

SESSION 2023

CAPES ET CAFEP
Concours externe

Section
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Épreuve écrite disciplinaire

L'épreuve consiste en une synthèse argumentée à partir d'un sujet présentant un intitulé d'une à quelques lignes, accompagné ou non de documents. Elle a pour objectif l'évaluation de la maîtrise des savoirs disciplinaires ainsi que des méthodes et démarches scientifiques, et leur utilisation dans une dissertation.

Le candidat doit montrer ses capacités à répondre sous la forme d'une synthèse scientifique argumentée, construite et illustrée au travers d'un texte scientifique rigoureux et de bonne qualité formelle.

Durée : 5 heures

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) est rigoureusement interdit.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.

Tournez la page S.V.P.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie. Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

CAPES EXTERNE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

► Concours externe du CAPES de l'enseignement public :

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B E	1 6 0 0 F	1 0 1	9 3 1 1

► Concours externe du CAFEP/CAPES de l'enseignement privé :

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B F	1 6 0 0 F	1 0 1	9 3 1 1

Le sujet est un exercice de synthèse. Il vous est demandé une introduction et une conclusion. Votre plan structuré doit apparaître de manière visible. Une attention particulière sera apportée à l'illustration et à l'argumentation.

Votre exposé s'appuiera notamment sur l'exploitation des quatre documents joints, qui ne couvrent pas l'ensemble du sujet. Ils doivent vous permettre de dégager des éléments scientifiques intéressants pour construire et argumenter certains aspects de votre exposé. Vous devez systématiquement mentionner le numéro du document correspondant.

Les notions abordées par les documents ne suffisent pas à couvrir l'ensemble du sujet.

L'autotrophie au carbone aux différentes échelles

Le cycle du carbone est affecté par les activités humaines. La compréhension du fonctionnement des puits de carbone, impliquant entre autres les autotrophes au carbone, fait l'objet de recherches actives.

Vous expliquerez comment l'autotrophie au carbone est réalisée, de l'échelle de la cellule à celle de l'organisme, dans différents milieux, et discuterez de son importance aux échelles des écosystèmes et du cycle du carbone en vous limitant au cycle actuel.

On n'évoquera pas l'évolution des lignées autotrophes.

Quelques potentiels d'oxydoréduction standards sont fournis en annexe.

LISTE DES DOCUMENTS

Document 1 : Adaptations au milieu

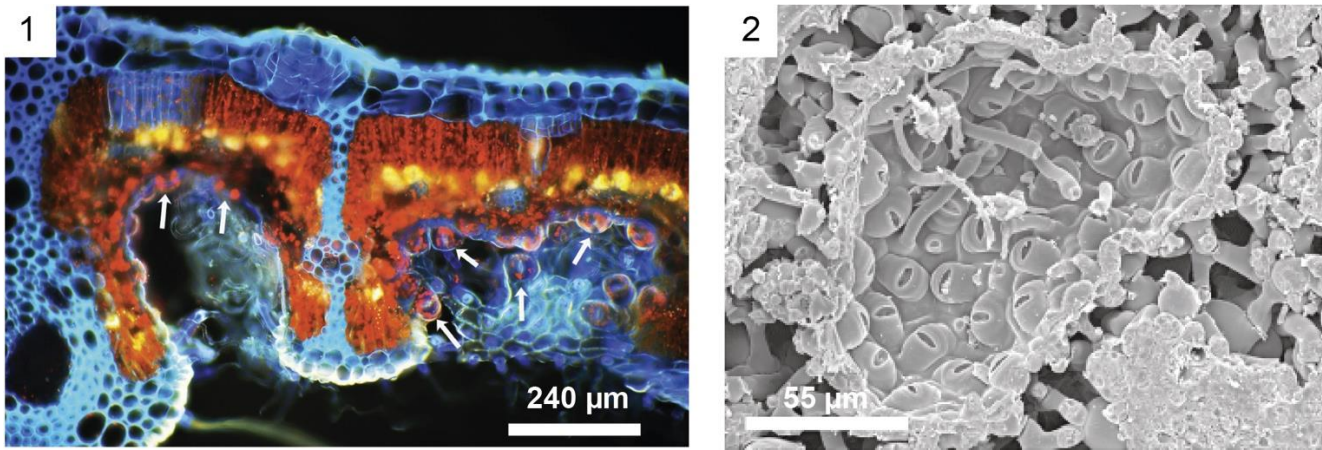
Document 2 : Étude du métabolisme d'Archées d'une source chaude

Document 3 : Étude de transferts de carbone

Document 4 : La production primaire nette à l'échelle mondiale

Annexe : Quelques potentiels standards d'oxydoréduction

Document 1 : Adaptations au milieu



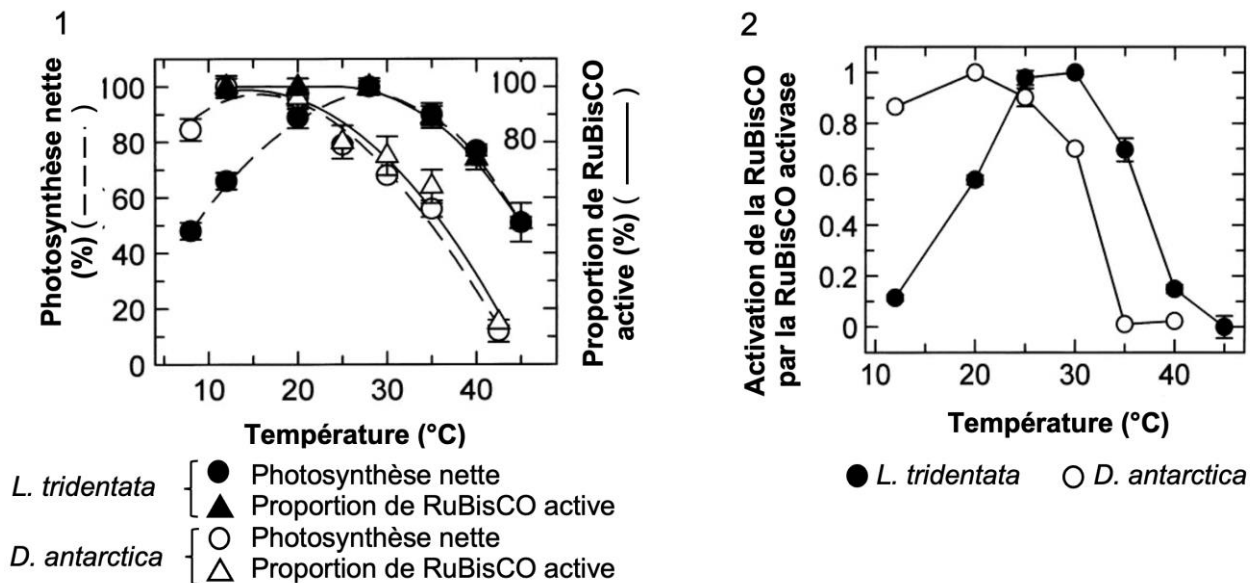
Document 1 a : Anatomie et histologie de feuilles de *Banksia*

Banksia est un genre appartenant à la famille des Protéacées, comprenant 173 espèces, la plupart vivant en Australie, parfois en milieu sec. Un certain nombre d'espèces présente des dispositifs de protection des stomates. Les photographies montrent des coupes de limbes foliaires pour deux de ces espèces :

(1) *Banksia victoriana* : coupe transversale, observation au microscope à fluorescence ; la fluorescence bleue correspond aux parois et la fluorescence rouge à la chlorophylle, les flèches blanches pointent des stomates. La face supérieure est en haut du cliché.

(2) *Banksia elderiana* : coupe longitudinale sous l'épiderme de la face inférieure, observation au MEB.

D'après Lambers et al. *Ann. Plant Rev.* (2015) 48:289-336; Hassiotou et al. *Plant, Cell & Env.* (2009) 32:1596-1611.



Document 1 b : Activité photosynthétique chez deux espèces de milieux différents

La RuBisCO est une enzyme qui peut se présenter sous forme inactive par encombrement du site actif.

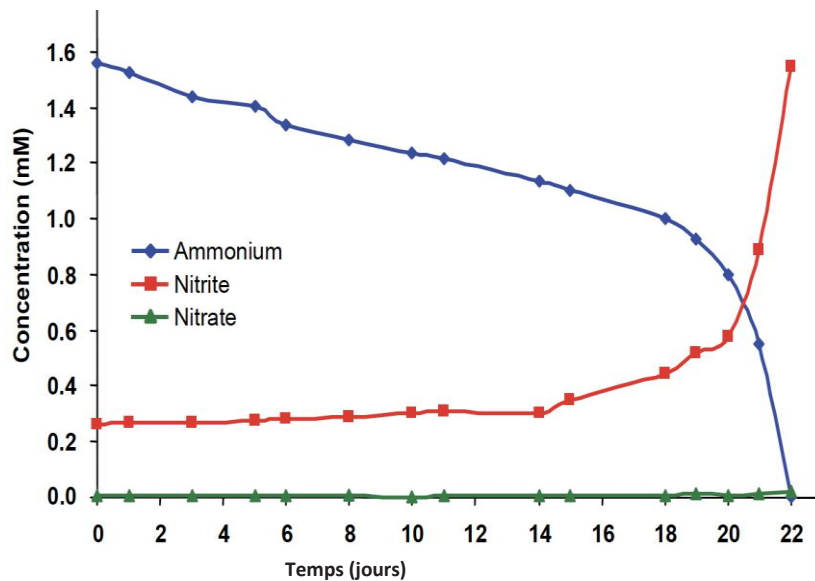
(1) La photosynthèse nette et la proportion de RuBisCO active sont mesurées sur des feuilles de plants d'Arbre à créosote (*Larrea tridentata*), vivant dans le désert chaud du Sud-Ouest des États-Unis, et de Canche antarctique (*Deschampsia antarctica*), indigène de l'Antarctique, pour différentes températures (les autres conditions étant identiques). Les résultats sont exprimés en pourcentages des valeurs maximales, sous forme de moyennes \pm erreurs standards.

(2) La RuBisCO activase est une enzyme qui catalyse une réaction facilitant la libération du site actif de la RuBisCO. Pour chaque espèce, la RuBisCO activase purifiée a été incubée en présence de RuBisCO, et l'activité activase est testée *in vitro* en fonction de la température. Les résultats sont exprimés en nombre de sites de RuBisCO activés par l'activase à la température indiquée, par rapport au nombre de sites activés à température optimale. Les valeurs correspondent aux moyennes \pm erreurs standards. Des tests complémentaires sur RuBisCO purifiée sans activase montrent une inactivation identique de la RuBisCO à 40°C pour les deux espèces.

D'après Salvucci et al. *Plant Physiology* (2004) 134(4):1460-1470.

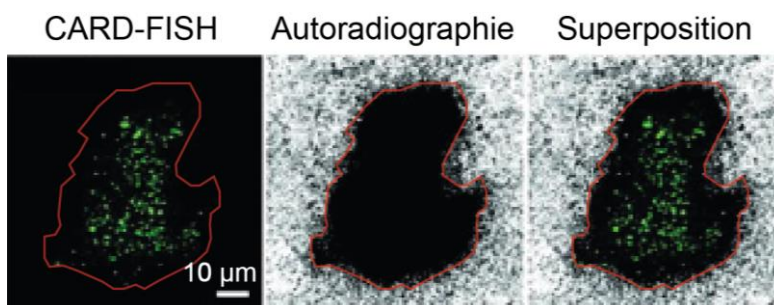
Document 2 : Étude du métabolisme d'Archées d'une source chaude

Des biofilms ont été prélevés au niveau d'une source chaude du rift Baïkal et sont étudiés.



Document 2 a : Évolution de la concentration en ions azotés dans des cultures de micro-organismes

Les micro-organismes sont cultivés en milieu de culture liquide, inorganique mais enrichi en ammonium, en conditions aérobies, à l'obscurité, à 46°C. Les concentrations en mmol.L⁻¹ en ions ammonium (NH₄⁺), nitrite (NO₂⁻), et nitrate (NO₃⁻), sont suivies dans plusieurs cultures. Un résultat représentatif est figuré.



Document 2 b : Analyse par CARD-FISH et autoradiographie

Des suspensions de micro-organismes sont incubées en présence d'ions ammonium, et de carbone minéral sous forme HCO₃⁻ marqué au ¹⁴C, dans les mêmes conditions que précédemment. Après 12 heures d'incubation, des échantillons de culture sont fixés, déposés sur lame, et deux traitements successifs sont réalisés :

- CARD-FISH : perméabilisation et incubation avec une sonde oligonucléotidique couplée à un fluorochrome, marquant spécifiquement les Crénarchées (un groupe d'Archées) ;
- autoradiographie.

Les photographies montrent un même champ microscopique observé après chaque traitement, et la superposition des deux images. Le trait rouge délimite un ensemble de micro-organismes.

N.B. : L'autoradiographie ne montre aucun marquage en l'absence d'ammonium, et un marquage très réduit en présence d'un inhibiteur de l'oxydation de l'ammonium.

D'après Hatzenpichler *et al.* PNAS (2008) **105**(6):2134-2139.

Document 3 : Étude de transferts de carbone

Le suivi du carbone assimilé peut être étudié grâce à l'isotope stable du carbone ^{13}C .

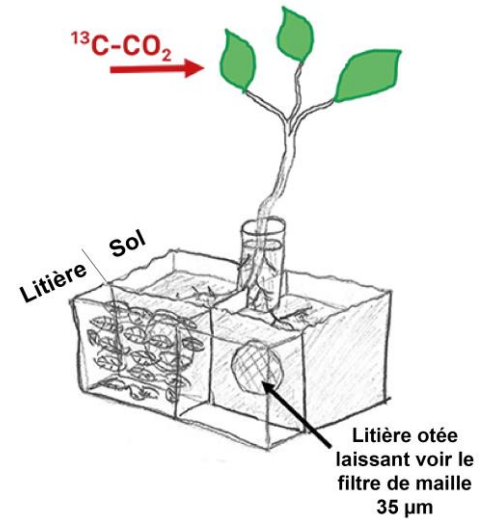
Des plants de Hêtre commun (*Fagus sylvatica*) de quatre ans, mycorhizés, ont été prélevés avec sol et litière en forêt. Chaque plant a été repiqué dans un pot contenant du sol homogénéisé, séparé d'un compartiment contenant de la litière par un filtre de maille 35 μm ne laissant passer que les filaments mycéliens. Les plants ont été cultivés sous serre pendant un an.

Huit plants sont soumis, exclusivement au niveau de leur appareil caulinaire, à une atmosphère enrichie en $^{13}\text{CO}_2$. Le marquage est réalisé sous lumière naturelle en juin pendant six heures. Des plants témoins sont placés dans un dispositif identique, sous atmosphère normale.

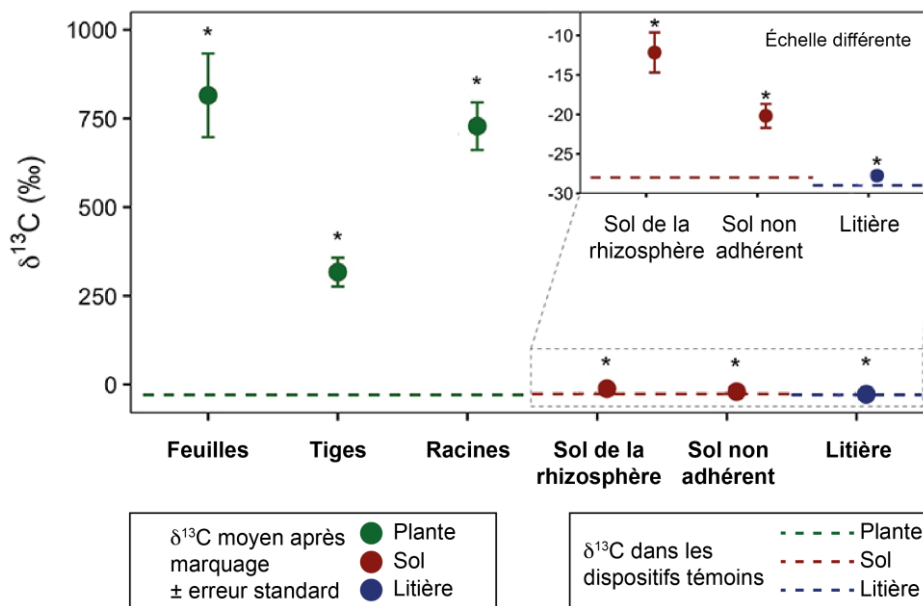
Dix-huit heures après la fin de la phase de marquage et le retour à une atmosphère normale, les plants ont été récoltés. Des mesures des teneurs en isotopes du carbone (^{12}C , ^{13}C) sont réalisées sur échantillons solides, à différents niveaux de l'appareil végétatif, dans le sol restant associé aux racines lors du déracinement (rhizosphère), dans le sol non adhérent aux racines, et dans la litière.

Elles permettent de calculer le $\delta^{13}\text{C}$, selon la formule :

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{échantillon}} - \left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{standard}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{standard}}} \cdot 1000$$



Document 3 a : Principe de l'expérience



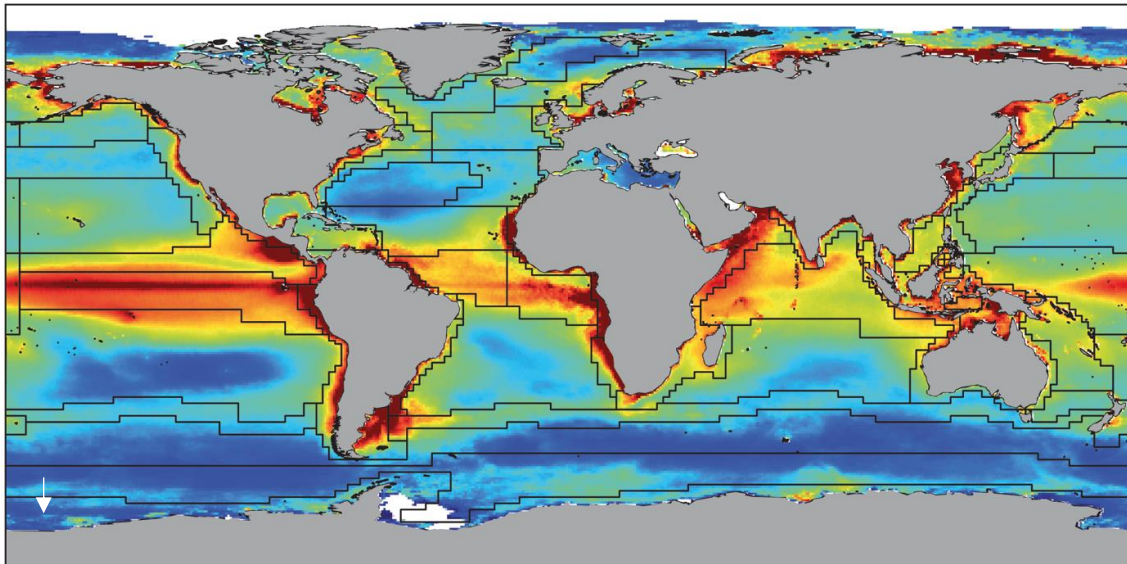
Document 3 b : Valeurs moyennes du $\delta^{13}\text{C}$ après enrichissement en $^{13}\text{CO}_2$

Chaque astérisque (*) indique une différence significative entre $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{13}\text{C}$ témoin.

Des analyses complémentaires ont été menées sur le carbone organique dissout, la biomasse fongique, ainsi que la biomasse bactérienne, du sol et de la litière. Ils présentent tous un enrichissement significatif en ^{13}C dans les dispositifs marqués en comparaison des témoins.

D'après Gorka *et al.*, *Frontiers in microbiology* (2019) **10**:168.

Document 4 : La production primaire nette à l'échelle mondiale



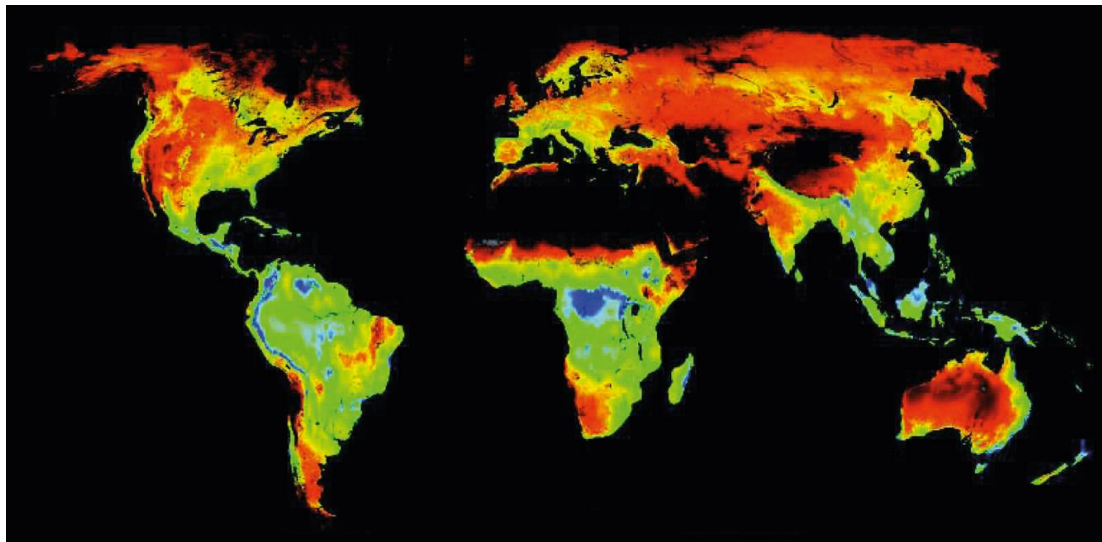
$\text{kgC.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$

0 0,10 0,20 0,30

Document 4 a : Carte de la production primaire nette dans les océans

Moyenne annuelle de production primaire nette au début des années 2000, en kg de carbone fixé par mètre carré et par an. Carte construite à partir des mesures du satellite MODIS.

D'après Boyd *et al.*, 2014: In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, pp. 133-136.



$\text{kgC.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$

0 1 >2

Document 4 b : Carte de la production primaire nette sur les continents

Moyenne annuelle de la production primaire nette au début des années 2000, en kg de carbone fixé par mètre carré et par an. Carte construite d'après les mesures du satellite MODIS.

D'après Running *et al.* *BioScience* (2004) **54**(6):540-560.

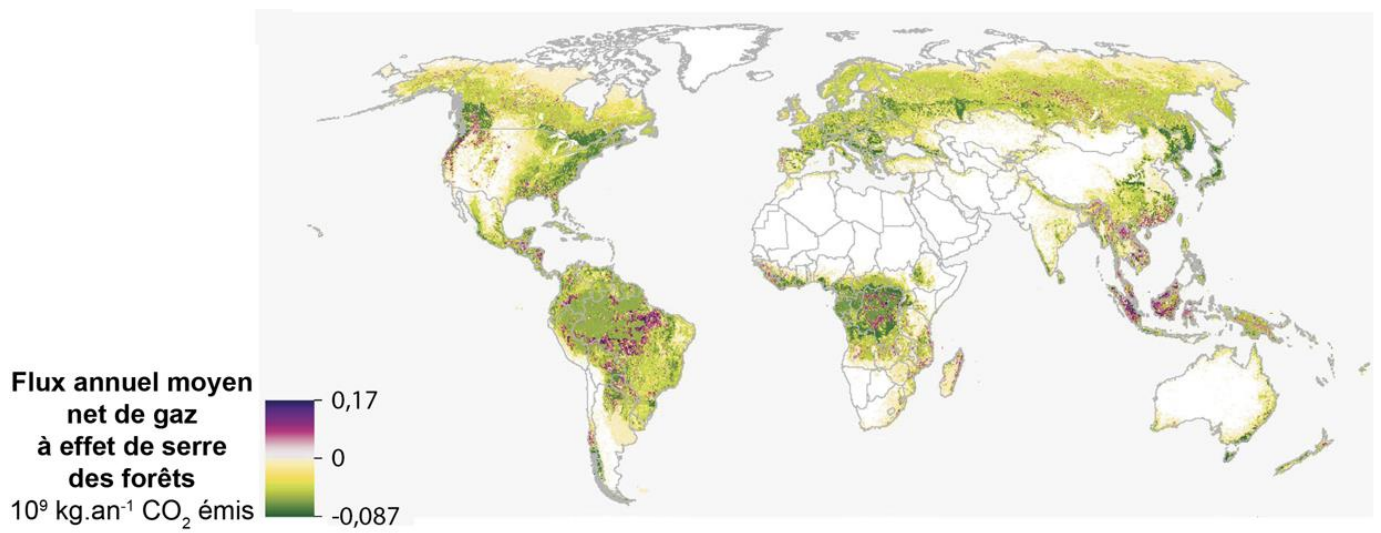
Biome	Surface¹ (10 ⁶ km ²)	Biomasse² (10 ¹² kg)	Production primaire nette² (10 ¹² kg. an ⁻¹)	
Terrestres	Forêt tropicale	17,0	714	30,6
	Forêt tempérée	7,0	224	8,75
	Forêt boréale	12,0	240	9,60
	Fourrés	8,0	48,0	4,80
	Savane	15,0	60,0	10,5
	Prairie tempérée	9,0	13,5	4,50
	Toundra et pelouse alpine	8,0	4,8	1,12
	Désert de buissons	18,0	12,6	1,26
	Terres cultivées	14,0	14,0	9,10
	Marécages et marais	2,0	30,0	5,00
Total biomes terrestres	110	1 360,9	85,23	
Aquatiques	Plein océan	332	0,996	330,7
	Plateau continental	26,6	0,011	9,58
	Récifs coralliens et herbiers d'algues	0,60	1,200	1,20
	Estuaires	1,40	1,400	2,52
	Lacs et rivières	2,5	0,050	1,25
Total biomes aquatiques	369	3,657	345,3	
TOTAL	479	1 364,6	430,53	

Document 4 c : Surface totale, biomasse et production primaire nette de différents biomes sur Terre

Pour différents biomes sont indiquées la surface en millions de km², la biomasse exprimée en 10¹² kg ainsi que la production primaire nette exprimée en 10¹² kg.an⁻¹. Les zones fortement anthropisées et les zones rocheuses ou englacées ne sont pas comptabilisées.

1 D'après Ricklefs et Miller, *Écologie*, p192 (2005) De Boeck éd.

2 D'après Whittaker & Likens, *Human Ecology* (1973) 1:357-369.



Document 4 d : Flux annuel net de gaz à effet de serre des forêts

Le flux net de gaz à effets de serre est exprimé en équivalent de kg de CO₂ émis par an, moyenné sur la période 2001-2019 pour des surfaces identiques.

D'après Harris *et al.* *Nature Climate change* (2021) 11:234–240.

Annexe : quelques potentiels standards d'oxydoréduction

Couple	$E^{0'}$ (V) ¹
O ₂ / H ₂ O	+ 0,85
NO ₃ ⁻ / NO ₂ ⁻	+ 0,41
NO ₂ ⁻ / NH ₄ ⁺	+ 0,34
NA(D)P ⁺ / NAD(P)H	- 0,32

Couple	$E^{0'}$ (V) ²
P ₆₈₀ / P ₆₈₀ ⁺	+ 0,90
P ₆₈₀ [*] / P ₆₈₀	- 0,80
P ₇₀₀ / P ₇₀₀ ⁺	+ 0,40
P ₇₀₀ [*] / P ₇₀₀	- 1,30

Les potentiels d'oxydoréduction de quelques couples sont fournis dans les conditions standards ramenées à pH = 7.

¹ Alberty R.A., *Biophys. Chem.* (2004) **111**: 115-122.

² <https://www.encyclopedie-environnement.org>