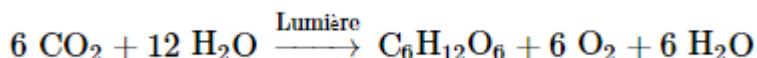


Entraînement pour l'épreuve écrite du Baccalauréat : pratique d'un raisonnement scientifique pour résoudre un problème - Correction

Exercice 2 - L'équation-bilan de la photosynthèse

Les plantes chlorophylliennes sont capables de réaliser la photosynthèse dont l'équation bilan est :



Question :

À l'aide des informations extraites des documents proposés, justifiez chacun des membres de l'équation-bilan de la photosynthèse.

Document 1- Observations microscopiques de cellules de feuilles d'Élodée du Canada montées dans l'eau iodée

a) Conditions expérimentales

Des rameaux d'Élodée ont été soumis pendant plusieurs heures aux conditions suivantes.

Lumière	CO ₂ *	Résultat
-	+	Photo A
+	+	Photo B
+	-	Photo C

Les signes « + » signifient « en présence de », les signes « - » signifient « en l'absence de ».

* Eau enrichie en CO₂ par apport d'ions hydrogénocarbonate HCO₃. Un « - » pour le CO₂ signifie une eau contenant très peu de CO₂.

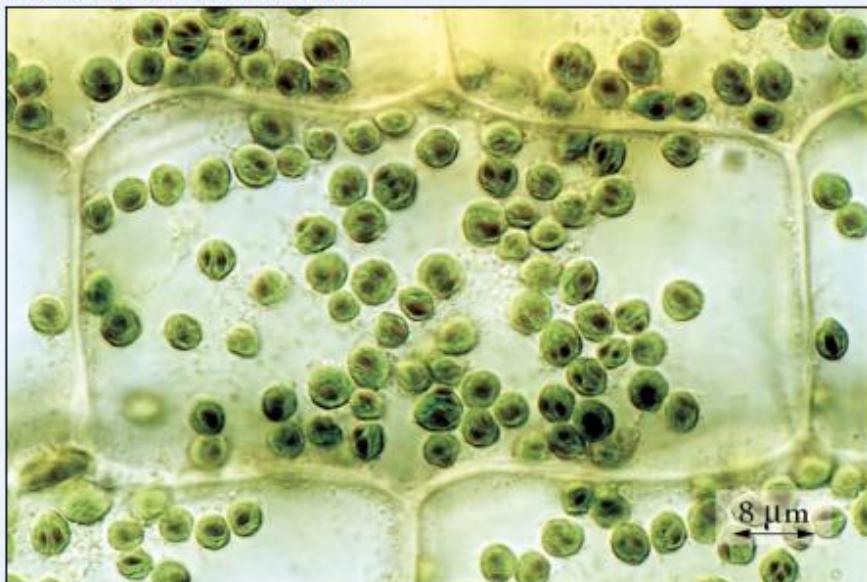
b) Photographies des résultats

À la fin de l'expérience, on prélève une feuille d'Élodée que l'on place dans de l'eau iodée, puis on réalise une préparation microscopique de cette feuille afin d'observer les résultats.



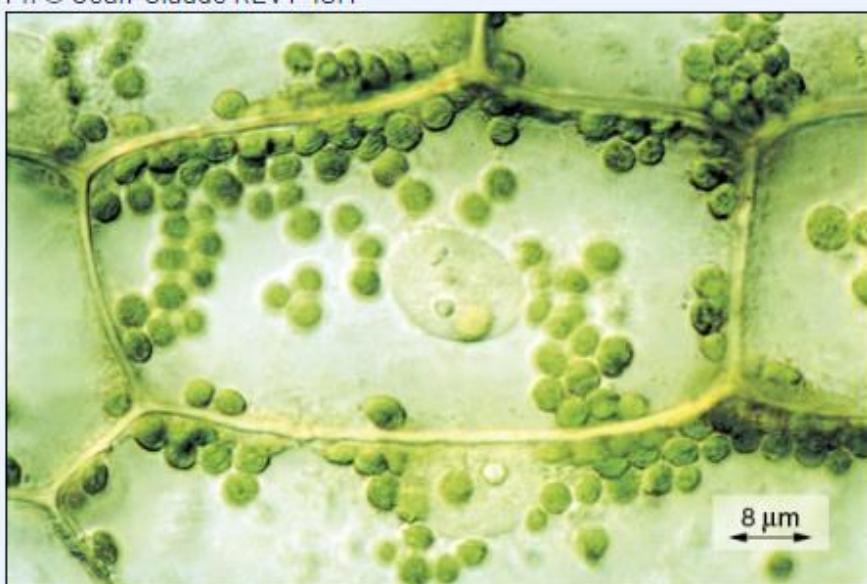
Photo A

Ph © Jean-Claude RÉVY-ISM



PhotoB

Ph © Jean-Claude REVY-ISM



Ph © Jean-Claude RÉVY-ISM

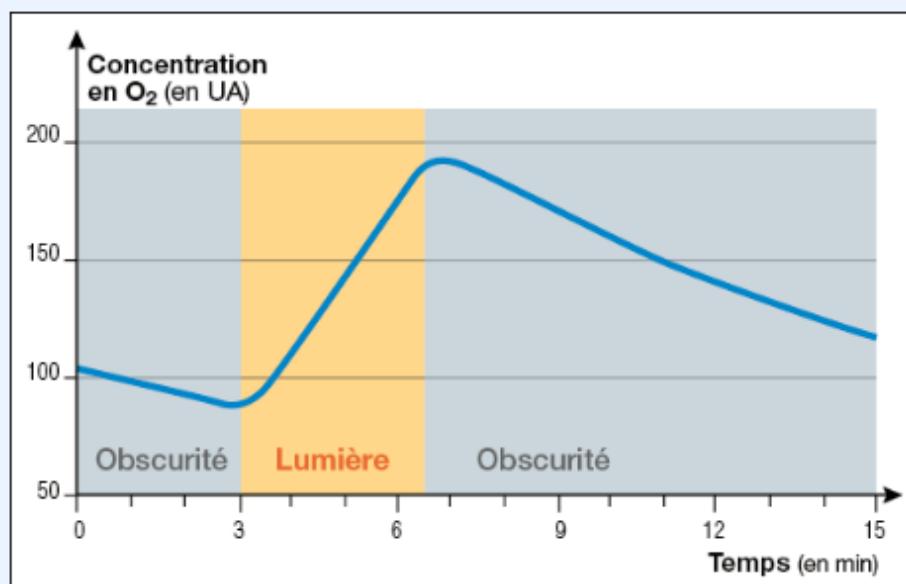
PhotoC

Document 2 - Variations de la concentration en dioxygène en fonction de l'éclairage dans le milieu de culture enrichi en CO₂

Des fragments de feuilles d'Élodée sont placés dans un bioréacteur contenant de l'eau enrichie en CO₂.

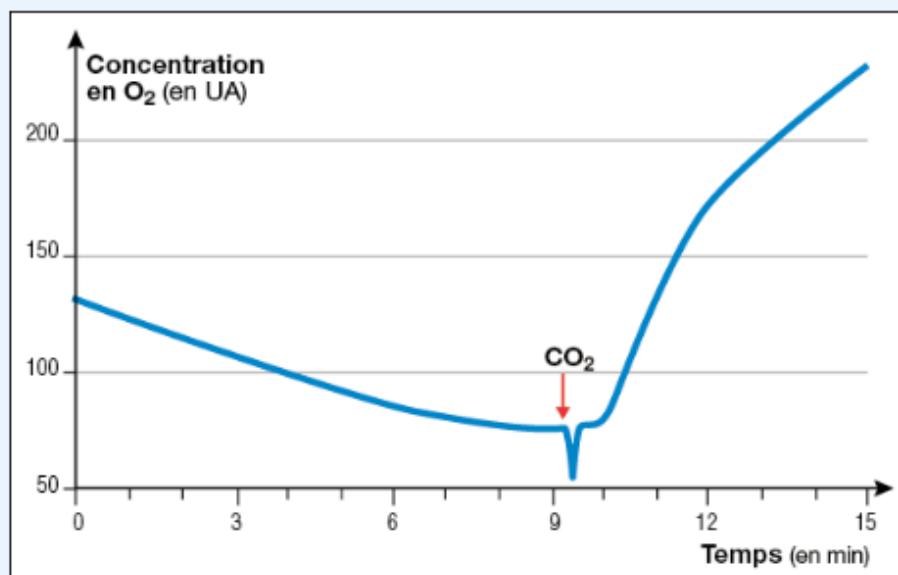
Une sonde à dioxygène reliée à un dispositif EXAO permet de suivre les variations de la teneur en O₂ de l'eau de l'enceinte.

Dans le graphique ci-après, la teneur en dioxygène dissous est exprimée en unités arbitraires liées au mode d'enregistrement.



D'après le site rnbio.upmc.fr

Document 3 - Influence de la teneur en CO₂ du milieu sur la production de dioxygène par des fragments de feuilles d'Élodée à la lumière



D'après le site rnbio.upmc.fr

Document 4 - Expériences de Ruben et Kamen (1941)

Dans une molécule d'eau, on trouve les deux isotopes stables de l'oxygène, ^{16}O et ^{18}O . Le rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de l'eau ordinaire est 0,2 %.

Les expériences de Ruben et Kamen permettent de déterminer l'origine des atomes des molécules de dioxygène produites par des cellules chlorophylliennes.

■ Expérience 1

Les chercheurs ont mis des chlorelles (algues chlorophylliennes unicellulaires) à la lumière, en suspension dans une eau enrichie en ^{18}O (0,85 % des molécules possèdent l'isotope lourd ^{18}O au lieu de 0,2 % dans l'eau ordinaire).

Ils ont ajouté à cette eau de l'hydrogénocarbonate (HCO_3Na), source de CO_2 .

Puis ils ont recueilli le dioxygène produit par ces chlorelles et déterminé le rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de ces molécules.

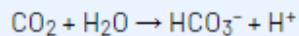
■ Expérience 2

Les chercheurs ont refait une expérience similaire, avec une eau ordinaire, mais en utilisant cette fois des ions HCO_3^- enrichis en ^{18}O .

■ Résultats obtenus

		Rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (en %)		
		Eau	Ions HCO_3^-	O_2 produit
Expérience 1	Début	0,85	0,20	-
	Fin (65 min)	0,85	0,41	0,84
Expérience 2	Début	0,20	0,68	-
	Fin (65 min)	0,20	0,57	0,20

Le rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ du dioxygène des ions HCO_3^- est le même que celui de l'eau ordinaire. Il évolue lentement au cours de l'expérience car de nouveaux ions HCO_3^- se forment à partir du CO_2 et de H :



LES CLÉS DU SUJET

Étape 1. Comprendre le sujet

- L'équation globale de la photosynthèse est indiquée. Il s'agit de dégager les conclusions tirées des données expérimentales fournies par les documents et, pour chacune d'elles, de préciser quelle est ou quelles sont les parties de l'équation globale qui sont confortées.
- Pour chaque donnée expérimentale, il est bon d'indiquer l'équation partielle de la photosynthèse à laquelle elle fait référence.

Étape 2. Exploiter les documents

- Le document 1 renseigne sur l'importance des facteurs lumière et CO₂ sur la production de matières organiques.
- Le document 2 met en évidence une production de dioxygène dépendante des mêmes facteurs que la production de matières organiques.
- Le document 3 renseigne sur l'origine des atomes du dioxygène (CO₂ ou H₂O).

Étape 3. Construire la réponse

I. Les produits de la photosynthèse

- Dégagez les conditions nécessaires à la synthèse de matières organiques par les cellules chlorophylliennes.
- Faites de même avec les conditions nécessaires à la production de dioxygène par les cellules chlorophylliennes et comparez avec celles permettant la synthèse de matières organiques.
- Indiquez, pour chaque type de produits, ce qui est conforté dans l'équation bilan.

II. L'eau et la photosynthèse

- Tirez des expériences de Ruben et Kamen les conclusions relatives à l'origine des atomes d'oxygène du dioxygène produit.
- Expliquez comment cela est traduit par l'équation-bilan.

Conclusion

Dégagez la notion d'oxydo-réduction à propos de l'équation-bilan de la photosynthèse.

Introduction

Les plantes vertes élaborent leurs matières organiques au cours de la photosynthèse à partir de matières minérales. De nombreuses études expérimentales ont permis d'aboutir à une équation-bilan de ce phénomène. Nous allons établir en quoi les données expérimentales des documents proposés viennent conforter cette équation-bilan.

I. Les produits de la photosynthèse.

A. La synthèse de matières organiques.

La photo A du document 1 montre que les cellules d'une feuille d'Élodée du Canada maintenue à l'obscurité, dans un milieu riche en hydrogénocarbonate, ne contiennent pas d'amidon (absence de coloration bleu foncé en présence d'eau iodée).

MOT-CLÉ

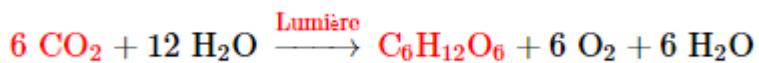
Le bicarbonate de sodium (NaHCO_3^-), soluble dans l'eau, fournit des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-) qui enrichissent le milieu en dioxyde de carbone.

Après quelques heures d'éclairement dans ce même milieu, la coloration à l'eau iodée permet de mettre en évidence la présence d'amidon dans les chloroplastes (photo B). À la lumière, les chloroplastes des feuilles ont synthétisé de l'amidon (polymère du glucose), c'est-à-dire une molécule organique.

La photo C indique qu'en l'absence de CO_2 , toutes les autres conditions étant réunies, la plante ne produit pas d'amidon.

Le dioxyde de carbone est indispensable à la synthèse d'amidon, donc de matières organiques. Par rapport à l'équation-bilan, nous avons démontré qu'il existait une synthèse de matières organiques uniquement à la lumière et uniquement en présence de CO_2 .

Dans l'équation-bilan reprise ci-dessous, cela conforte les termes indiqués en rouge, mais non ceux en noir (sans les infirmer).



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ est la formule de la molécule de glucose (qui est stocké sous forme d'amidon, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$). Les six atomes de carbone des six molécules de CO_2 se retrouvent dans les six atomes de carbone de la molécule de glucose.

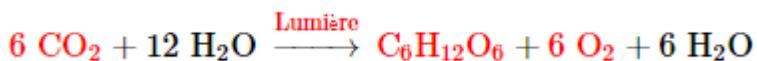
B. La production de dioxygène.

Le document 2 montre que la teneur en dioxygène de l'eau enrichie en CO_2 dans laquelle baigne un rameau d'Élodée du Canada augmente uniquement durant les 3 minutes où la préparation est aussi éclairée. Cela traduit donc une production d' O_2 par la plante à la lumière.

Le document 3 montre qu'en l'absence de CO_2 , même à la lumière, les plantes ne produisent pas d' O_2 . Un apport de CO_2 au milieu entraîne immédiatement la reprise de la production d' O_2 .

La production d' O_2 dépend des mêmes facteurs que ceux nécessaires à la synthèse des matières organiques : lumière et dioxyde de carbone. Cela indique que synthèse de matières organiques et production d' O_2 sont deux aspects de la photosynthèse.

Un nouvel élément de l'équation globale est donc conforté, la production de dioxygène :



L'ensemble des données expérimentales vues jusqu'ici confortent donc les éléments en rouge de l'équation globale. En revanche, rien n'indique que l'eau est un réactif de la photosynthèse, ni ne l'infirme. On peut seulement en faire l'hypothèse, car il faut bien une source d'atomes d'hydrogène pour synthétiser du glucose.

II. L'eau et la photosynthèse.

Les expériences de Ruben et Kamen présentées dans le document 4 permettent de préciser le rôle de l'eau et l'origine du dioxygène.

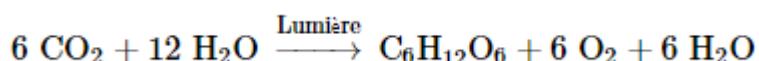
Dans la première expérience, où l'eau seule est enrichie en ^{18}O , le rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ du dioxygène produit par les chlorelles est très proche de celui de l'eau et éloigné de celui des ions HCO_3^- .

Dans la deuxième expérience, où ce sont les ions HCO_3^- qui sont enrichis en ^{18}O , le rapport isotopique est à nouveau le même que celui de l'eau et éloigné de celui des ions HCO_3^- .

Le rapport isotopique du dioxygène produit ne dépend pas de celui du CO_2 . Si les atomes de dioxygène provenaient des ions HCO_3^- , on devrait avoir le même rapport isotopique pour le dioxygène et les ions. Puisque ce n'est pas le cas, les atomes d'oxygène du dioxygène ne proviennent pas des ions HCO_3^- (et ne proviennent donc pas du CO_2).

En revanche, ce rapport étant le même que celui de l'eau, on peut penser que les atomes d' O_2 proviennent de molécules d'eau : les atomes de dioxygène sont issus de la photolyse de l'eau.

Ces dernières données permettent de conforter l'équation-bilan dans son ensemble :



L'eau comme le CO_2 sont les substances à partir desquelles les plantes synthétisent leurs molécules organiques.

Pour obtenir six molécules de dioxygène, il faut nécessairement utiliser douze molécules d'eau. La présence de ces « 12 H_2O » dans la partie gauche de l'équation-bilan traduit ainsi l'origine des « 6 O_2 » dans la partie droite. Pour équilibrer cette équation-bilan, il faut ajouter « 6 H_2O » dans la partie droite de l'équation.

Conclusion

L'équation-bilan traduit que la photosynthèse est globalement une réaction d'oxydo-réduction : l'oxydation de l'eau étant associée à la réduction du CO_2 .

Cette réaction n'est pas spontanée, mais elle se réalise grâce à l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens contenus dans les chloroplastes (ce que ne montrent pas les documents).