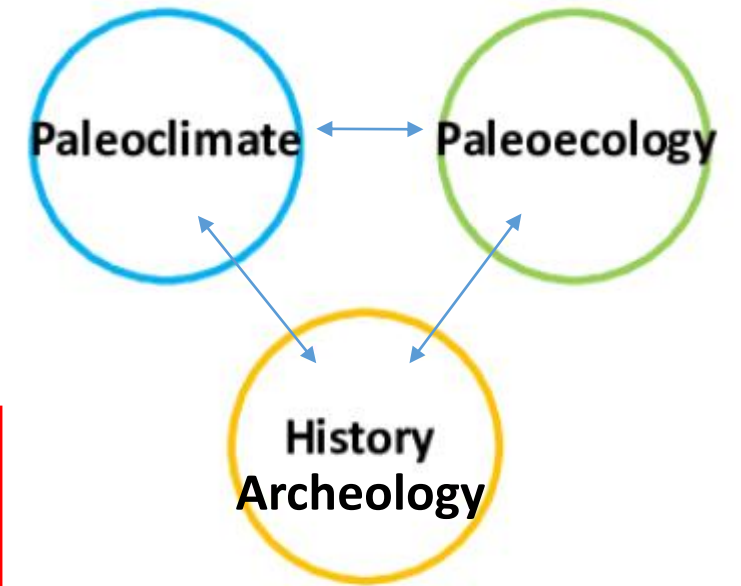
Conclusions préliminaires générales :

1) questions « hommes » (résilience – déclin) – « environnement » → dans le cadre d'1 **événement climatique** particulier (LIA, méga-aridité), d'un **événement spécifique écologique** (déforestation), de **changements sociologiques** (politiques, nouvelles technologies ou nouvelles structures économiques)

2) **Echelle locale** : recommandé de travailler à petite échelle avant de faire de larges interprétations → données (toutes sources) collectées sur sites spécifiques, + forte corrélation entre événements, approche interdisciplinaire permettant de discuter de causalité hommes-env mais interprétation limitée à plus large échelle

3) **Echelle globale** : données collectées sur de larges bases de données à échelle continentale ou globale, permet d'identifier changements env. globaux, de discuter de changements humains qui tiennent en compte différentes cultures

→ **risque de faire des amalgames d'échelles dans les liens causes à effets...**



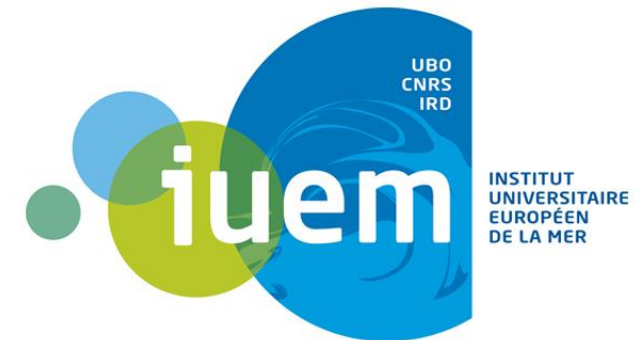
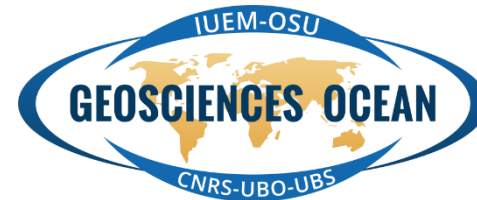
- **Tester des hyp. à échelle locale**
- **Faire des clusters d'échelles locales dans les analyses globales**
- **Faire des va-et-vient permanent entre les 2 échelles globales et locales d'analyses**

Sediment archives reveal shifts in plankton and **palynological** communities after World War II and agricultural pollution

Aurélie Penaud, aurelie.penaud@univ-brest.fr

Maître de Conférences, UBO

Laboratoire Géosciences Océan, IUEM



CONTEXTE

Remembrement des terres depuis 1950's → graves dommages environnementaux

Paysages transformés → augmentation **ruissellement**, lessivage des sols **enrichis en contaminants chimiques** dont excès en nutriments

Lambert et al., 2018

→ Problèmes d'eutrophisation, efflorescences algales nuisibles (HABs), changements drastiques des communautés protistes → résilience des écosystèmes côtiers ?

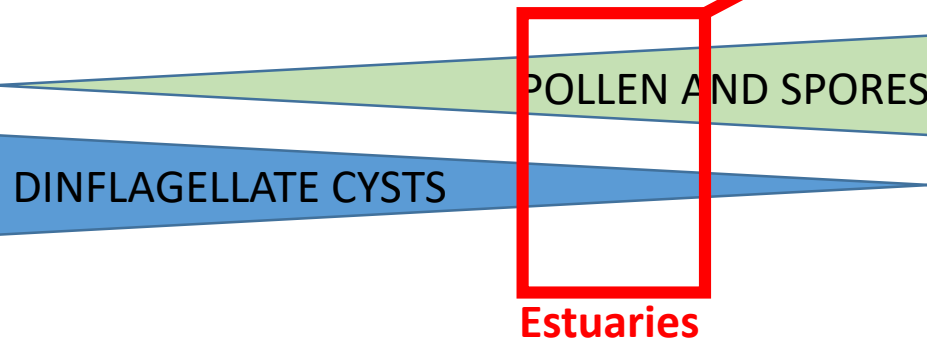
Siano et al., 2021



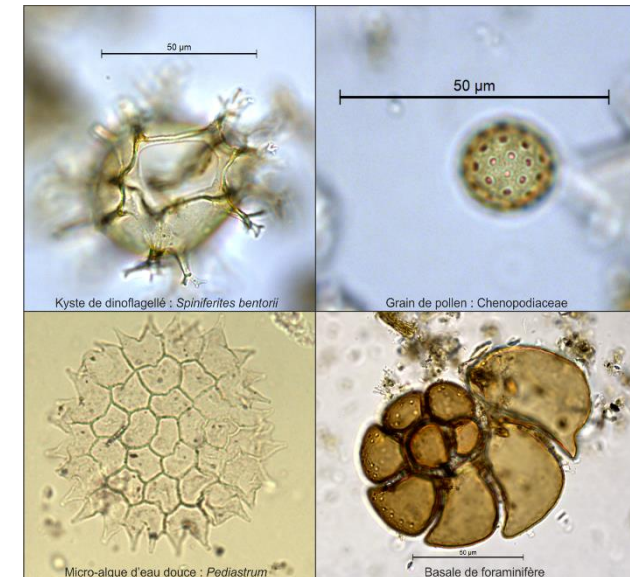
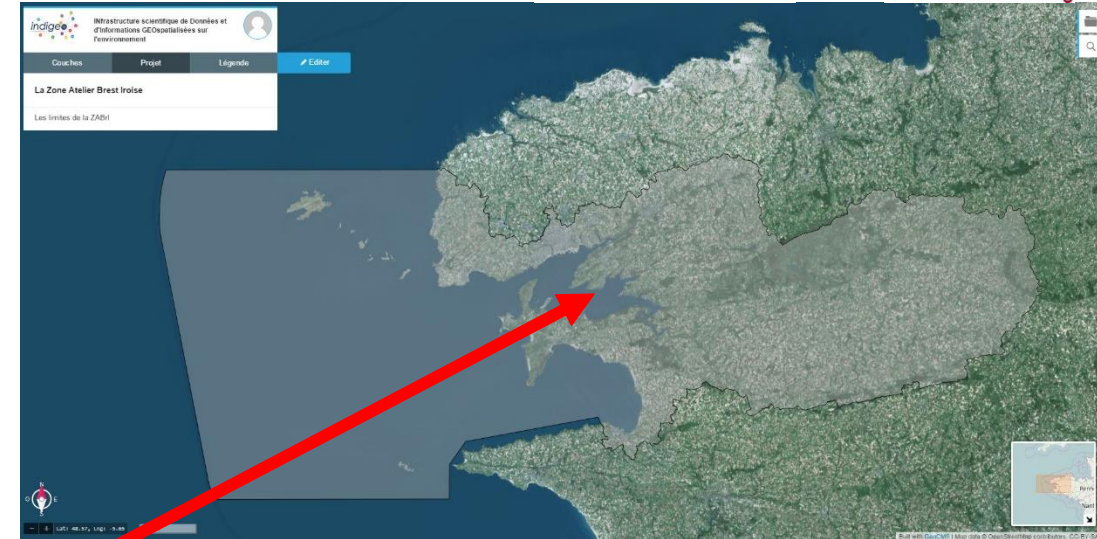
OBJECTIVES

- Bay of Brest (**BoB**) = regional **pilot site** for addressing **coastal ecosystem transformations** given its implication within the framework of the **Zone Atelier Brest Iroise (ZABri)**, a consortium of national interest labelled by the CNRS (INEE) also part of the European (eLTER) and International Long-Term Ecological Research network (ILTER).
- Comprehensive study of **land-sea interactions** in the Bay of Brest coastal environment based on the complementary message delivered by **terrestrial and marine bioindicators** on the scale of the **last 150 years**, a period also documented over the last decades by **instrumental data**

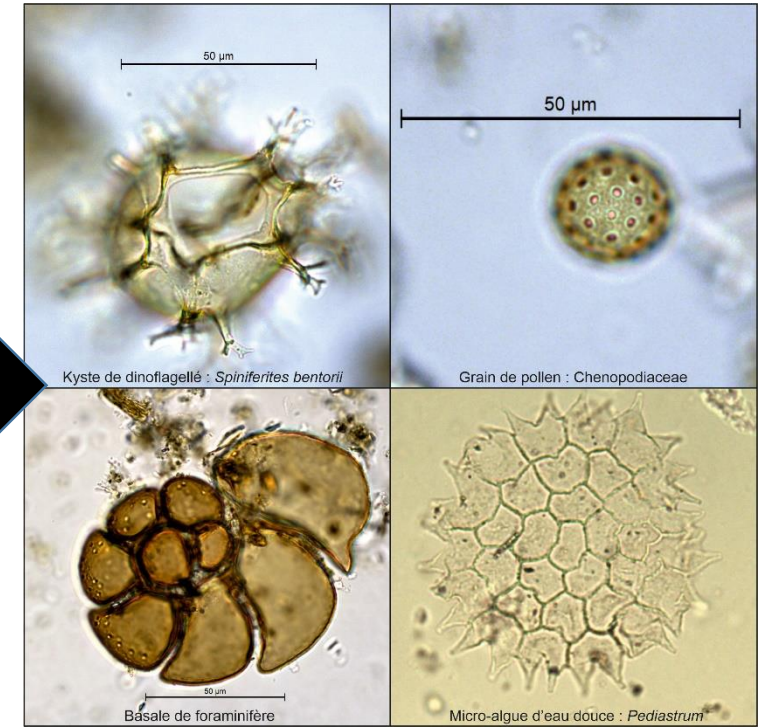
IROISE
SEA



Bay of Brest
WATERSHEDS



De la carotte aux palynomorphes ...

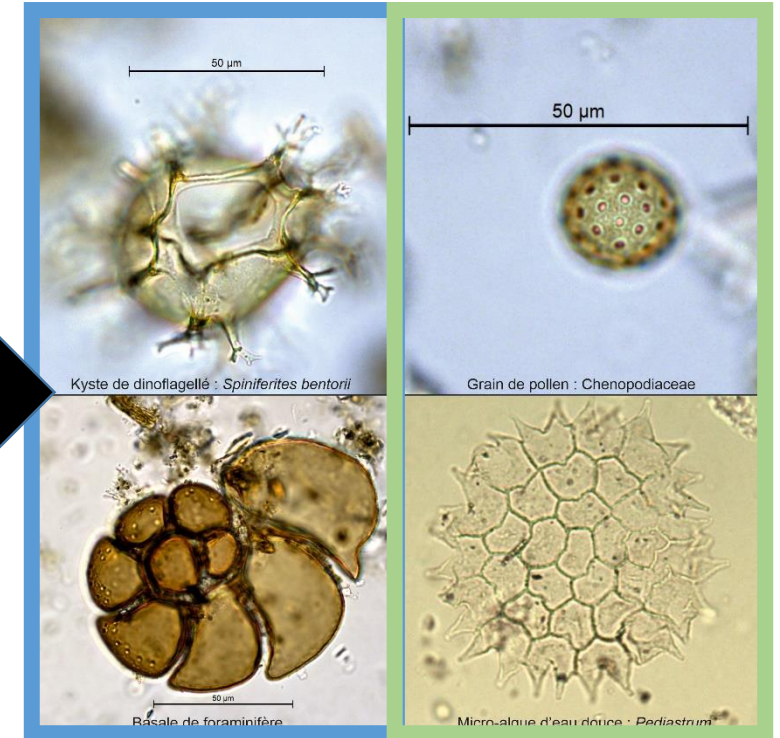


Fraction 10 – 150 µm

- Ajout de marqueurs exotiques (*Lycopodium*)
- Attaques chimiques : HCl et HF
- Comptage 300 individus/groupe sur lames palynologiques



De la carotte aux palynomorphes Marins et Continentaux

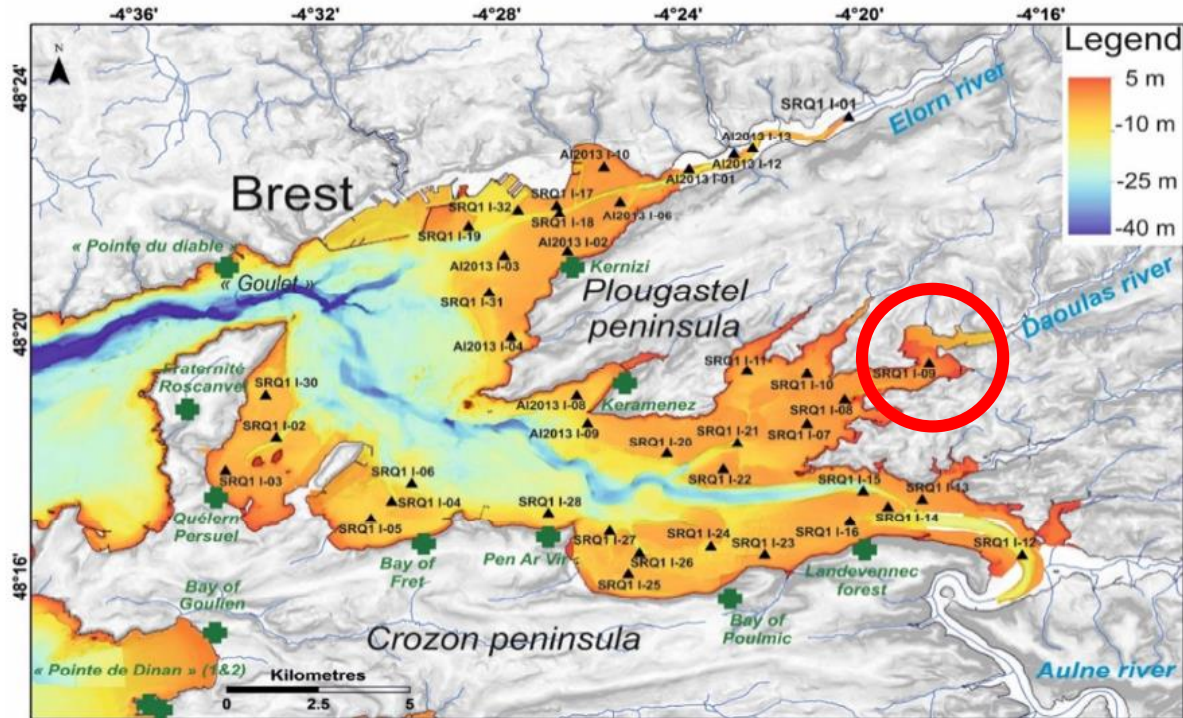


Fraction 10 – 150 µm

- Ajout de marqueurs exotiques (*Lycopodium*)
- Attaques chimiques : HCl et HF
- Comptage 300 individus/groupe sur lames palynologiques

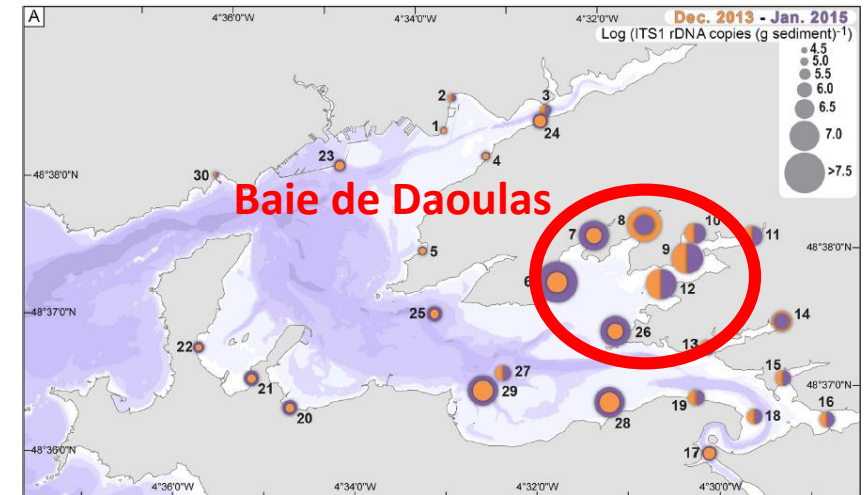
Campagne SERABEQ 1 : 20-26 Mai 2014, V/O
 Albert Lucas, IFREMER-IUEM, PhD Gwendoline
 Grégoire (Grégoire et al., 2016, 2017)

Carottes d'interface : 31 triangles noirs : premiers centimètres analysés en palynologie



A. minutum : nombre de copies d'ADN / g sédiments

Klouch et al., 2016a



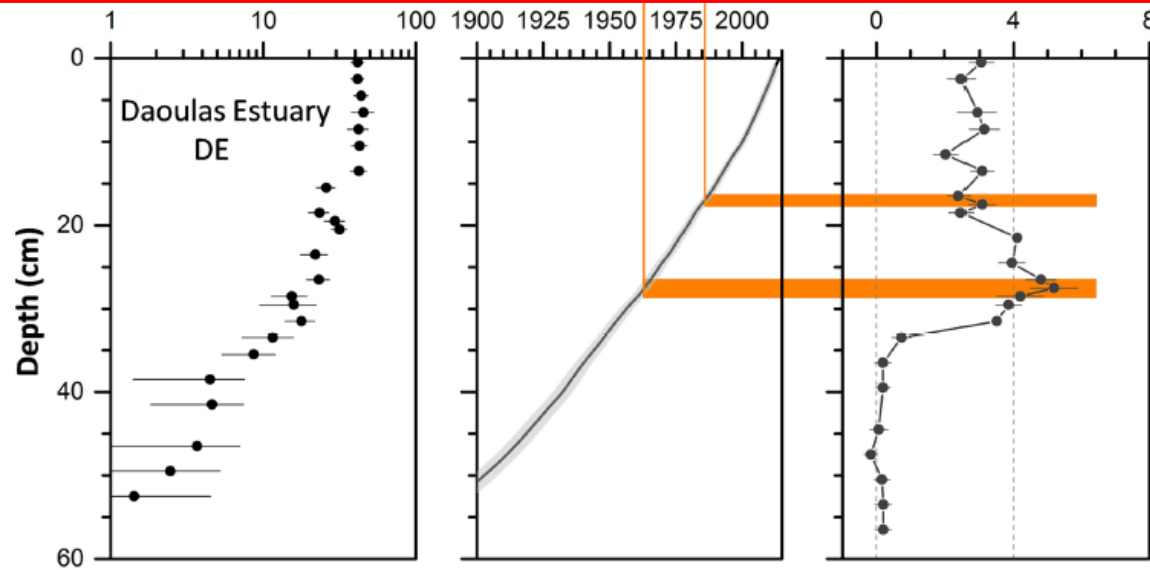
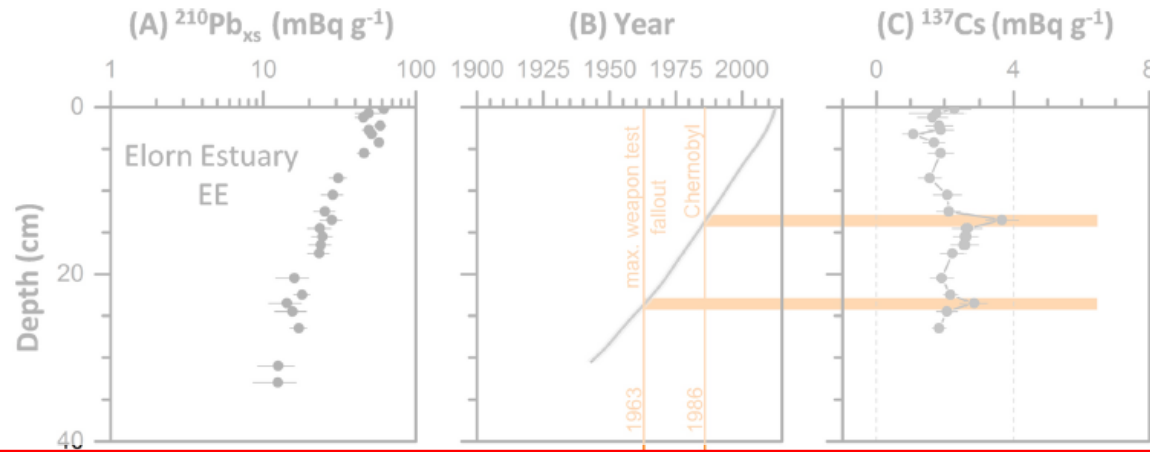
Projet EC2CO "Palmito" (2013-2015) – R. Siano

Analyse quantitative ciblée (qPCR): ADN fossile extrait des sédiments avec des kits d'extraction adaptés.

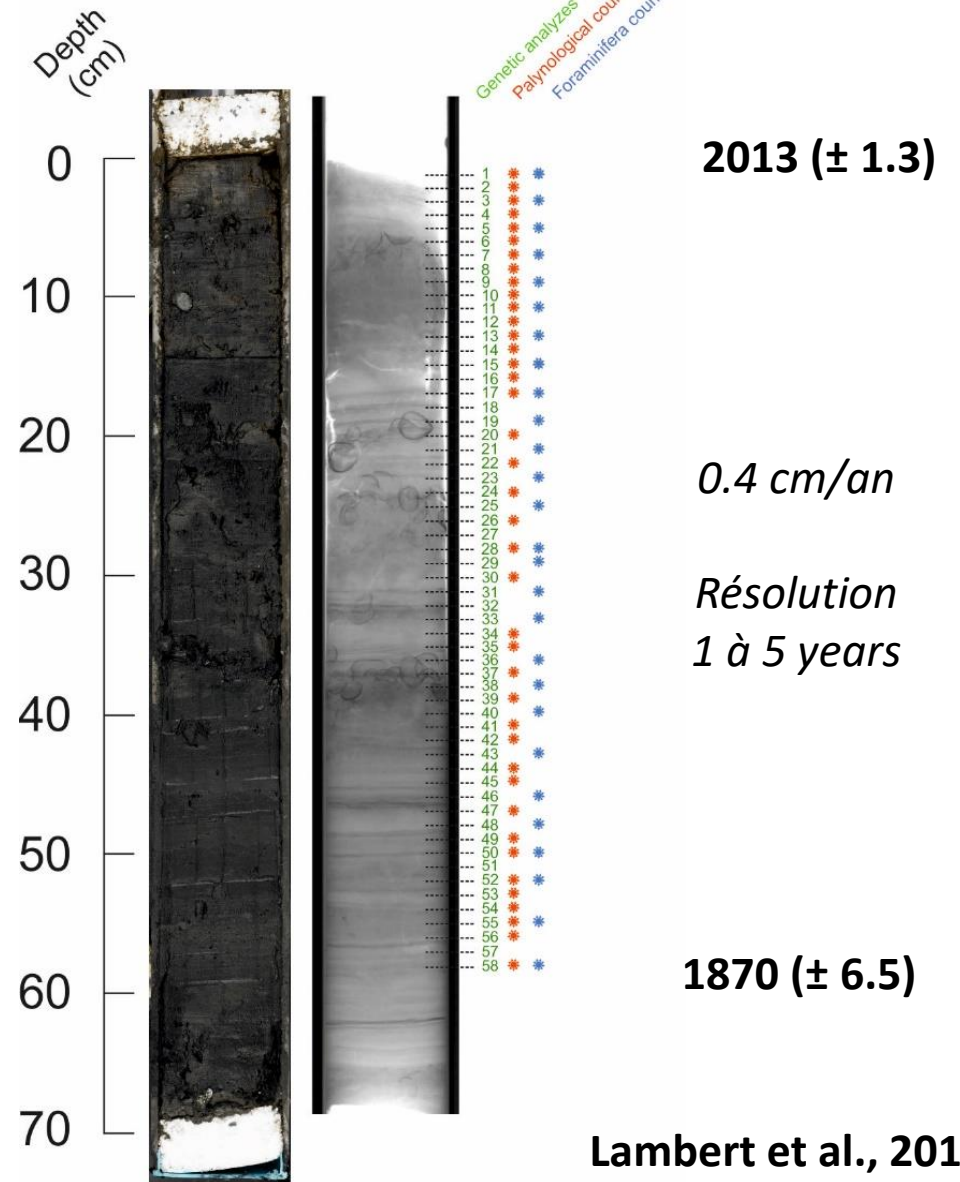
Différents taxa ont été recherchés par PCR ciblant différentes régions génomiques de l'ADNr (SSU, LSU, ITS).

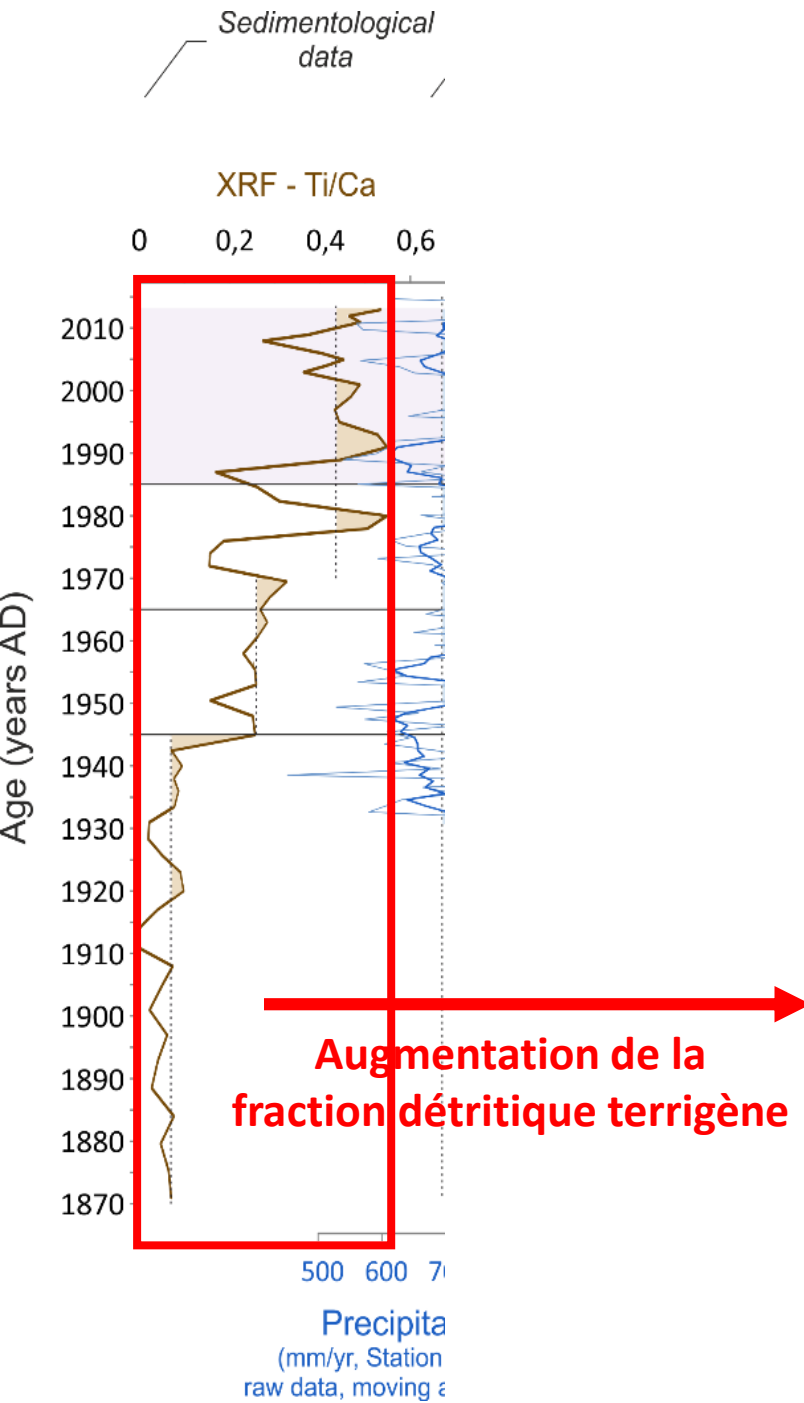
Le taxon *Alexandrium minutum* a été détecté par PCR quantitative (qPCR) à l'aide d'amorces spécifiques. (ITS rDNA).

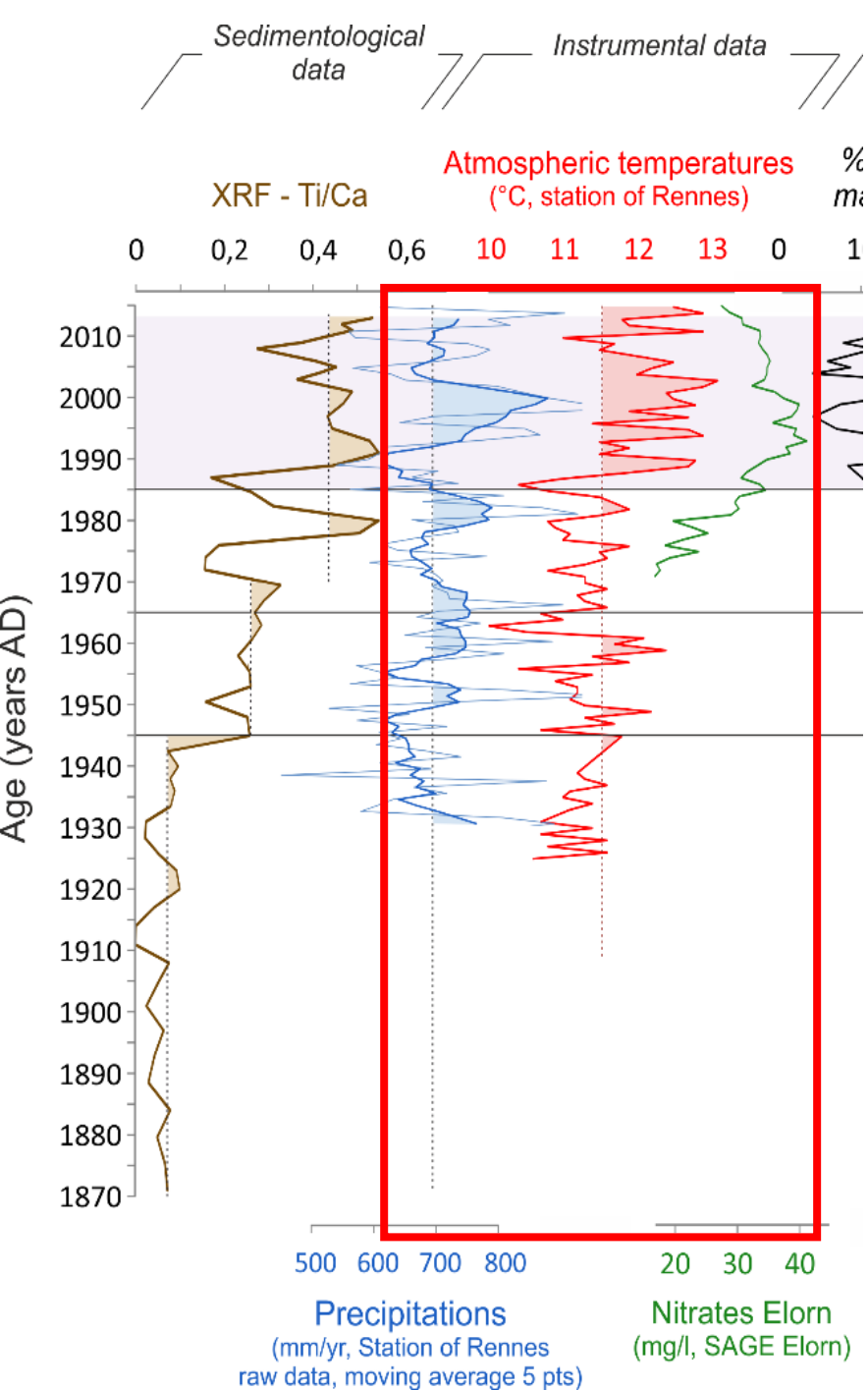
Carotte I_09 : Daoulas estuary



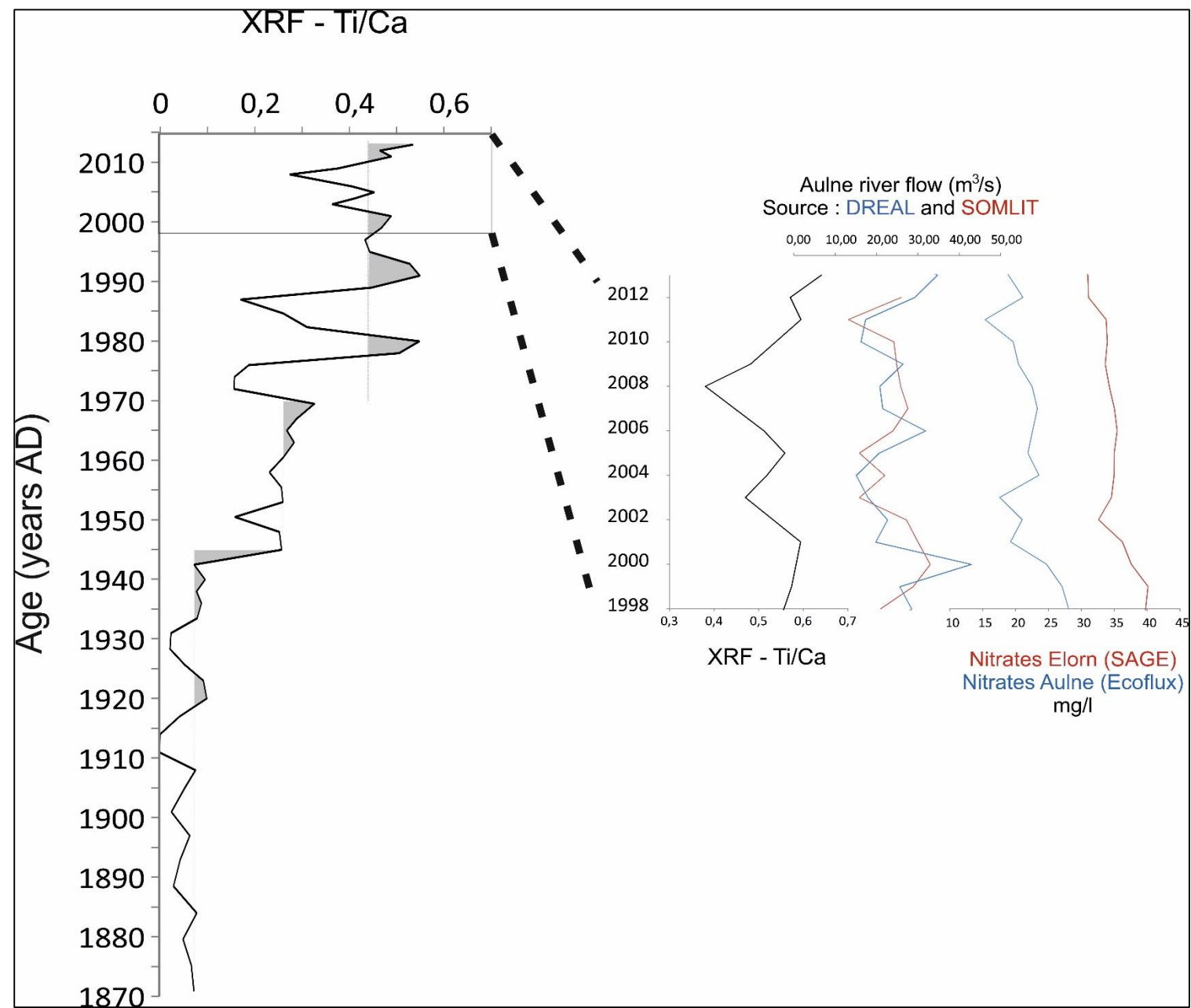
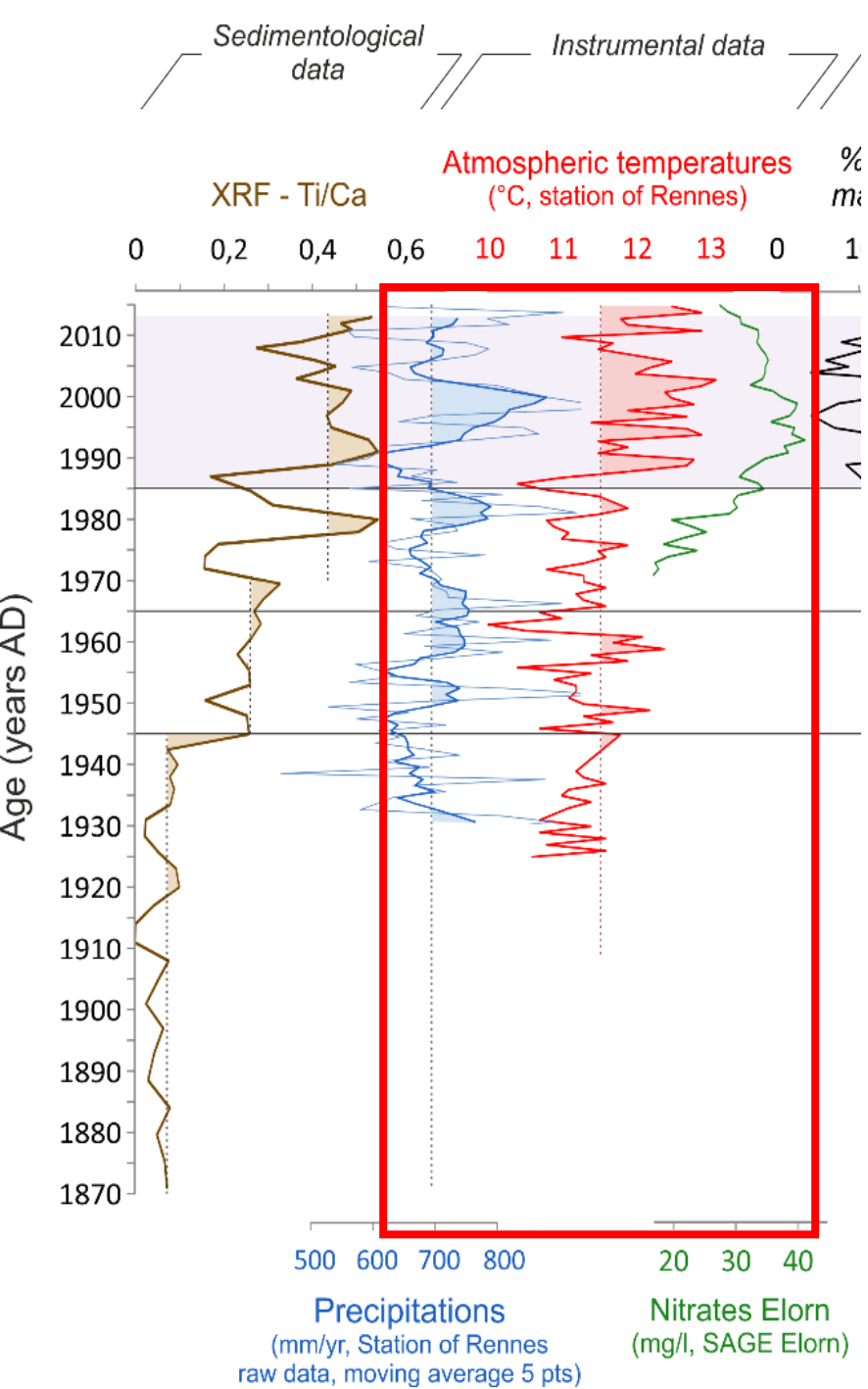
Klouch et al., 2016b



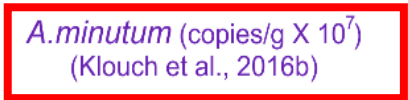




Données
Météorologiques
Nitrates



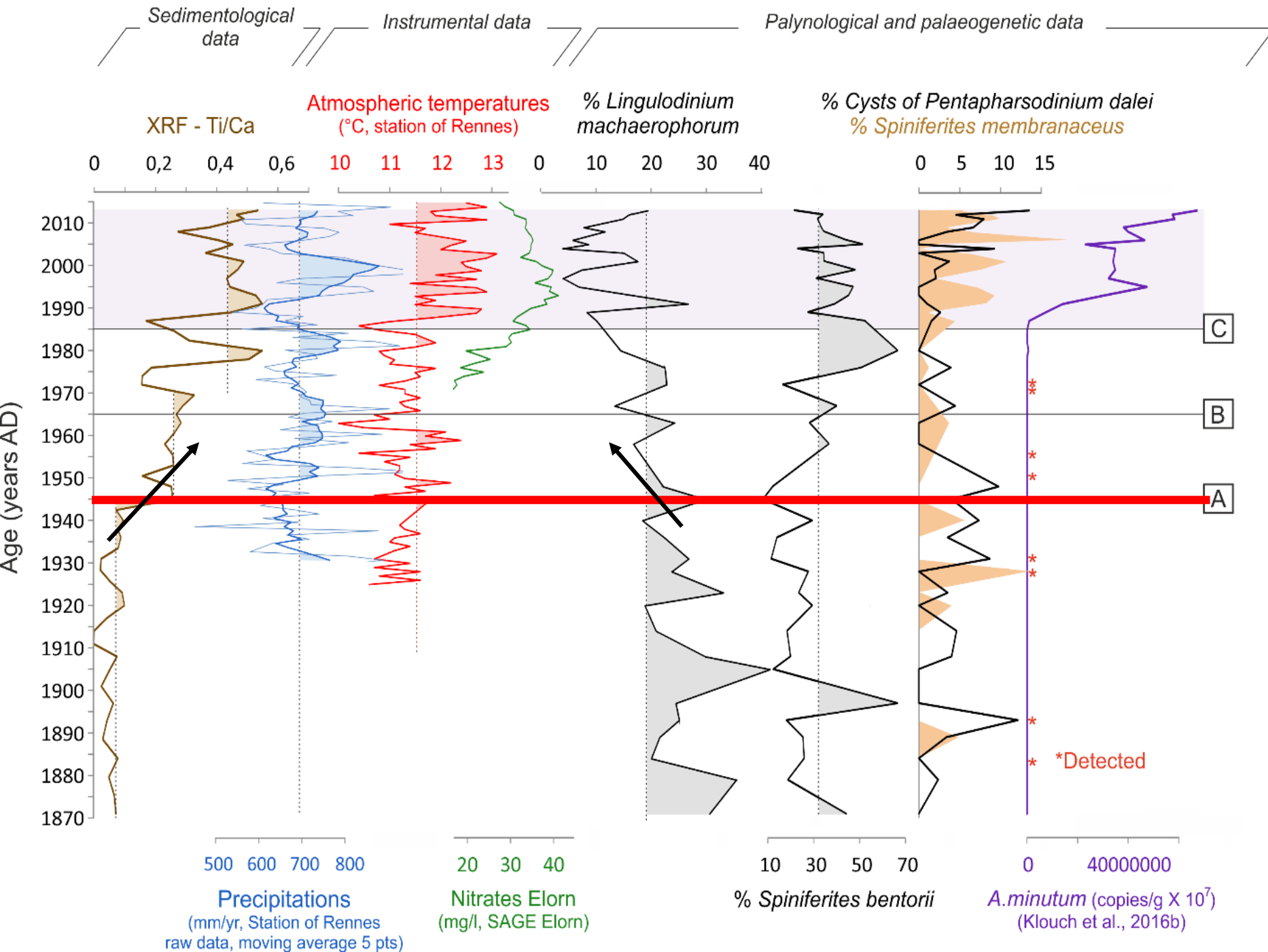




Dynamique long terme de dinoflagellés cibles telles que *Alexandrium minutum*

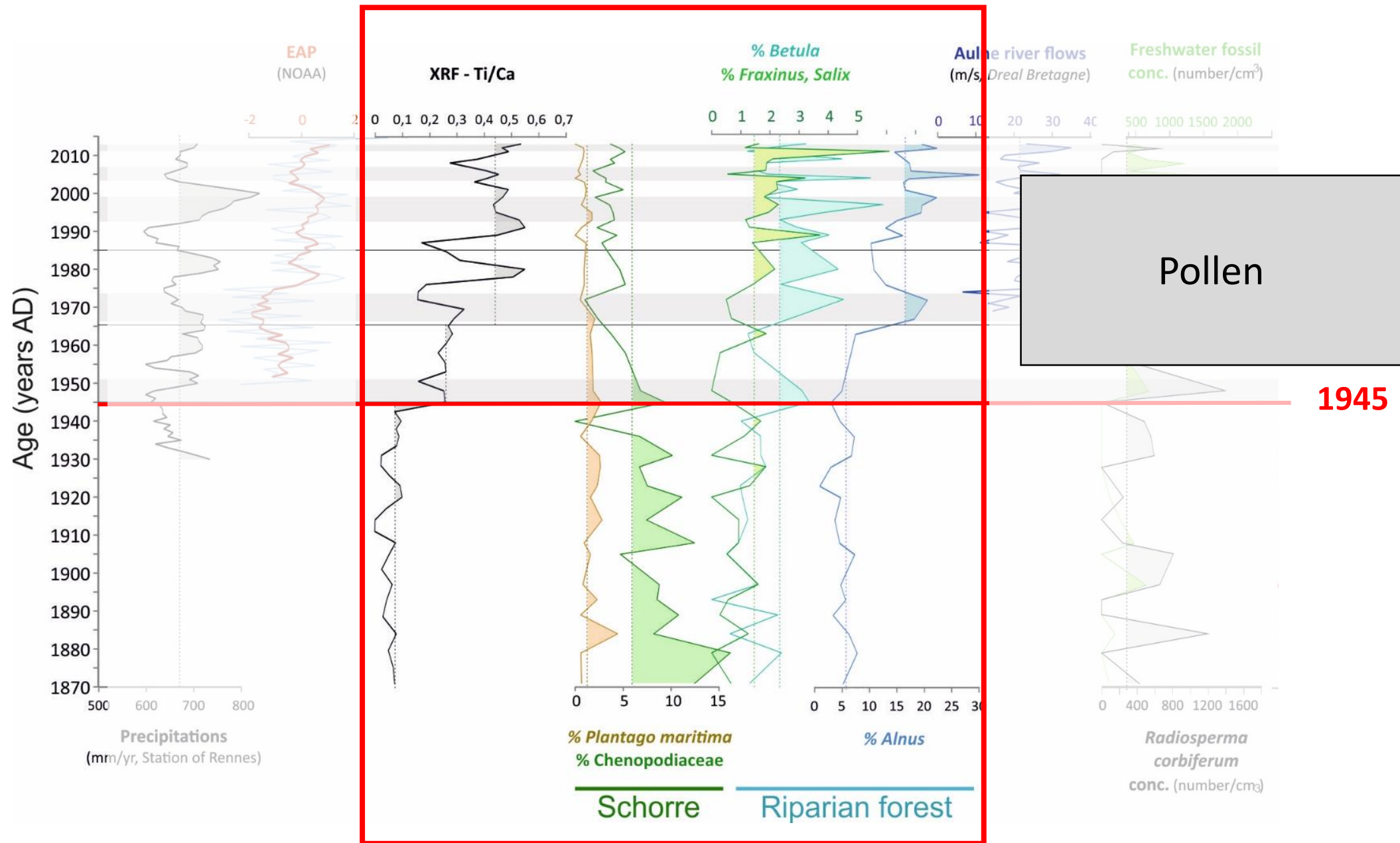
- Données quantitatives sur derniers 40 ans
- Traces génétiques les plus anciennes depuis 1873 AD
- Concentrations qui augmentent ces dernières années corroborent les données planctoniques depuis 1989

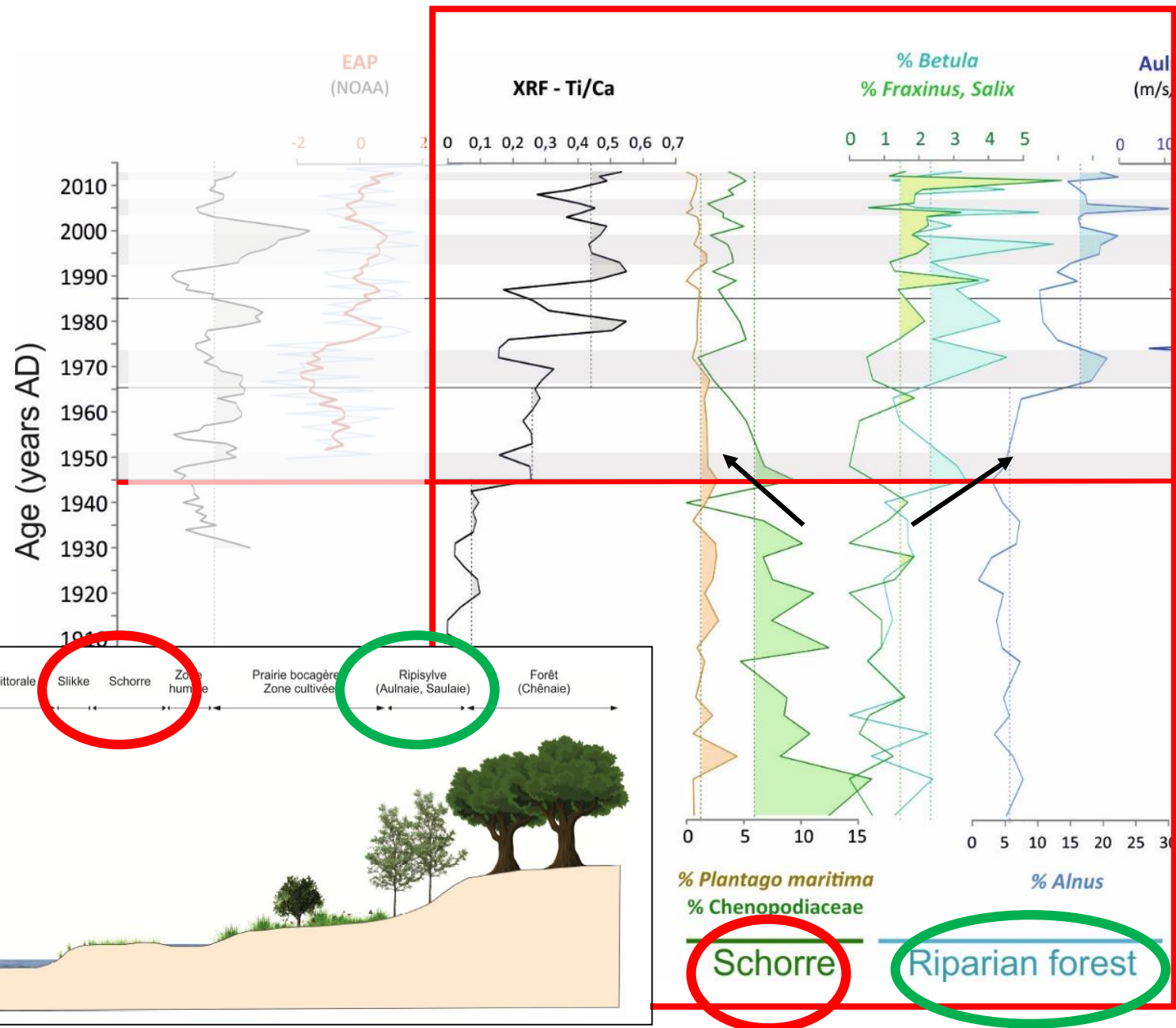
← Klouch et al., 2016b



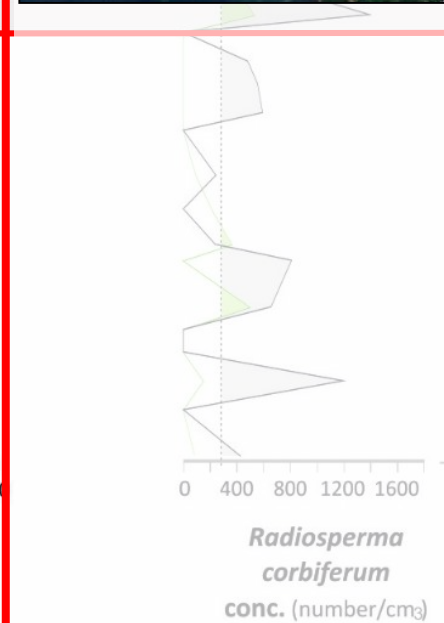
1945

Première détection sans
équivoque de l'augmentation
du ruissellement continental

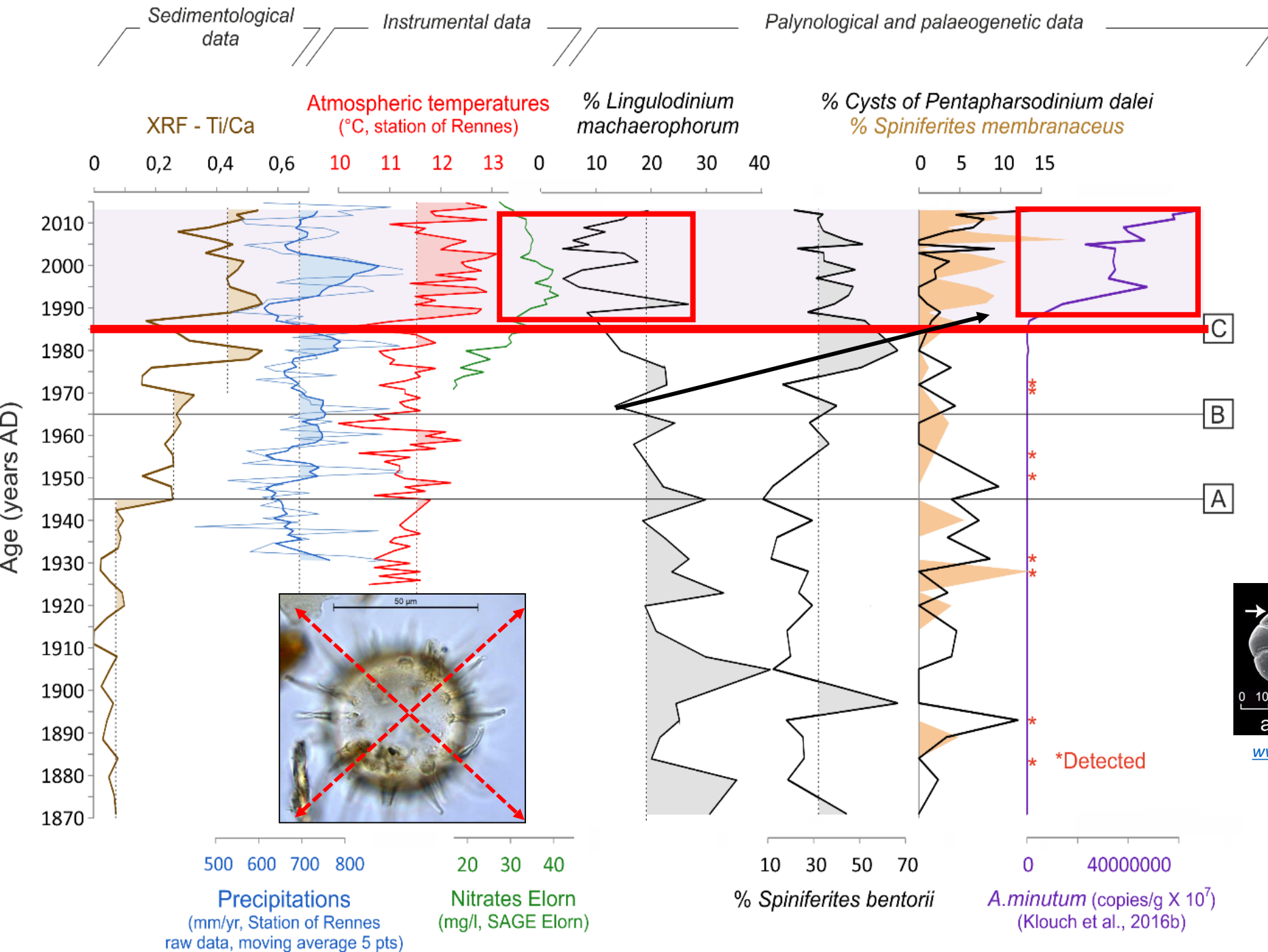




1945

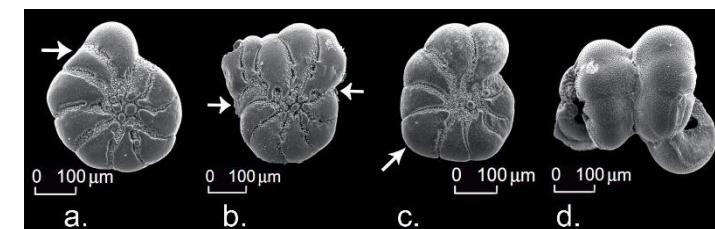


Lambert et al., 2018



1985

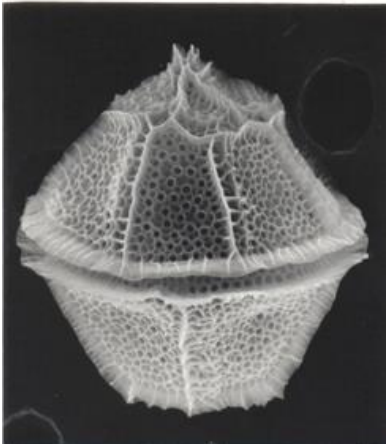
Prépondérance des signaux d'eutrophisation : changements dans les assemblages dinokystes avec l'augmentation des efflorescences algales toxiques



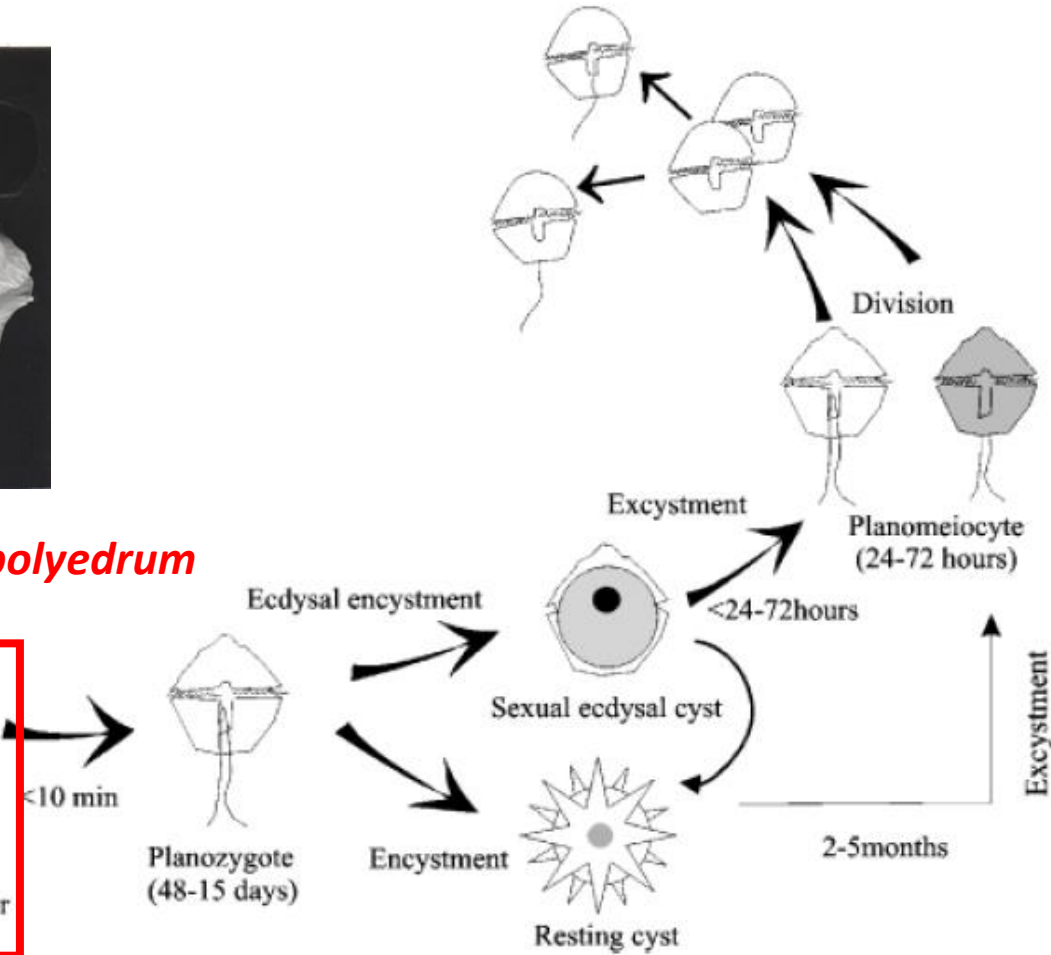
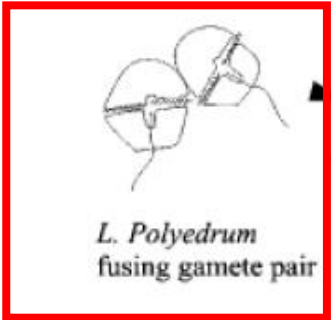
www.foraminifera.eu/, after Polovodova and Schönfeld 2008

Deformed foraminiferal shells

Cycle de vie des dinoflagellés : terminologie utilisée pour décrire les différentes étapes pour les espèces formant des kystes



Lingulodinium polyedrum



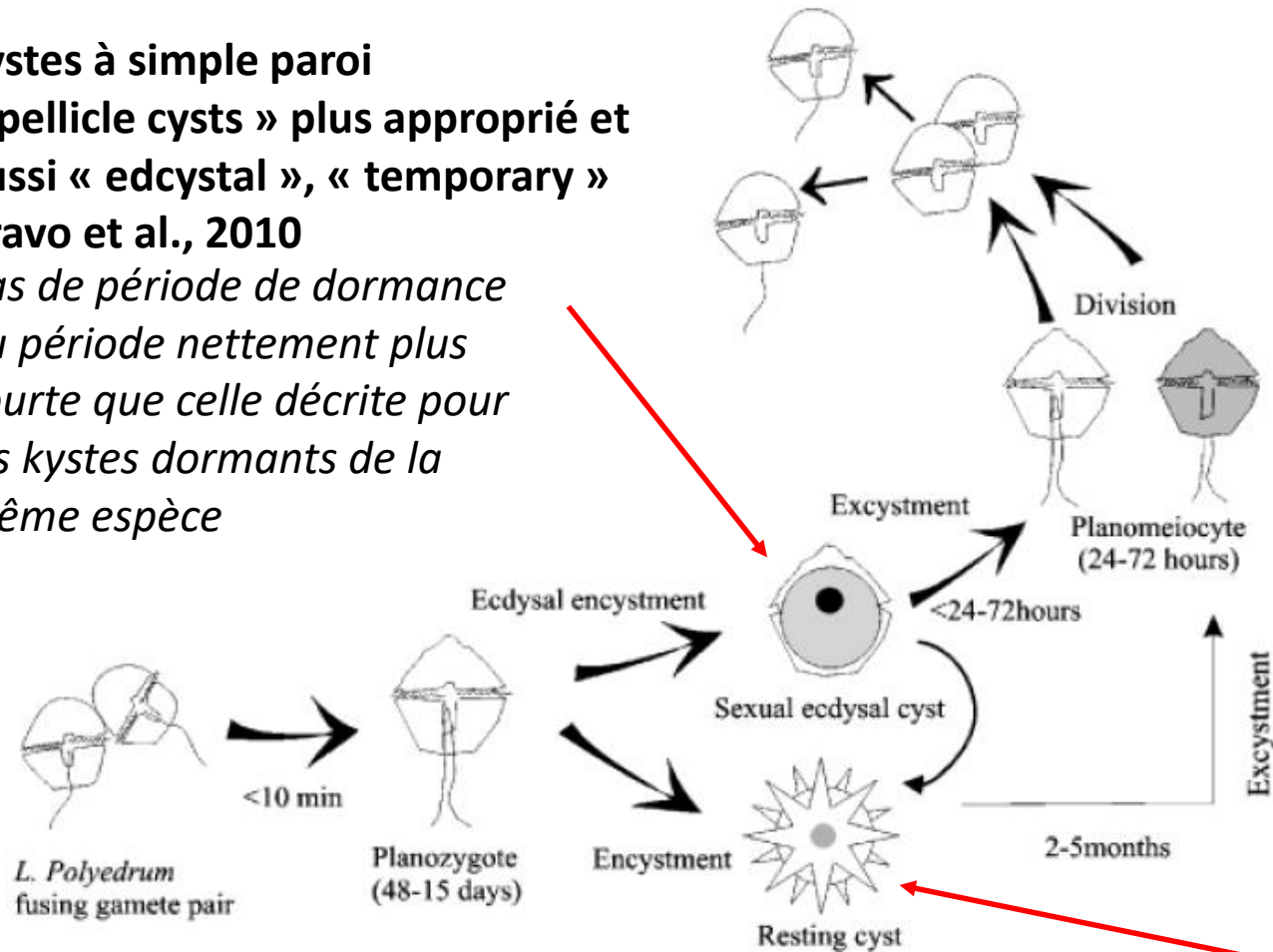
Cycle de vie des dinoflagellés : terminologie utilisée pour décrire les différentes étapes pour les espèces formant des kystes

Kystes à simple paroi

« pellicle cysts » plus approprié et aussi « edcystal », « temporary »

Bravo et al., 2010

pas de période de dormance ou période nettement plus courte que celle décrite pour les kystes dormants de la même espèce



Lingulodinium polyedrum « resting cyst » =
Lingulodinium machaerophorum



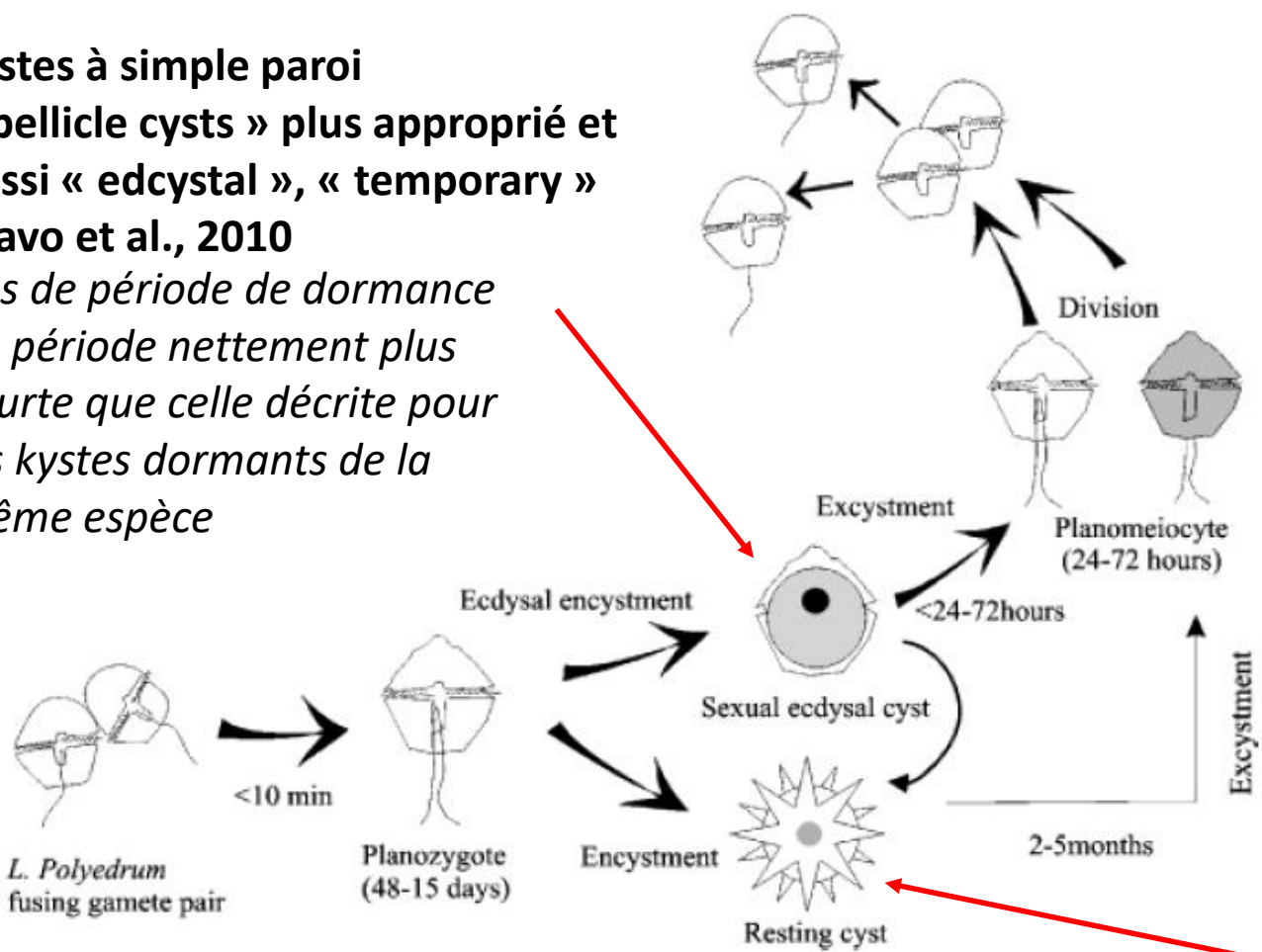
Figueroa and Bravo, 2005

Kystes à double paroi

kyste avec une période de dormance obligatoire
(Anderson and Wall, 1978)

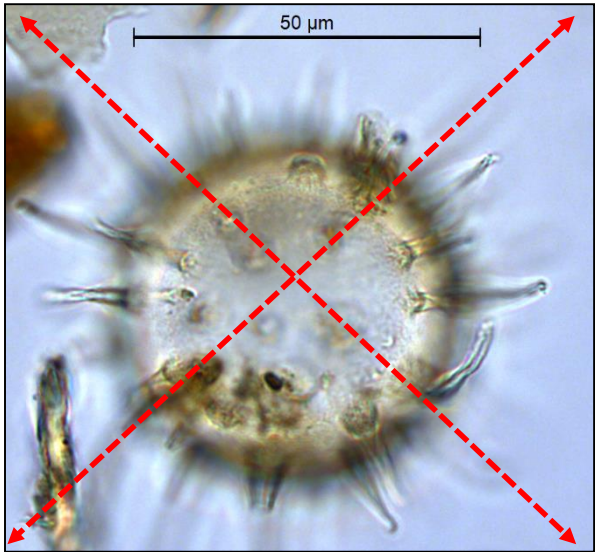
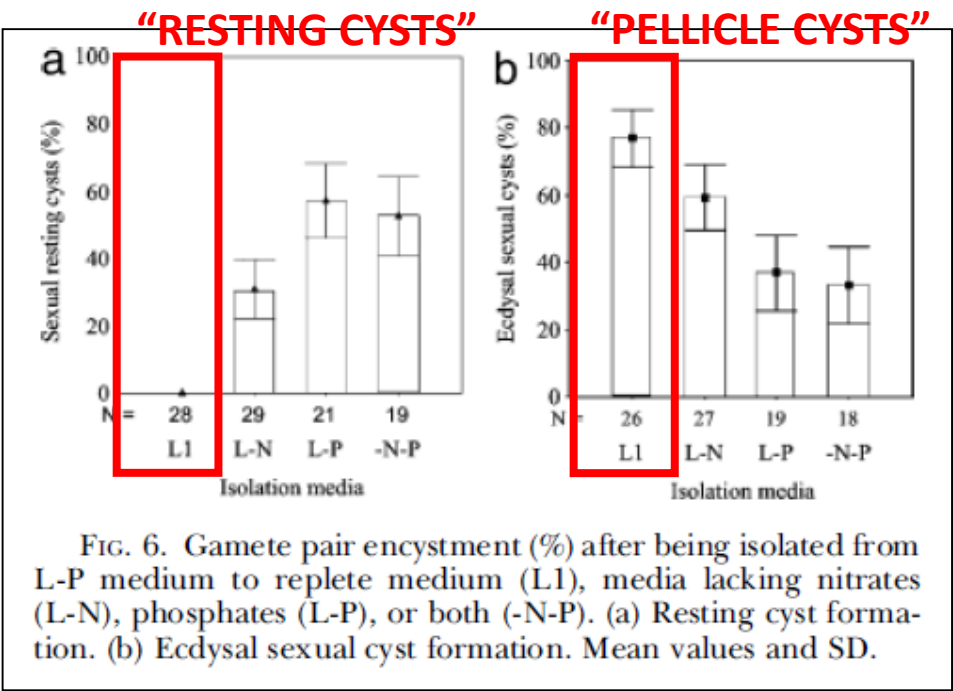
Cycle de vie des dinoflagellés : terminologie utilisée pour décrire les différentes étapes pour les espèces formant des kystes

Kystes à simple paroi
« pellicle cysts » plus approprié et aussi « edcystal », « temporary »
Bravo et al., 2010
pas de période de dormance ou période nettement plus courte que celle décrite pour les kystes dormants de la même espèce

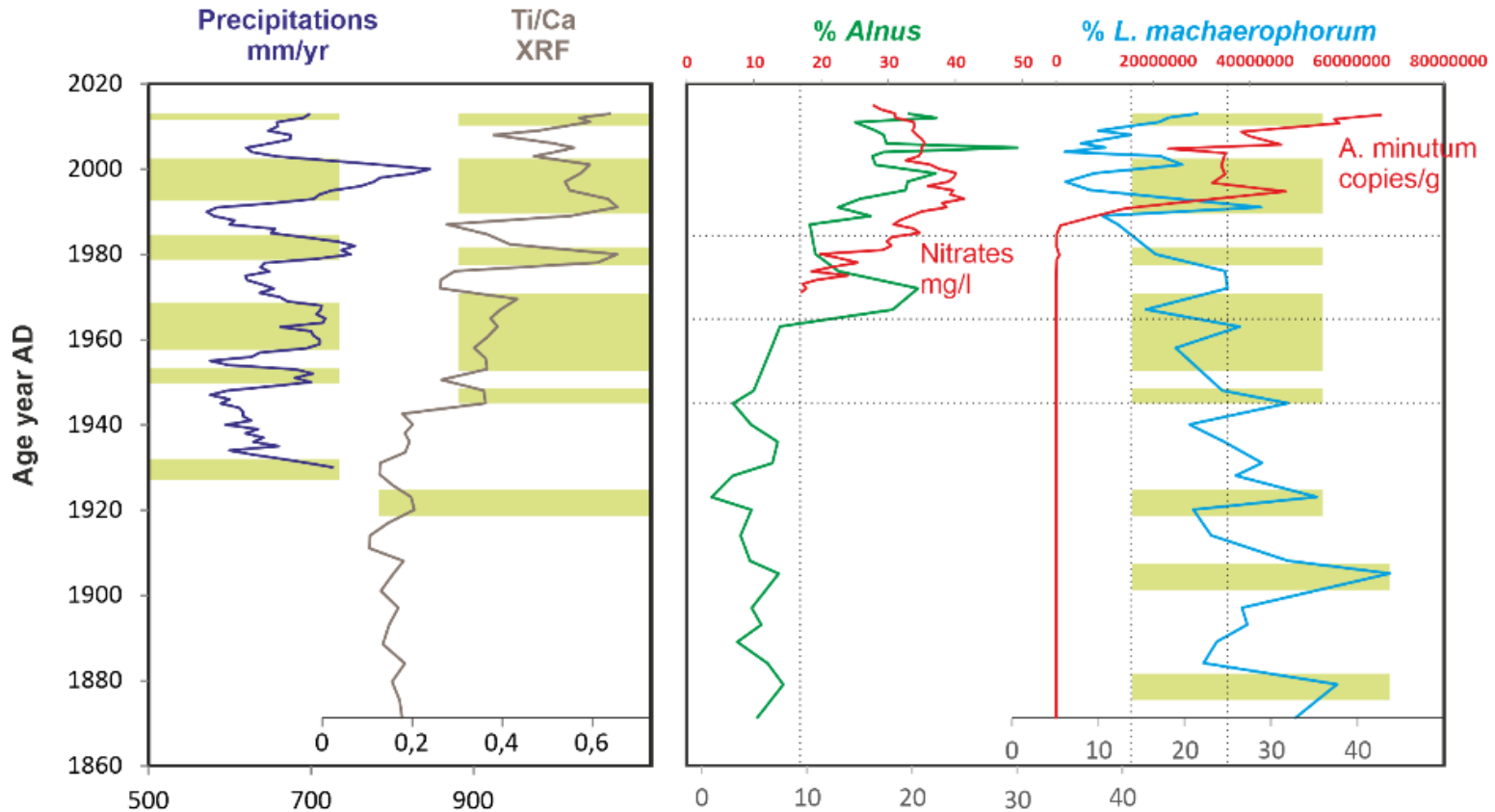


Kystes à double paroi
kyste avec une période de dormance obligatoire
(Anderson and Wall, 1978)

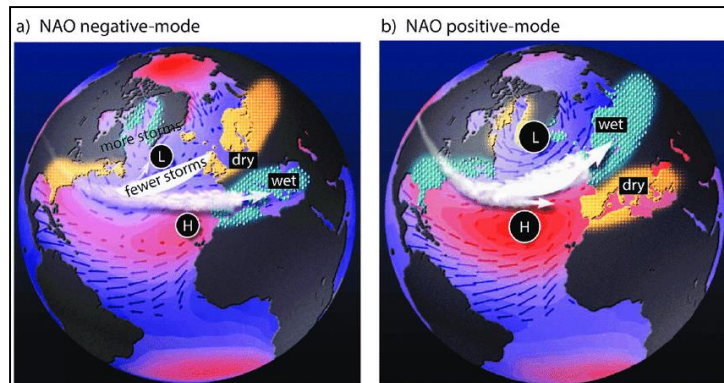
Figueroa and Bravo, 2005



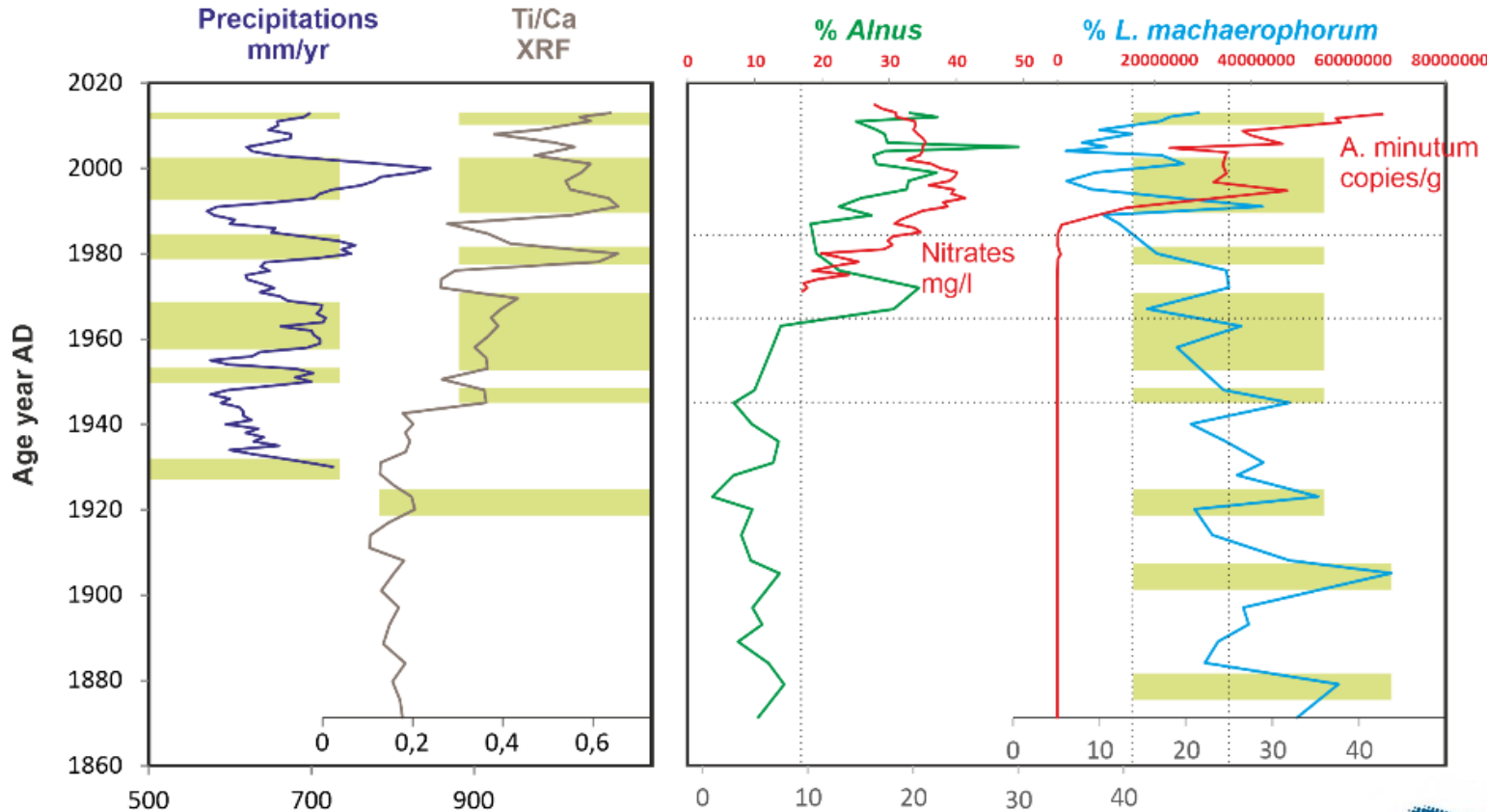
L. machaerophorum : un bio-indicateur estuarien de l'eutrophisation côtière ?



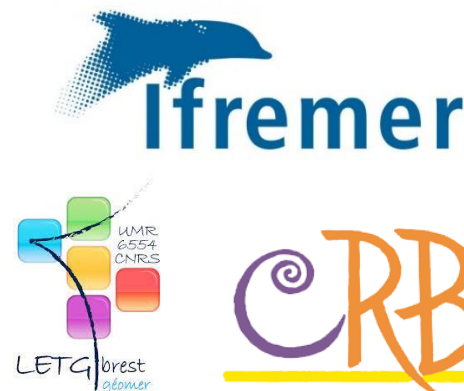
- **Variabilité interannuelle** du climat superposée dans les reconstructions et résultant d'oscillations climatiques naturelles

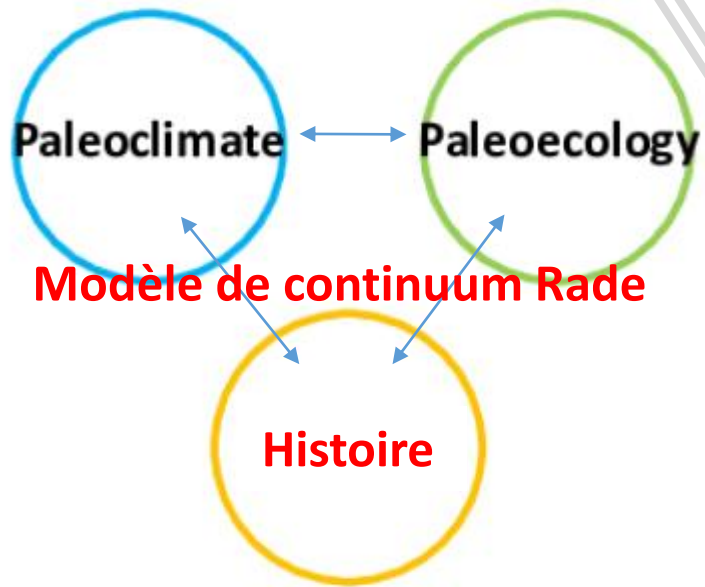


ANR JCJC ? Past to current land-sea continuum: socio-ecosystem trajectories derived from a regional pilot site



- **Variabilité interannuelle** du climat superposée dans les reconstructions et résultant d'oscillations climatiques naturelles
- **Trajectoires** socio-écosystémiques sur les derniers siècles avec une approche **pluri-bio-indicateurs** et **couplage modèle-données**
- **Ampleur** récente des **déséquilibres** des écosystèmes côtiers par rapport aux usages BVs : **histoire**





SEALEX : The SEA as a Long term socio-ecological Experiment - Coord. P. Stéphan, LETG-IUEM

WP 1 Construction of a cultural geodatabase
Coord. Y. Pailler
INRAP

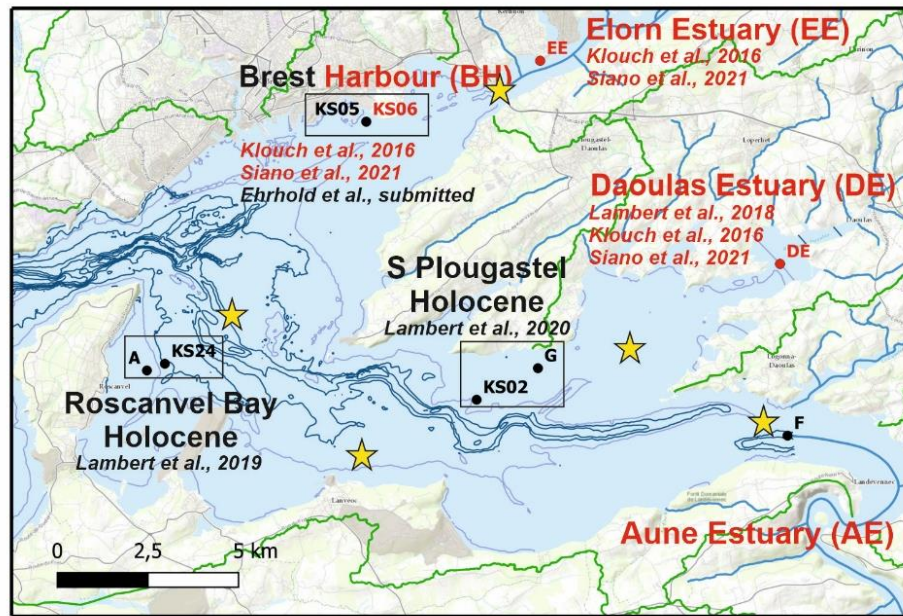
WP 2 Holocene environmental coastal changes
Coord. A. Penaud
LGO-IUEM

WP 3 Numerical models of past coastal hydrological processes
Coord. G. Charria
LOPS-IUEM-Iframer

WP 4 Development of virtual reality tools
Coord. R. Querrec
CERV

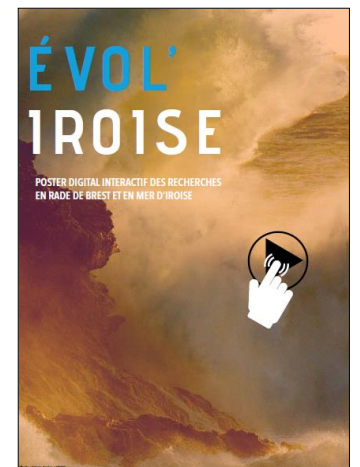
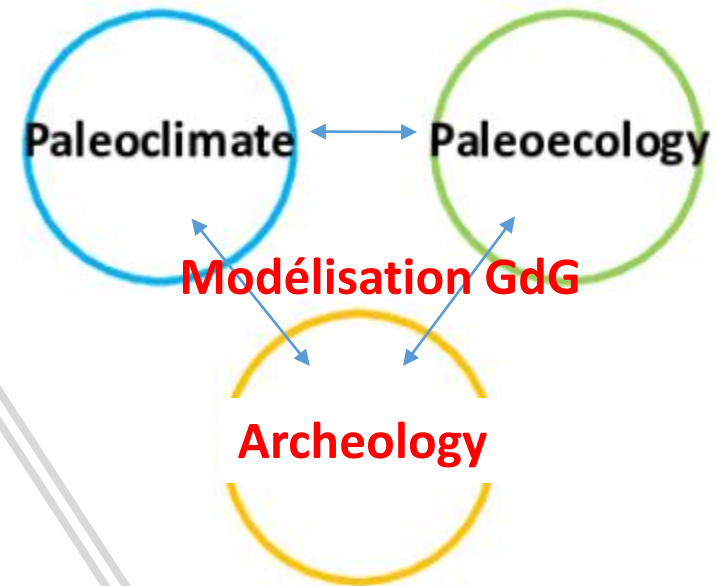
Synthesis : Chrono-systemic approaches : pre/proto/historical timelines for understanding socio-ecosystemic trajectories under natural climate changes - All Wps

Evol'Iroise : Innovative numerical tool dedicated to the transfer of interdisciplinary results to society

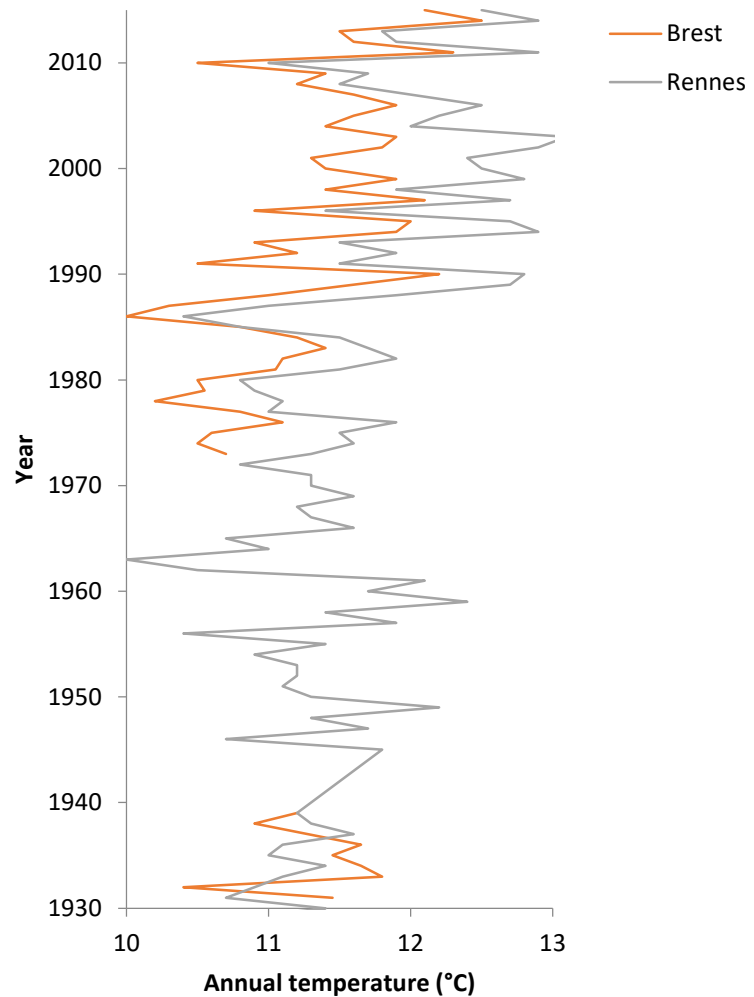


● Coring sites
Late Holocene

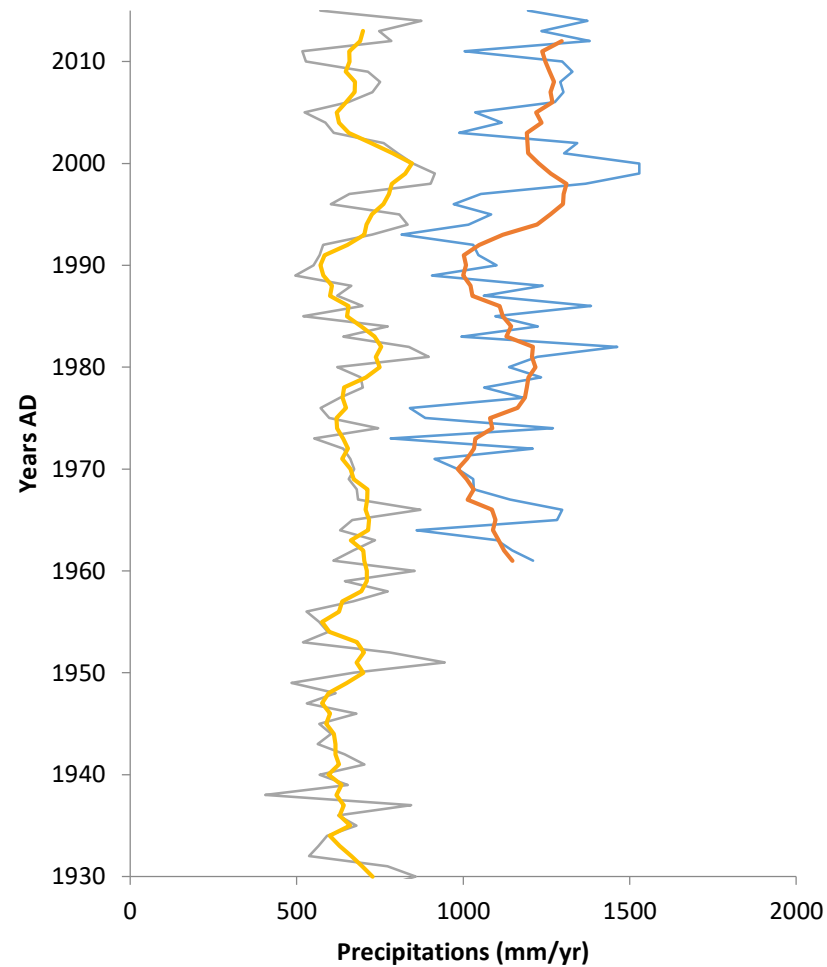
● Coring sites
last 150 years



atmospheric temperatures

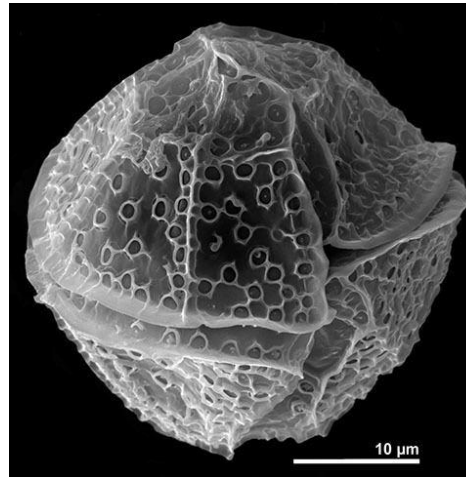
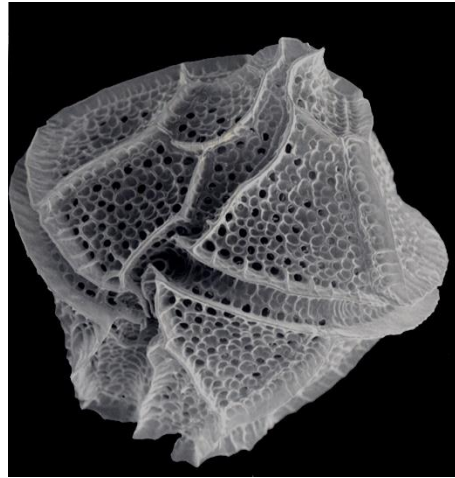
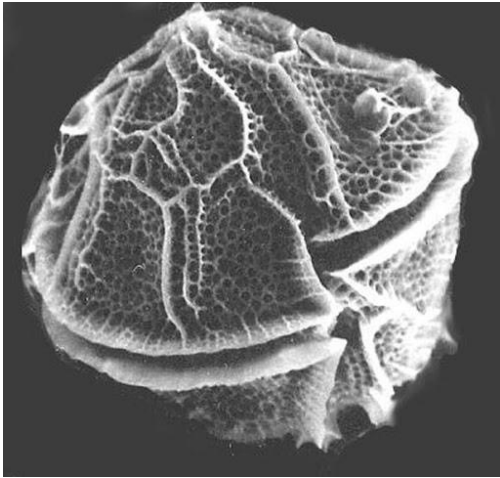


Precipitation Rennes and Brest

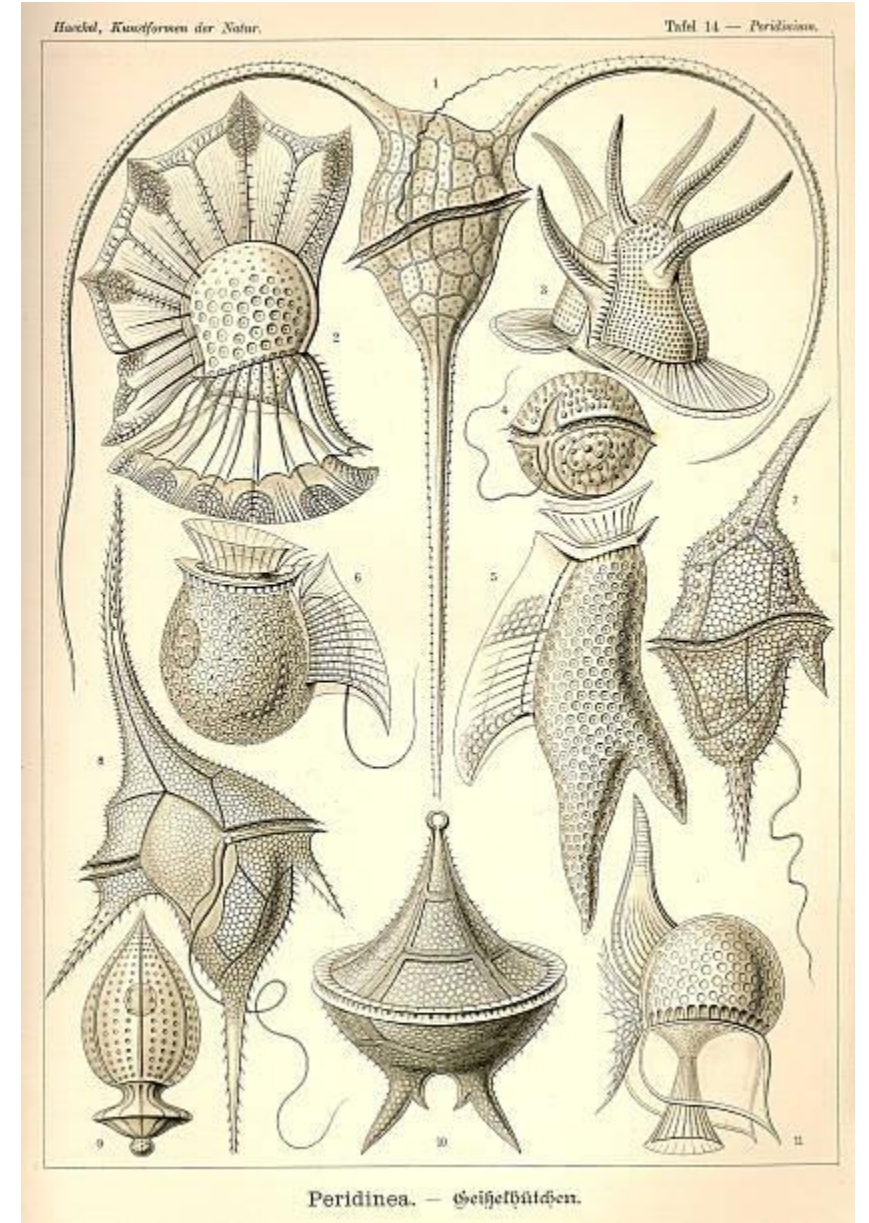


Dinoflagellés

- Dinoflagellés : **protistes**
- Appartiennent aux **Alvéolés (Alveolata)**
- Environ **2 377 espèces** connues (Gomez, 2012)



Lingulodinium polyedrum



Dinoflagellés

- Dinoflagellés : **protistes**
- Appartiennent aux **Alvéolés (Alveolata)**
- Environ **2 377 espèces** connues
- Dans tous les environnements aquatiques, surtout **marins**, seulement 350 espèces d'eaux douces (Moestrup et Calado, 2018)
- **Planctoniques** (91%) pour la plupart et le reste colonisant les **habitats benthiques**

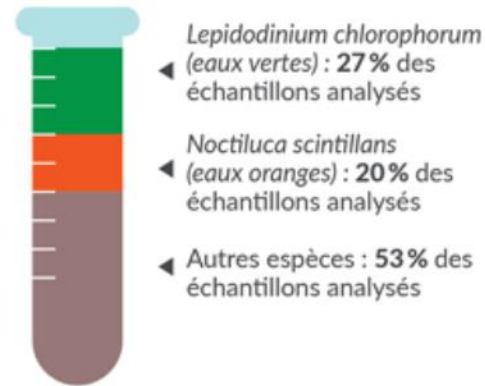


Dinoflagellés

- Dinoflagellés : **protistes**
- Appartiennent aux **Alvéolés (Alveolata)**
- Environ **2 377 espèces** connues
- Dans tous les environnements aquatiques, surtout **marins**, seulement 350 espèces d'eaux douces (Moestrup et Calado, 2018)
- **Planctoniques** (91%) pour la plupart et le reste colonisant les **habitats benthiques**
- 51% avec mode de vie **hétérotrophe strict**, les autres **possèdent des chloroplastes**
- La plupart : **libres** vs. une minorité (<10%) : **parasitaire** ou **symbiotique** (Gomez, 2012)

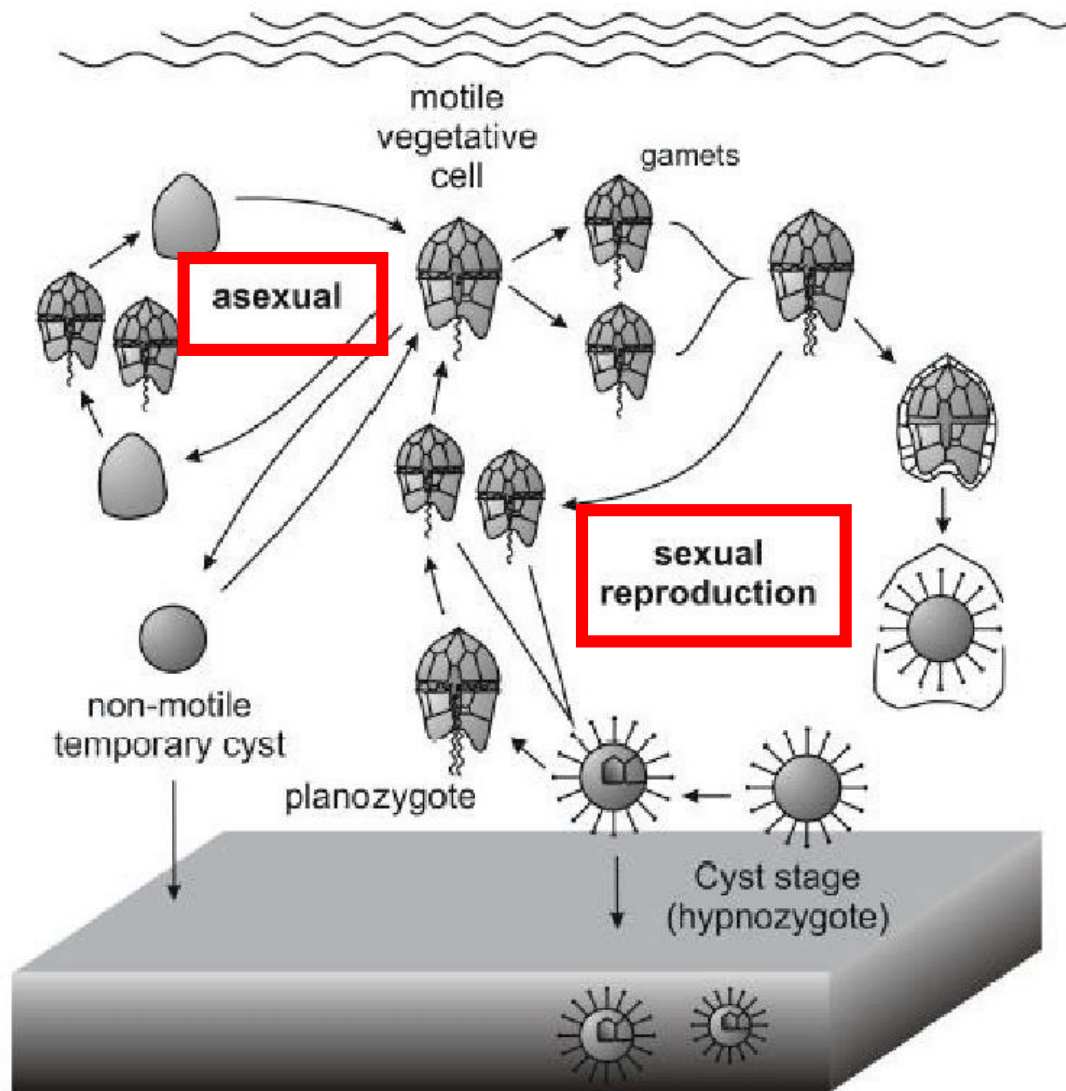
Dinoflagellés

- Dinoflagellés : **protistes**
- Appartiennent aux **Alvéolés (Alveolata)**
- Environ **2 377 espèces** connues
- Dans tous les environnements aquatiques, surtout **marins**, seulement 350 espèces d'eaux douces (Moestrup et Calado, 2018)
- **Planctoniques** (91%) pour la plupart et le reste colonisant les **habitats benthiques**
- 51% avec mode de vie **hétérotrophe strict**, les autres **possèdent des chloroplastes**
- La plupart : **libres** vs. une minorité (<10%) : **parasitaire** ou **symbiotique** (Gomez, 2012)
- Certains sont associés à des **bloom algaires toxiques** ou **HABs** (Hallegraeff, 1995)



Dinoflagellés

Dinoflagellés : cycle de vie complexe avec phases asexuées et sexuées



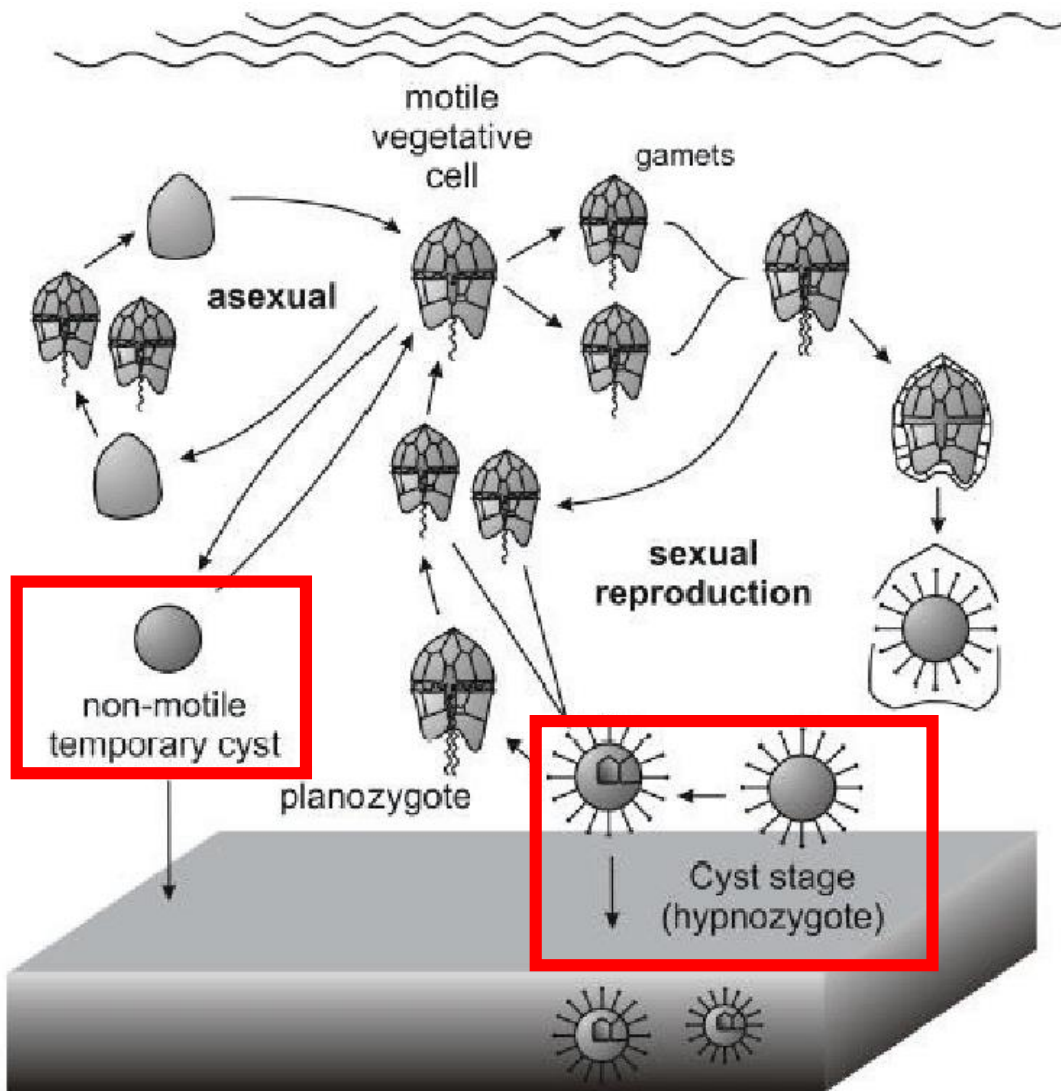
Cycle de vie simplifié des dinoflagellés produisant des kystes (from Bockelmann, 2007, after Dale, 1986)

Dinokystes

Dinoflagellés : cycle de vie complexe avec phases asexuées et sexuées

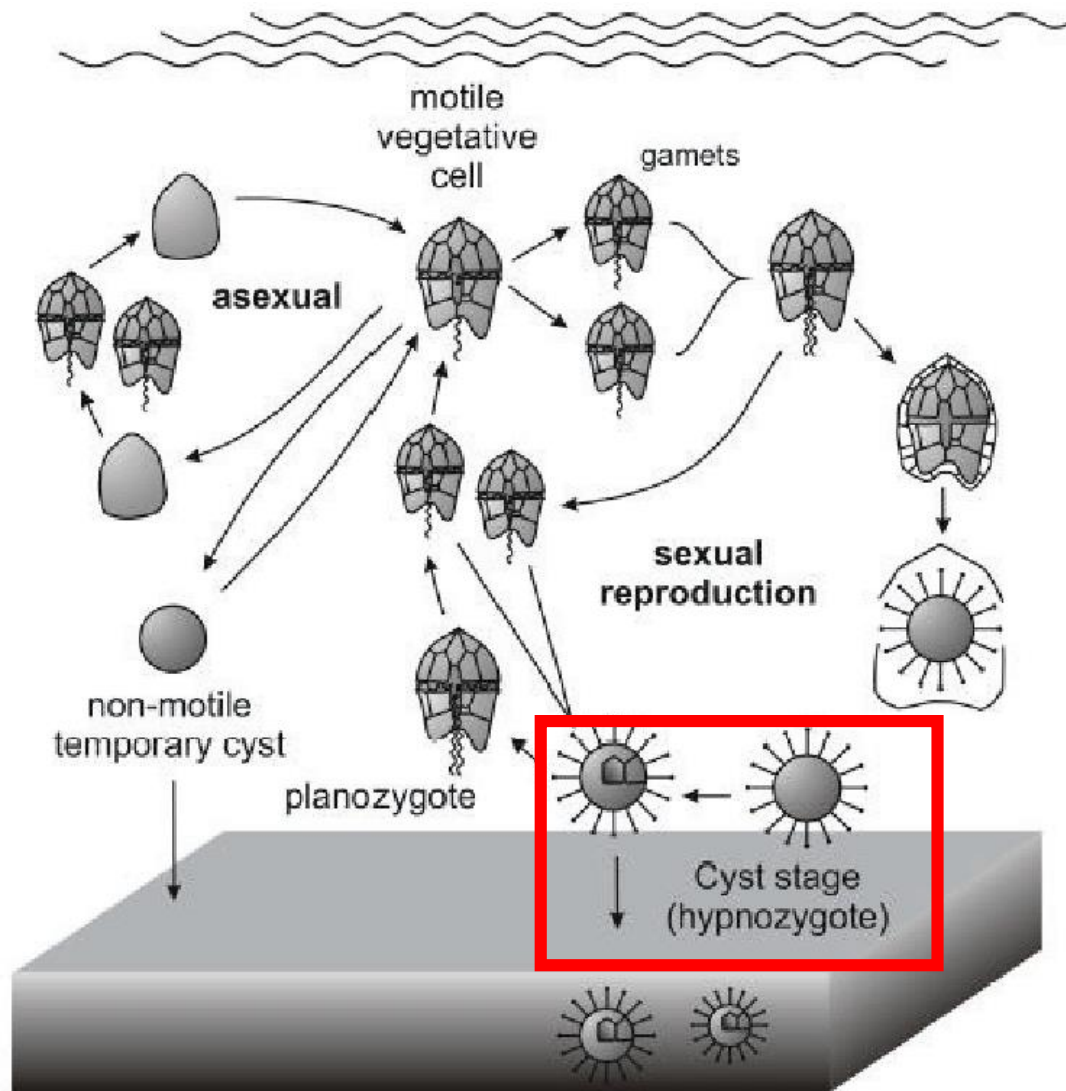
Kystes de dinoflagellés (dinokystes) formés par 2 voies de reproduction (>542 espèces, 23%)

[Surtout par : Peridiniales, Gonyaulacales, Gymnodiniales, Prorocentrales ...]



Cycle de vie simplifié des dinoflagellés produisant des kystes (from Bockelmann, 2007, after Dale, 1986)

Dinokystes



Cycle de vie simplifié des dinoflagellés produisant des kystes (from Bockelmann, 2007, after Dale, 1986)

Dinoflagellés : cycle de vie complexe avec phases asexuées et sexuées

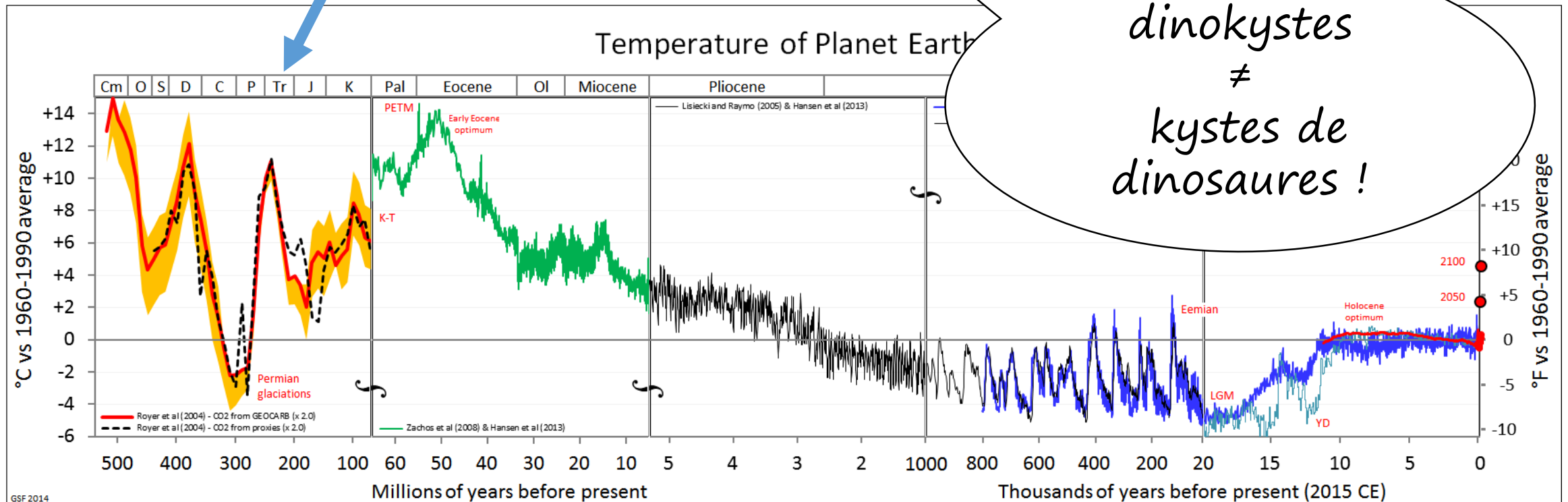
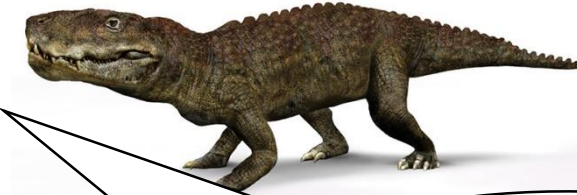
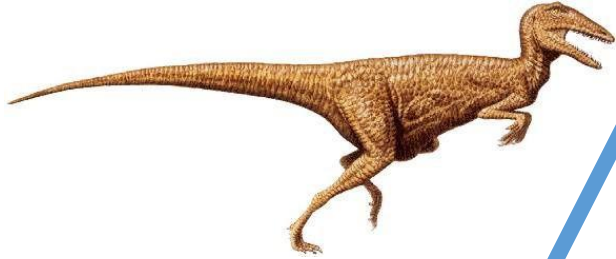
Kystes de dinoflagellés (dinokystes) formés par 2 voies de reproduction (>542 espèces, 23%)

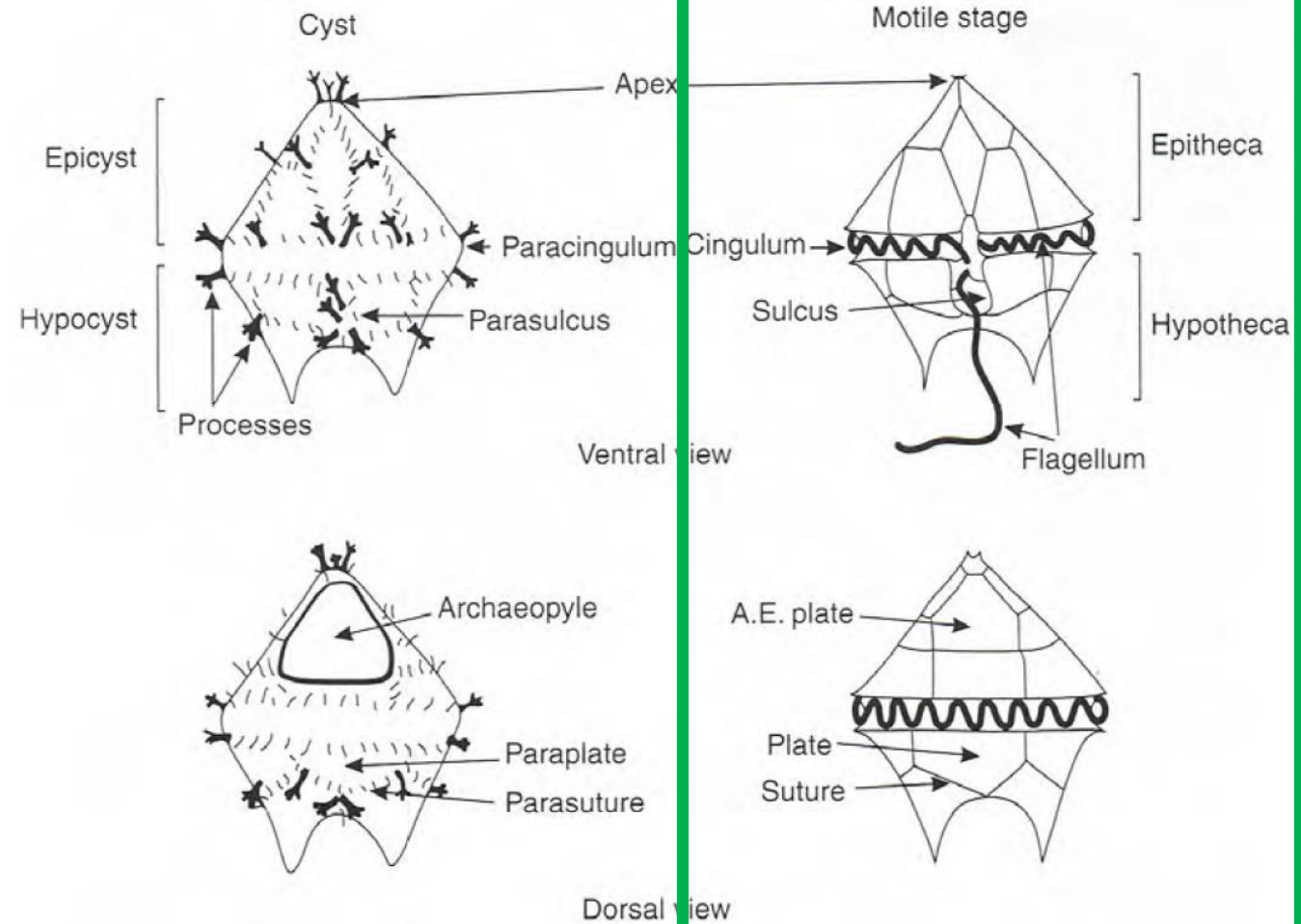
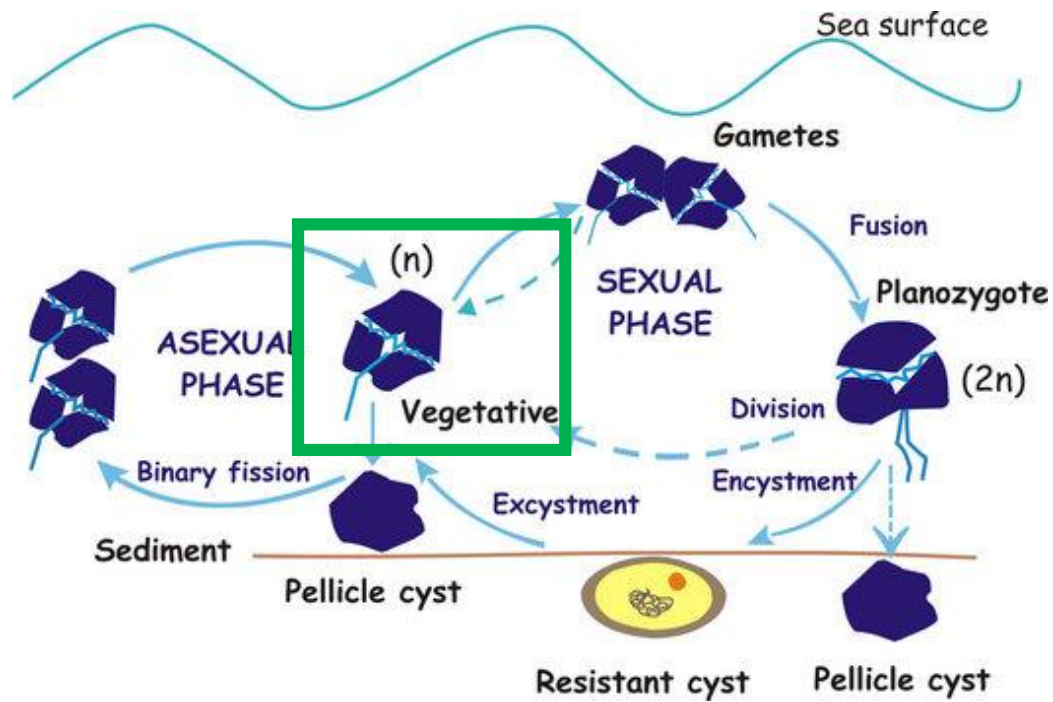
[Surtout par : Peridinales, Gonyaulacales, Gymnodinales, Prorocentrales ...]

ca. 13-16% des dinoflagellés produisent des kystes fossilisés ou *resting cysts* (Head, 1996)

→ Bio-stratigraphie, paleo-géographie, paléo-écologie, **reconstructions paléoenvironnementales au sens large**

- **Dinokystes** très utilisés en **biostratigraphie** et **paléogéographie** sur Mésozoïque-Cénozoïque ; premières apparitions géologiques indiscutables au **TRIAS** (ca. 240 Ma), Gonyaulacales et Peridinales au Jurassique inférieur.

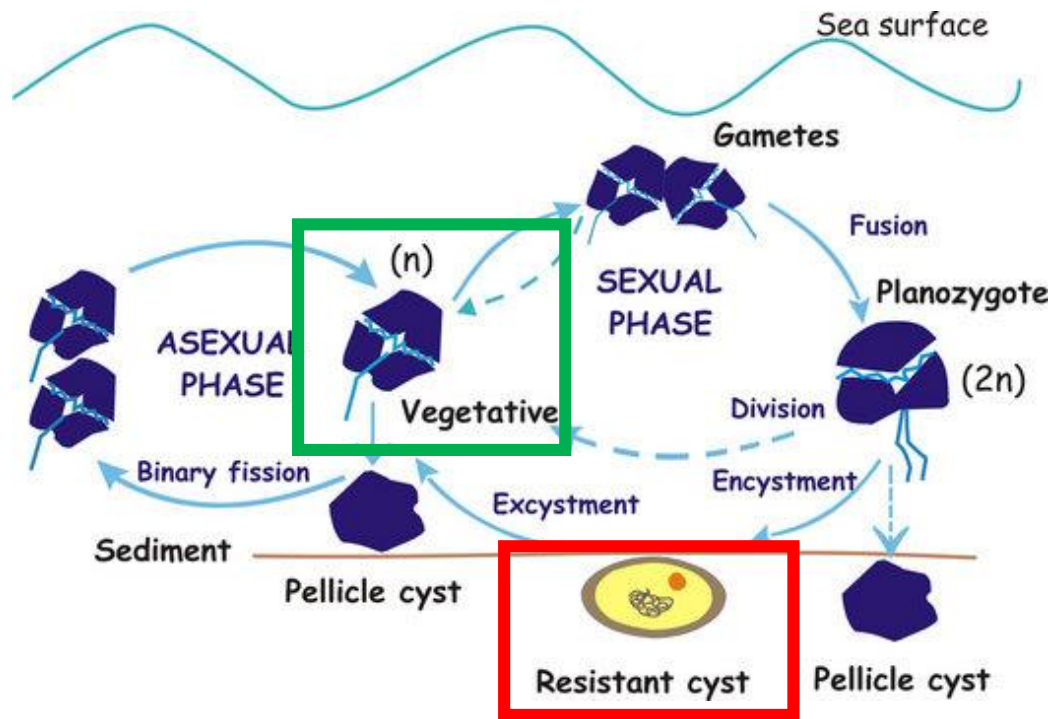




Etude **morphologique**

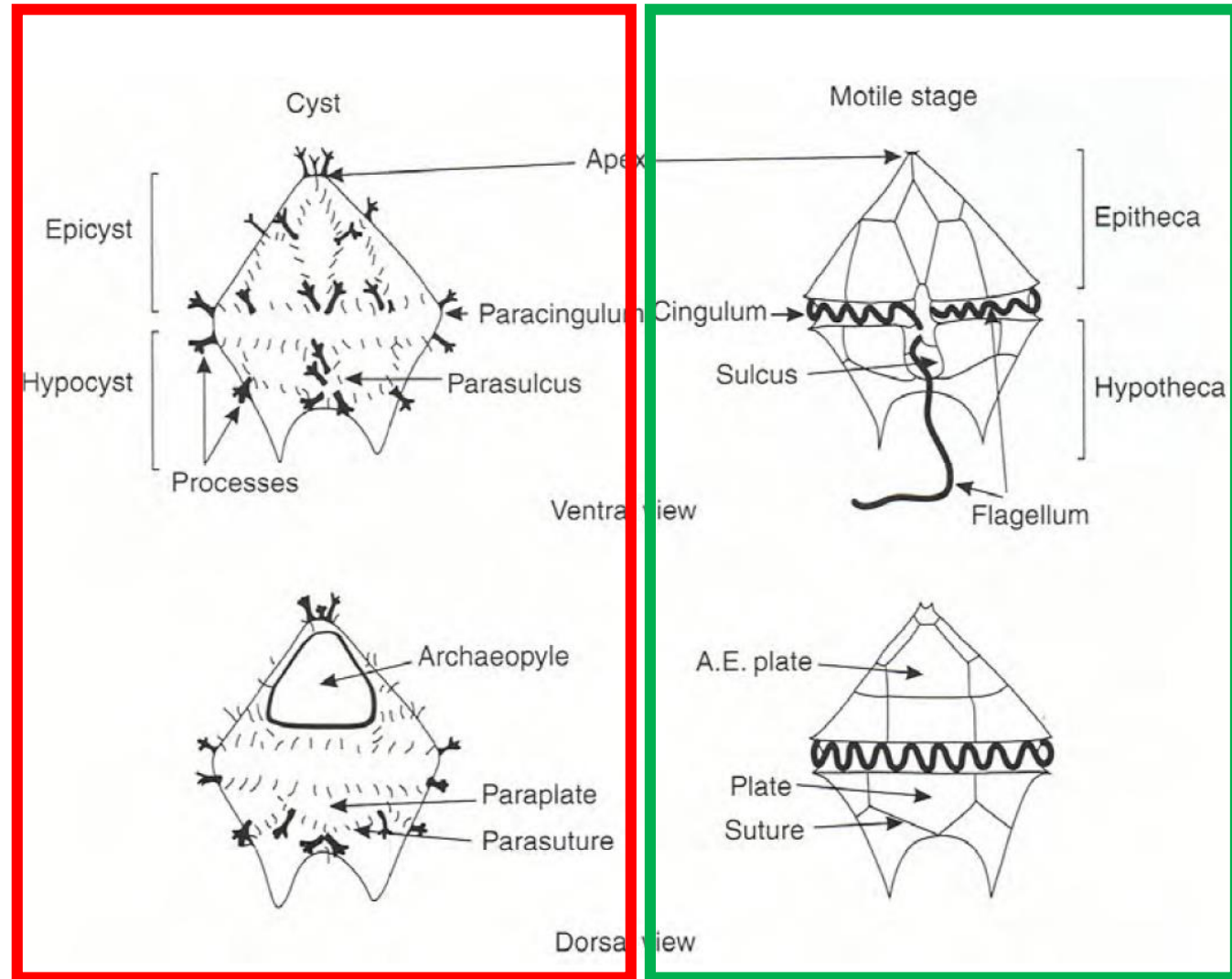
- du stade **motile** : forme bi-flagellée

Comparaison entre les formes dinoflagellés motiles et les dinokystes (Dale and Dale, 2002)

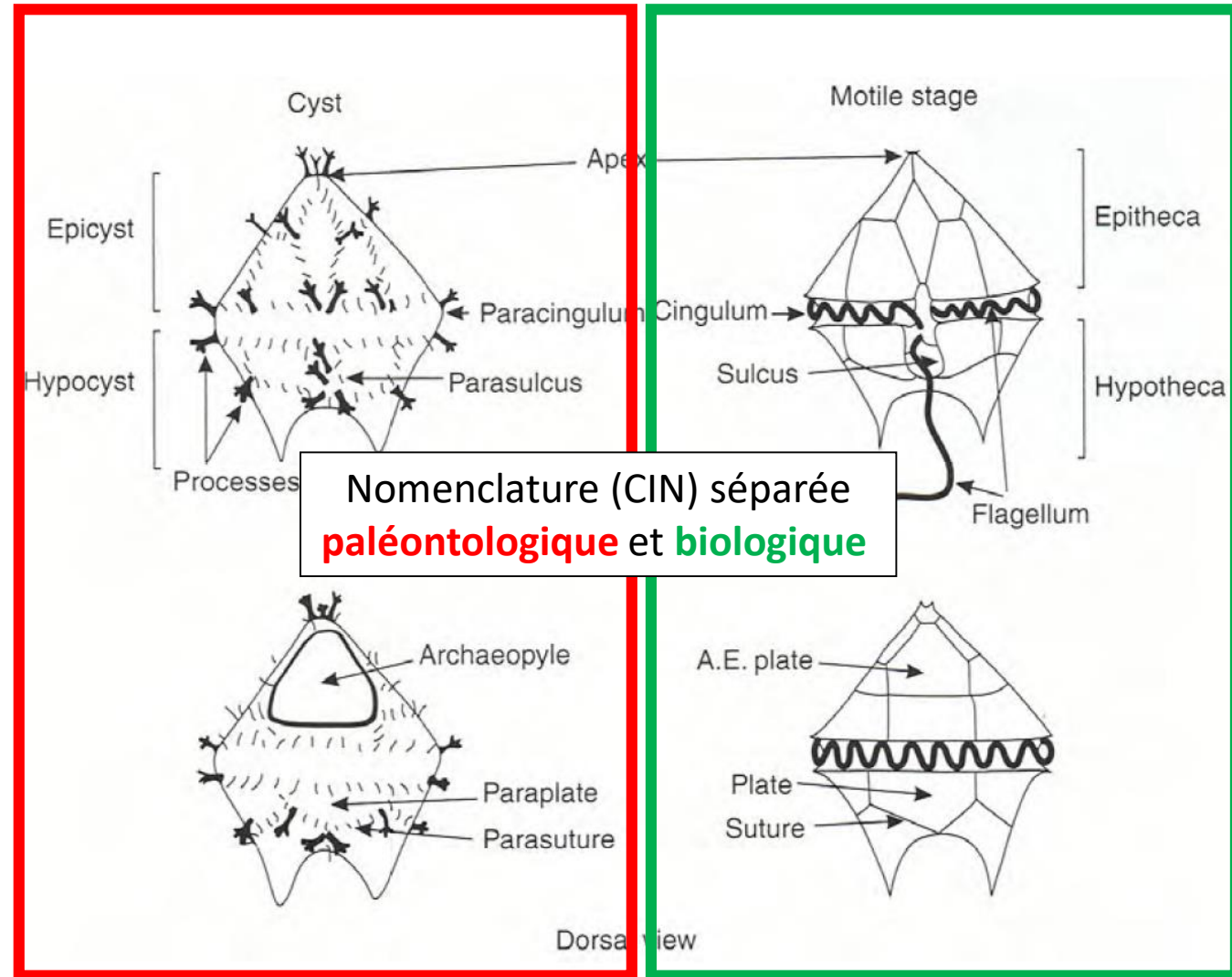
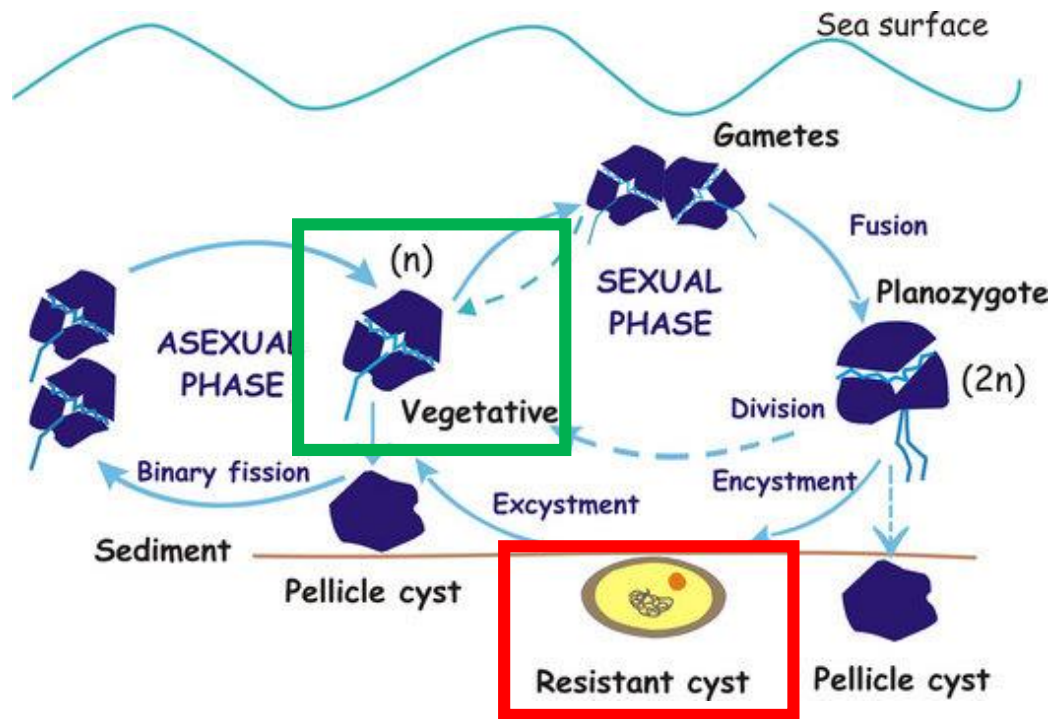


Etude **morphologique**

- du stade motile : forme bi-flagellée
- du stade **enkysté** : formes résistantes généralement produites par cycle de reproduction sexuée (**resting cysts**) tandis que formes temporaires (**pellicle cysts**) généralement par cycle de reproduction asexuée



Comparaison entre les formes dinoflagellés motiles et les dinokystes (Dale and Dale, 2002)



Etude morphologique

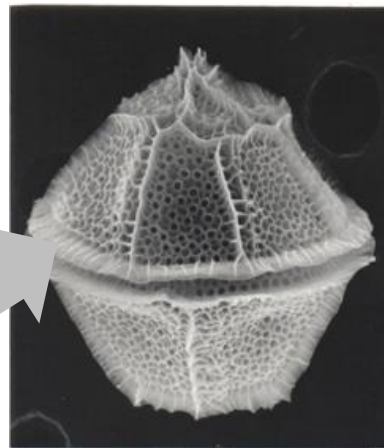
- du stade motile : forme bi-flagellée
- du stade **enkysté** : formes résistantes généralement produites par cycle de reproduction sexuée (**resting cysts**) tandis que formes temporaires (**pellicle cysts**) généralement par cycle de reproduction asexuée

Comparaison entre les formes dinoflagellés motiles et les dinokystes (Dale and Dale, 2002)

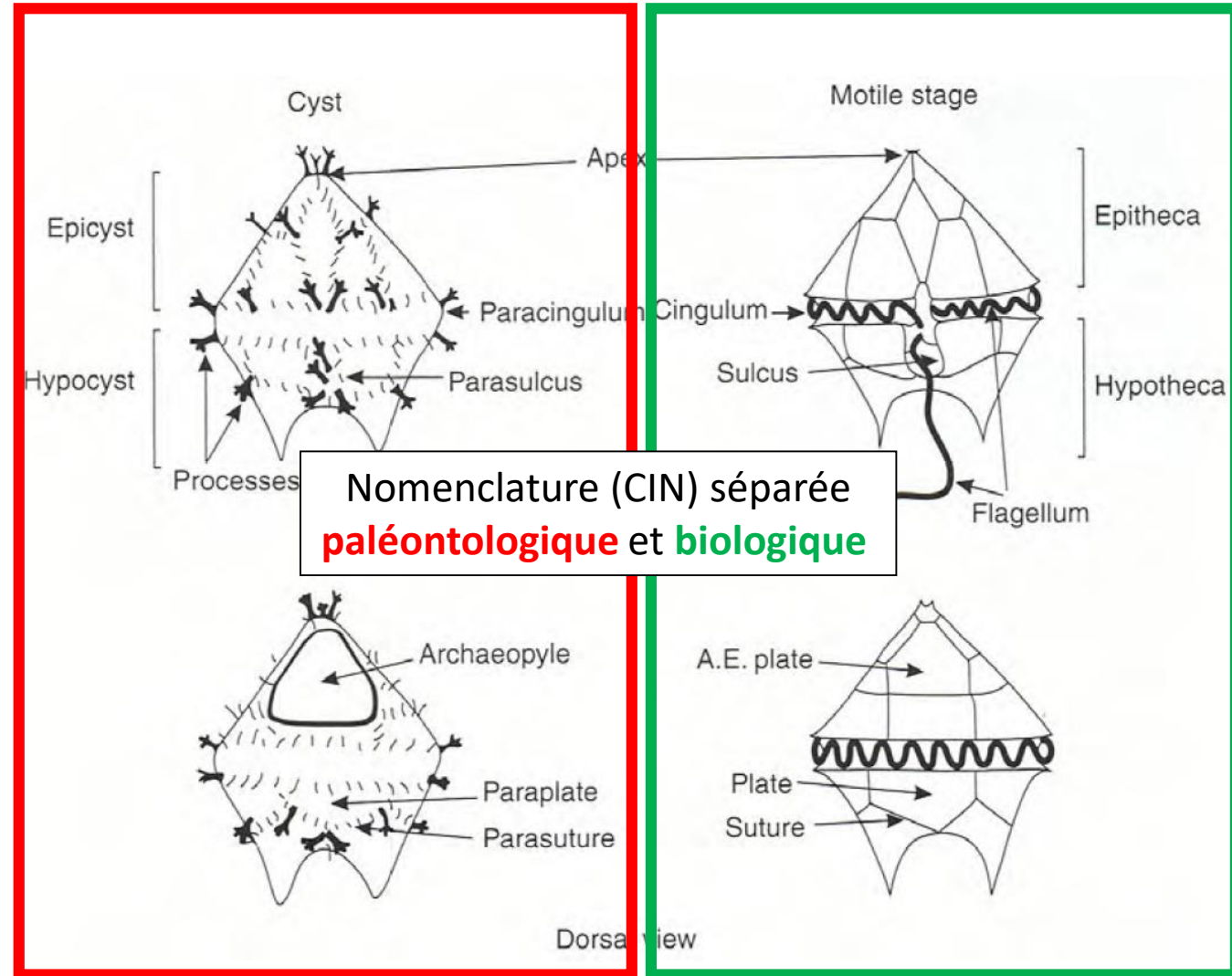
Gonyaulacales : certains genres (*Gonyaulax*, *Lingulodinium*, *Protoceratium*) ont indiscutablement des **resting cysts**. *Gonyaulax* peut-être subdivisé par le biais de différents genres (*Spiniferites*, *Bitectatodinium*, *Impagidinium*)



Lingulodinium machaerophorum



Lingulodinium polyedrum



Comparaison entre les formes dinoflagellés motiles et les dinokystes (Dale and Dale, 2002)

Dinokystes et dinosporine

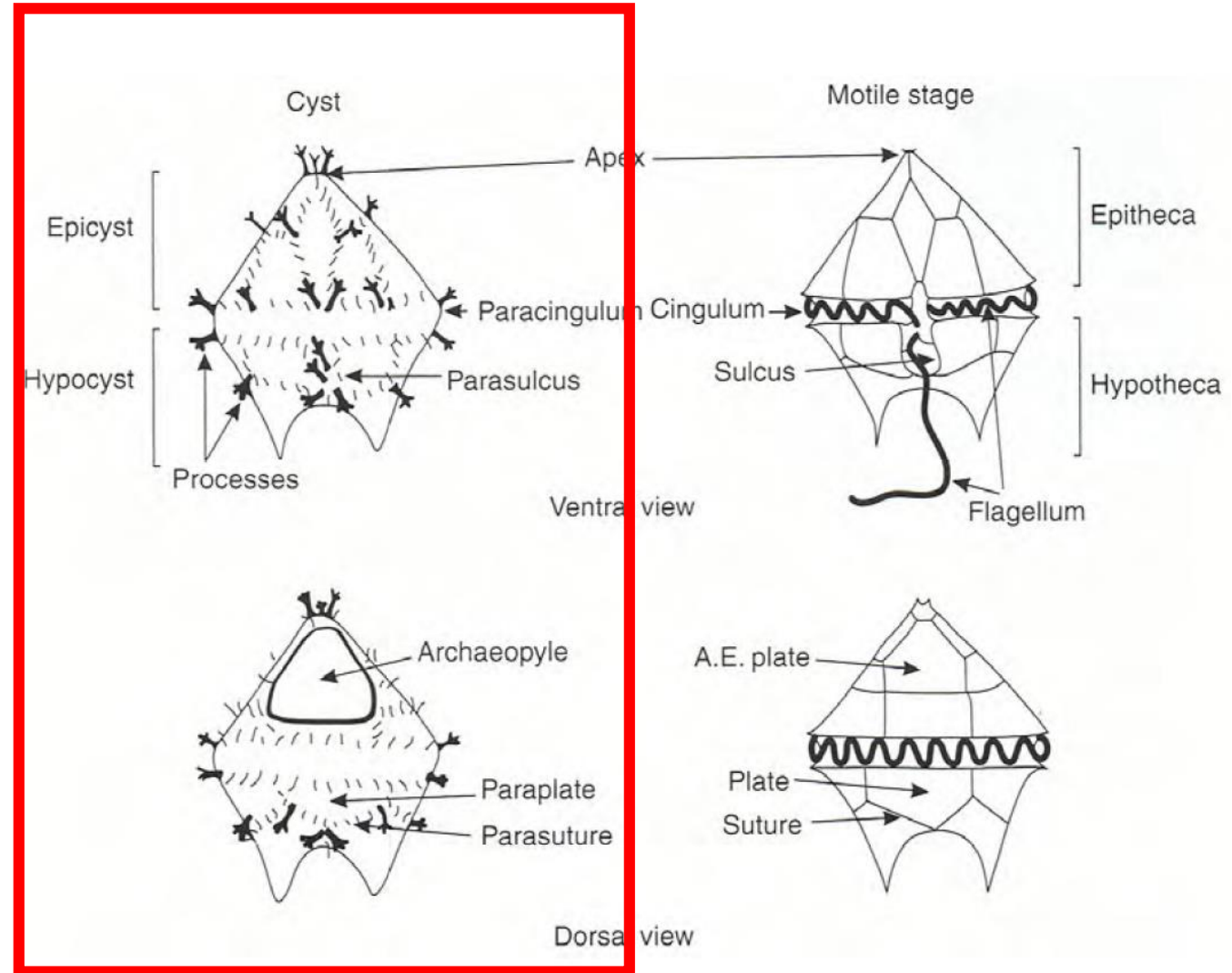
Gonyaulacales : certains genres (*Gonyaulax*, *Lingulodinium*, *Protoceratium*) ont indiscutablement des **resting cysts**. *Gonyaulax* peut-être subdivisé par le biais de différents genres (*Spiniferites*, *Bitectatodinium*, *Impagidinium*)



Lingulodinium machaerophorum



Référentiel
sédiments



Comparaison entre les formes dinoflagellés motiles et les dinokystes (Dale and Dale, 2002)