

TP2 : « L'oxygène produit... disparaît ! » Nostoc, fer dissous et apparition tardive du dioxygène dans l'atmosphère

Pendant que vous respirez tranquillement, la Terre a mis **plus d'un milliard d'années** à "garder" durablement du dioxygène dans son atmosphère. Pourtant, des cyanobactéries (comme **Nostoc**) produisaient déjà du dioxygène dans les océans. Alors... **où est passé tout cet O₂ au début de l'histoire de la Terre ?**

Pourquoi le dioxygène produit par les cyanobactéries ne s'est-il pas accumulé immédiatement dans l'atmosphère ?

(Quel "puits" a consommé l'O₂ avant son accumulation ?)

Objectifs :

- Mettre en évidence que **Nostoc produit du dioxygène à la lumière** (photosynthèse).
- Montrer qu'en présence de **fer dissous Fe²⁺**, le dioxygène peut être **consommé**.
- Relier cela à la formation des **fers rubanés** et au **décalage temporel** d'apparition de l'O₂ atmosphérique.

Matériel

- Culture de *Nostoc*
- Sonde O₂ dissous + interface EXAO
- Lampe
- Cache opaque
- Solution de FeSO₄ (Fe²⁺) 0,1 mol·L⁻¹
- Bécher, pipette
- Lunettes, gants

Protocole expérimental

1. Mise en place

- Verser 50–80 mL d'eau dans l'enceinte.
- Ajouter quelques fragments de *Nostoc*.
- Placer la sonde O₂.
- Lancer l'acquisition (1 point/1 s).

2. Phase obscurité (de 0 à 10 min)

- Recouvrir l'enceinte.
- Observer l'évolution de la concentration en O₂ dissous.

3. Phase lumière (de 10 à 15 min)


- Retirer le cache et éclairer.
- Observer l'évolution de la concentration en O₂ dissous.

4. Ajout de Fe²⁺ (à 15 min et laisser jusqu'à 18 min)

- Injecter 2 mL de solution de FeSO₄.
- Observer l'évolution de la concentration en O₂.

Document 1 : Précipitation chimique du fer

(d'après Bordas, Ed.2020, p.17)

<p>solution incolore d'ions Fe²⁺ obtenue par ajout de quelques mg de sulfate de fer (FeSO₄) dans de l'eau</p>	<p>apport de dioxygène par bullage</p>	<p>solution brune d'ions Fe³⁺</p>	<p>ajout d'hydroxyde de sodium [10⁻² mol · L⁻¹], source d'ions OH⁻</p>	<p>formation d'un précipité d'hydroxyde ferrique Fe(OH)₃ (rouille)</p>
				
$FeSO_4 \rightarrow Fe^{2+} + SO_4^{2-}$	les ions Fe ²⁺ cèdent spontanément leurs électrons au dioxygène selon les équations suivantes :			$Fe^{3+} + 3 OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$
	$4 Fe^{2+} \rightarrow 4 Fe^{3+} + 4e^-$			$O_2 + 4 H_3O^+ + 4e^- \rightarrow 6 H_2O$

Document 2 : La formation des fers rubanés*(d'après Bordas, Ed.2020, p.17)*

Les fers rubanés sont des roches sédimentaires qui se sont formées en milieu océanique entre – 3,5 et – 1,9 Ga. Leur couleur indique la présence d'hématite, un minéral de formule Fe_2O_3 .

L'hématite se forme par déshydratation de l'hydroxyde ferrique selon l'équation : $2 \text{Fe}(\text{OH})_3 \longrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

**A. Lecture des résultats expérimentaux (courbe O₂)**

1. Décrire l'évolution de $[\text{O}_2]$ dissous :
 - en obscurité ;
 - en lumière ;
 - après ajout de Fe^{2+} .
2. À quelle étape mettez-vous en évidence la photosynthèse de Nostoc ? Justifier.
3. Après l'ajout de Fe^{2+} , la concentration en dioxygène baisse fortement : proposer une explication.

B. Exploitation du document "précipitation chimique du fer" (doc 1)

4. Montrer que le dioxygène peut être consommé par oxydation de Fe^{2+} (raisonner à partir des équations).

C. Exploitation du document "fers rubanés" (doc 2)

5. Expliquer le lien entre :
 - production de O_2 par cyanobactéries ;
 - présence de Fe^{2+} dans l'océan primitif ;
 - formation de dépôts riches en oxydes de fer (fers rubanés).
6. En déduire pourquoi l'apparition durable du dioxygène dans l'atmosphère a été tardive par rapport à l'apparition des cyanobactéries.

Synthèse (5–6 lignes)

7. Rédiger une conclusion répondant à la problématique : quel "puits" a retardé l'accumulation d' O_2 ? Et comment la géologie en garde-t-elle une trace ?