

teach with space

→ ÉTUDIER LA QUALITÉ DE L'EAU

Mini-étude de cas pour Climate Detectives



Copyright : Jean Baptiste Burne

→ ÉTUDIER LA QUALITÉ DE L'EAU

Mini-étude de cas pour Climate Detectives

EN BREF

Thèmes : sciences ; biologie

Tranche d'âge : 14 à 18 ans

Type : activité de projet

Mots clés : qualité de l'eau ; changement climatique ; cyanobactéries ; observation de la Terre ; sciences ; biologie

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Adopter une approche scientifique en collectant et en analysant des données, en faisant des observations rigoureuses et en recherchant des tendances et des corrélations
- Reconnaître certains des effets du changement climatique sur les ressources en eau
- Identifier les cyanobactéries : des bactéries qui tirent leur énergie de la photosynthèse
- Comprendre comment on peut utiliser les satellites d'observation de la Terre pour surveiller la qualité de l'eau

Aperçu

Les mini-études de cas pour Climate Detectives visent à aider les professeurs à définir le sujet sur lequel se penchera leur équipe de « détectives du climat » et à les guider au cours des diverses phases du projet. Les professeurs y trouveront des idées pour les types de données que les élèves peuvent collecter et analyser. Ces suggestions ne sont pas exhaustives et les professeurs peuvent décider eux-mêmes de se concentrer sur un sujet particulier dans un domaine de recherche donné. La mini-étude de cas est à utiliser conjointement avec le guide du professeur et non de manière autonome.

Cette étude de cas est consacrée au sujet suivant : **la qualité de l'eau**. Les élèves étudieront comment le changement climatique peut avoir un impact sur la qualité de l'eau en ce qui concerne les cyanobactéries dans les lacs.

À propos de Climate Detectives

Climate Detectives est un projet scolaire géré par l'Agence spatiale européenne (ESA) en collaboration avec les bureaux nationaux de l'ESERO (European Space Education Resource Office) dans toute l'Europe. En France, ce projet est coordonné par le CNES (Centre National d'Études Spatiales) dans le cadre du bureau ESERO France (<https://esero.fr/projets/climate-detectives/>).

Dans le cadre de ce projet, les élèves joueront le rôle de « détectives du climat » tout en étudiant l'environnement de la Terre. À cet effet, ils identifieront un problème climatique local (phase 1), l'étudieront à l'aide d'images satellite réelles ou de leurs propres mesures au sol (phase 2) et, enfin, proposeront des actions pour contribuer à atténuer ou à surveiller le problème (phase 3).



CLIMATE DETECTIVES

DÉBUT

La question s'inscrit-elle dans la thématique du climat ?

Oui. Elle examine les effets d'un changement climatique sur la qualité de l'eau des lacs.

La question est-elle axée sur un seul problème ?

Oui. Elle est axée sur la qualité de l'eau par rapport au développement des cyanobactéries.

La question est-elle trop large ou trop restreinte ?

Non. Elle identifie un problème au niveau local, mais établit des liens avec un problème mondial plus important.

La question est-elle claire et concise ?

La réponse à ces questions est-elle trop facile à obtenir ?

Oui. Elle est clairement définie et peut être étudiée à l'aide d'observations par satellite et de mesures au sol.

Non. Elle implique l'analyse des données et des recherches documentaires ainsi que la collecte d'informations à partir de sources secondaires.

Sujet : Les lacs et le climat

Question de recherche

Comment le changement climatique affecte-t-il la qualité de l'eau en ce qui concerne les cyanobactéries dans les lacs ?

A – Introduction au sujet (PHASE 1)

Le contexte

« Il est essentiel de comprendre le comportement complexe des lacs dans un environnement en mutation afin de gérer efficacement les ressources en eau et d'atténuer les effets du changement climatique. »

[ESA CCI Lakes project \(projet sur les lacs au titre de l'ICC de l'ESA\)](#)

Le gouvernement du Luxembourg [a lancé une alerte](#) en septembre 2021 à propos de la présence de cyanobactéries dans le plus grand lac du Luxembourg, le barrage d'Esch-Sur-Sûre. Le [Syndicat des eaux du barrage d'Esch-Sur-Sûre](#) (SEBEL) commente la situation :

« Depuis 1986, une augmentation progressive des cyanophycées est observée dans le barrage d'Esch-sur-Sûre. Les eaux sont classées comme étant « méso-eutrophes », ce qui signifie que les efflorescences observées sont essentiellement dues à un apport trop important en nutriments tels que l'azote et le phosphore. L'interaction entre les différentes formes de nutriments et les efflorescences de cyanobactéries est très complexe et continue de faire débat. D'autres facteurs météorologiques tels que le changement climatique, la stagnation des eaux et la hausse des températures, ainsi que la diminution des débits en été, favorisent le développement des cyanophycées par rapport à d'autres espèces de phytoplancton. Ce phénomène observé au niveau du barrage l'est également à l'échelle mondiale. »

Cette étude de cas porte sur ce phénomène. Les équipes de « détectives du climat » du Luxembourg peuvent choisir ce lac ou un autre plan d'eau du pays. Les équipes des autres pays sont encouragées à mener des recherches sur un plan d'eau de leur région.



↑ Les données satellite peuvent aider à surveiller la croissance et la propagation des efflorescences de cyanobactéries. Sur cette [image](#) acquise par [Sentinel-3 du programme Copernicus](#) la prolifération d'algues vertes dans le lac Érié (Amérique du Nord) est clairement visible en raison de leur accumulation à la surface de l'eau. Cette image contient des données modifiées de Sentinel (Copernicus - 2020), traitées par l'ESA, [CC BY-SA 3.0 IGO](#)

Informations générales

Que sont les cyanobactéries ?

Les cyanobactéries sont des bactéries qui tirent leur énergie de la photosynthèse. Elles absorbent la lumière en utilisant les pigments de phycobiline (pigments photosynthétiques), qui leur confèrent leur couleur bleu-vert unique, pour convertir le dioxyde de carbone et l'eau en oxygène et en glucose. Les cyanobactéries ont permis de transformer l'atmosphère pauvre en oxygène de la Terre primitive en une atmosphère riche en oxygène, telle qu'on la connaît aujourd'hui.

Avec les algues, les cyanobactéries constituent la base du réseau alimentaire aquatique. [Cet article](#) de la Microbiology Society illustre le rôle important joué par les micro-organismes tels que les cyanobactéries, comme producteurs primaires de la chaîne alimentaire.

Le nom « cyanobactéries » fait référence à leur couleur [du grec ancien **κυανός** (kuanós) qui signifie « bleu »], qui leur vaut leur autre nom, « algues bleu-vert ».

Pourquoi les cyanobactéries se développent-elles ?

Les cyanobactéries jouent un rôle majeur de producteurs primaires de matière organique et de fournisseurs d'oxygène pour d'autres formes de vie aquatique et terrestre, mais elles peuvent aussi contribuer à la mortalité d'autres organismes – en cas d'efflorescences importantes. On parle d'efflorescence lorsque la croissance du phytoplancton (algues ou cyanobactéries vivant dans les milieux aquatiques) est beaucoup plus rapide que son élimination (par le broutage ou d'autres formes de décomposition). Les efflorescences posent problème dès lors qu'elles perturbent l'équilibre du réseau alimentaire, qu'elles se décomposent trop rapidement (entraînant une baisse de l'oxygène) ou qu'elles produisent des substances toxiques. De plus, les espèces de cyanobactéries les plus susceptibles de former des efflorescences sont aussi les plus problématiques : elles s'accumulent à la surface de l'eau par temps calme (écume) et sont parfois toxiques. Cela entraîne des perturbations au niveau de l'approvisionnement en eau potable et des activités de loisirs. Les températures élevées de l'eau ont été associées au développement d'efflorescences cyanobactériennes dans les régions tempérées et semi-arides. La hausse des températures due au changement climatique favorise la croissance de certains types de cyanobactéries, aggravant ainsi les risques liés aux efflorescences. Si la température a une incidence sur la cinétique de croissance des bactéries, c'est la disponibilité des nutriments tels que le phosphore qui est principalement responsable de la croissance des algues et des cyanobactéries.¹

Selon l'[Atlas interactif du GIEC](#), le changement climatique en Europe occidentale induit un réchauffement de la température et une sécheresse hydrologique accrue, entraînant une réduction des débits des cours d'eau et des lacs. Ceci peut favoriser une croissance plus rapide des cyanobactéries par rapport aux autres espèces de phytoplancton et dégrader la qualité de l'eau.

Recherche sur le développement des cyanobactéries

Les activités suivantes sont proposées pour lancer le projet et permettre aux élèves d'acquérir des connaissances sur le sujet :

- Regarder de **brefs documentaires** ou **vidéos** sur le sujet ;
- Faire des **recherches sur le web** en ce qui concerne les facteurs propices au développement des cyanobactéries et le lien avec le changement climatique. L'[Atlas interactif du GIEC](#) fournit des informations régionales sur le changement climatique. Les équipes trouveront [ici](#) des informations sur la prolifération des algues et l'utilisation de la télédétection pour repérer et suivre ces phénomènes ;
- Rechercher dans les **médias locaux** des articles traitant du problème au sein des communautés concernées ;
- Vérifier s'il existe des **rapports** qui pourraient aider à valider les informations collectées. Consulter par exemple ce rapport de l'[Organisation mondiale de la santé](#) qui présente le niveau de cyanobactéries dans l'eau considéré comme dangereux pour la santé ;
- Contacter les **organismes de recherche locaux** actifs dans ce domaine pour demander des informations et l'aide d'experts locaux.

https://www.researchgate.net/publication/330944730_Cyanobacteria_Growth_Kinetics

Plan de recherche

Après avoir examiné le sujet et la question de recherche, il est temps de déterminer les données que l'équipe doit collecter. La dernière étape de la phase 1 de Climate Detectives consiste à soumettre un plan de recherche. Vous trouverez des idées de données à collecter à la section B, qui peut vous être utile pour soumettre votre plan de recherche.

B – Collecte et analyse des données (PHASE 2)

Pour étudier la qualité de l'eau et le développement des cyanobactéries, les élèves peuvent collecter et analyser des données issues de plusieurs sources.

Données satellitaires

Les informations transmises par les satellites d'observation de la Terre peuvent être utilisées pour surveiller les lacs et autres étendues d'eau. À l'aide des données du satellite Sentinel-2 de Copernicus et d'un [script d'analyse de la qualité de l'eau](#), nous pouvons examiner le problème des cyanobactéries dans le lac d'Esch-sur-Sûre, au Luxembourg, en septembre 2021.

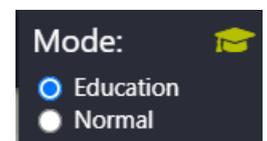
Pour cet exercice, nous utiliserons EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>), outil en ligne qui permet d'accéder gratuitement à des images satellite provenant de différentes missions d'observation de la Terre. Vous trouverez [ici](#) et [là](#) plus d'informations sur l'utilisation d'EO Browser.

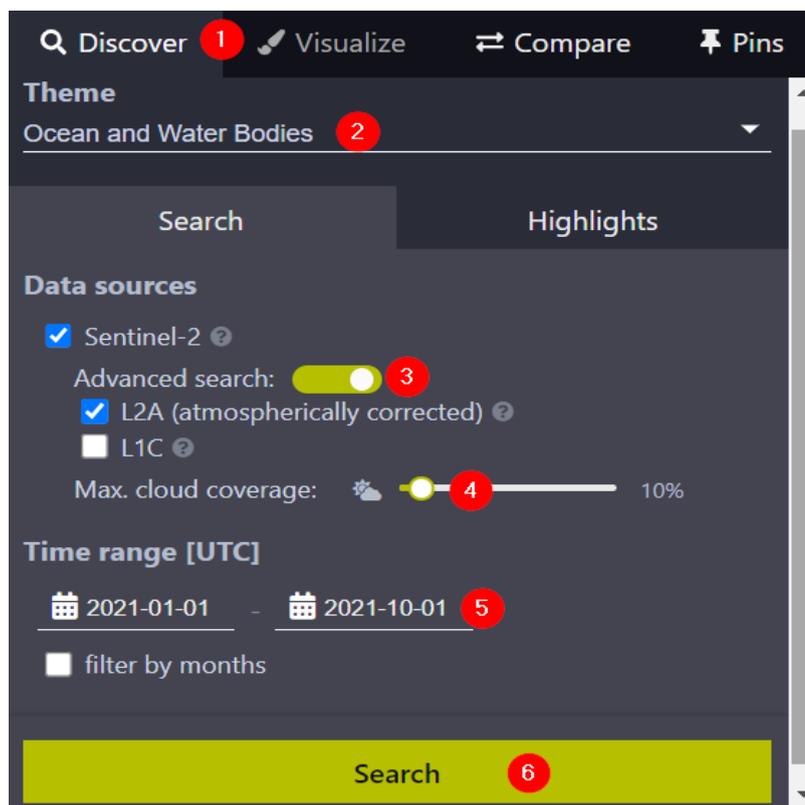
Pour en savoir plus

Les deux satellites de la mission Sentinel-2 font partie du programme Copernicus. Chaque satellite est équipé d'une caméra à haute résolution qui acquiert des images de la surface de la Terre dans 13 bandes spectrales allant du visible et du proche infrarouge à l'infrarouge à ondes courtes. La mission vise principalement à suivre l'évolution de l'utilisation des sols et à surveiller la santé de notre végétation. Optimisée pour les applications terrestres, elle constitue également un outil précieux pour surveiller la couleur des océans et milieux aquatiques et leur activité biologique. Pour en savoir plus, lire l'article « [Sentinel-2 catches eye of algal storm](#) ».

Exercice

1. Ouvrez EO Browser.
2. Dans le coin supérieur droit de votre écran EO Browser, cliquez sur l'icône de la toque universitaire et choisissez : Education.
3. Sélectionnez la localisation du lac dans le champ de recherche.
4. Dans l'onglet « Découvrir » (1) :
 - a. Sélectionnez le thème « Océan et milieux aquatiques » (2).
 - b. Activez la « Recherche avancée » (3).
 - c. Réglez la « Couverture nuageuse maxi. » à 10% (4).
 - d. Sélectionnez la plage horaire souhaitée (5).
 - e. Cliquez sur « Rechercher » (6).

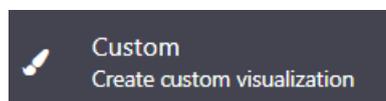




5. Dans l'onglet « Visualiser », sélectionnez une image et cliquez sur le bouton « Visualiser ».



6. Cliquez sur « Personnalisé ».



7. Cliquez sur « Custom Script » (1), puis cochez la case « Charger un script depuis une URL » (2).

8. Remplissez le champ avec l'URL suivante (3) :

<https://raw.githubusercontent.com/eseroluxembourg/sentinel-scripts/master/sentinel-2/se2waq/script.js>

9. Cliquez sur le bouton « Rafraîchir Evalsript » (4).

Custom script 1

Use additional datasets (advanced)

```

1 //VERSION=3
2 function setup() {
3   return {
4     input: ["B01", "B02", "B03", "dataMask"],
5     output: { bands: 4 }
6   };
7 }
8
9 function evaluatePixel(sample) {
10  return [2.5 * sample.B01, 2.5 * sample.B02,
11         2.5 * sample.B03, sample.dataMask];
12 }

```

i Uncheck Load script from URL to edit the code.

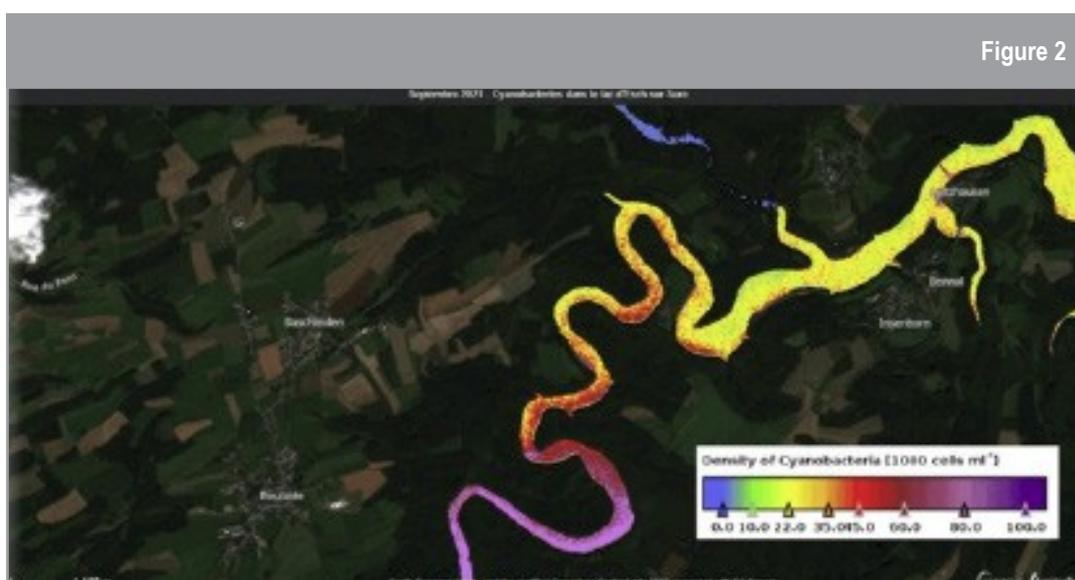
Load script from URL 2

<https://raw.githubusercontent.com/eseroluxembourg> 3

Refresh Evalscript 4

Résultats

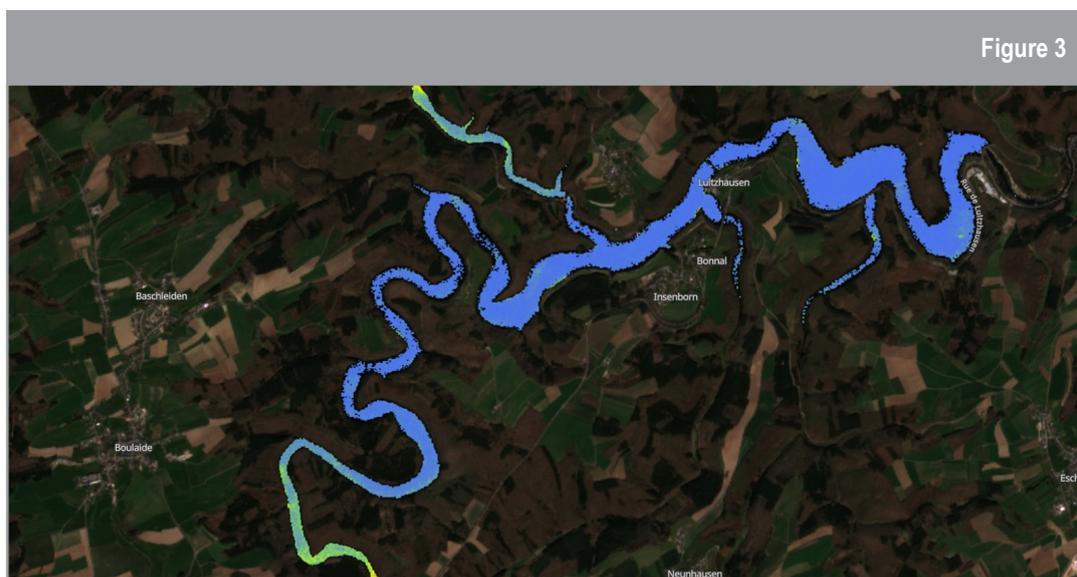
- Septembre 2021



↑ Densité des cyanobactéries dans le lac d'Esch-sur-Sûre, Luxembourg, septembre 2021

Les élèves peuvent répéter l'exercice ci-dessus et obtenir une nouvelle image du même lac à une saison différente, par exemple en avril 2021.

- Avril 2021



↑ Densité des cyanobactéries dans le lac d'Esch-sur-Sûre, Luxembourg, avril 2021

Analyse et discussion

Après avoir visualisé les résultats, les élèves devraient comparer les deux images et réfléchir à ce que révèlent les données, tout en notant les différences éventuelles. Ils pourraient étudier les variations de densité des cyanobactéries au fil du temps et le lien éventuel entre ces variations et, par exemple, la température de l'eau, les événements météorologiques et les changements climatiques.

La croissance des cyanobactéries est étroitement liée à la disponibilité en nutriments, et plus particulièrement en phosphore. Les sources de nutriments peuvent être très diverses ; on peut citer l'agriculture et l'industrie à titre d'exemple. Il est donc intéressant d'étudier la zone autour du plan d'eau. Existe-t-il des champs exploités de manière intensive dans les environs ? Y a-t-il une activité industrielle ?

Il faudrait souligner que la télédétection pour la surveillance des cyanobactéries a ses limites. En effet, ces dernières sont plus faciles à repérer lorsqu'elles s'accumulent à la surface de l'eau que lorsqu'elles sont mélangées à des algues. C'est pourquoi les mesures des réseaux d'observation au sol sont également essentielles.

Données au sol ou in situ

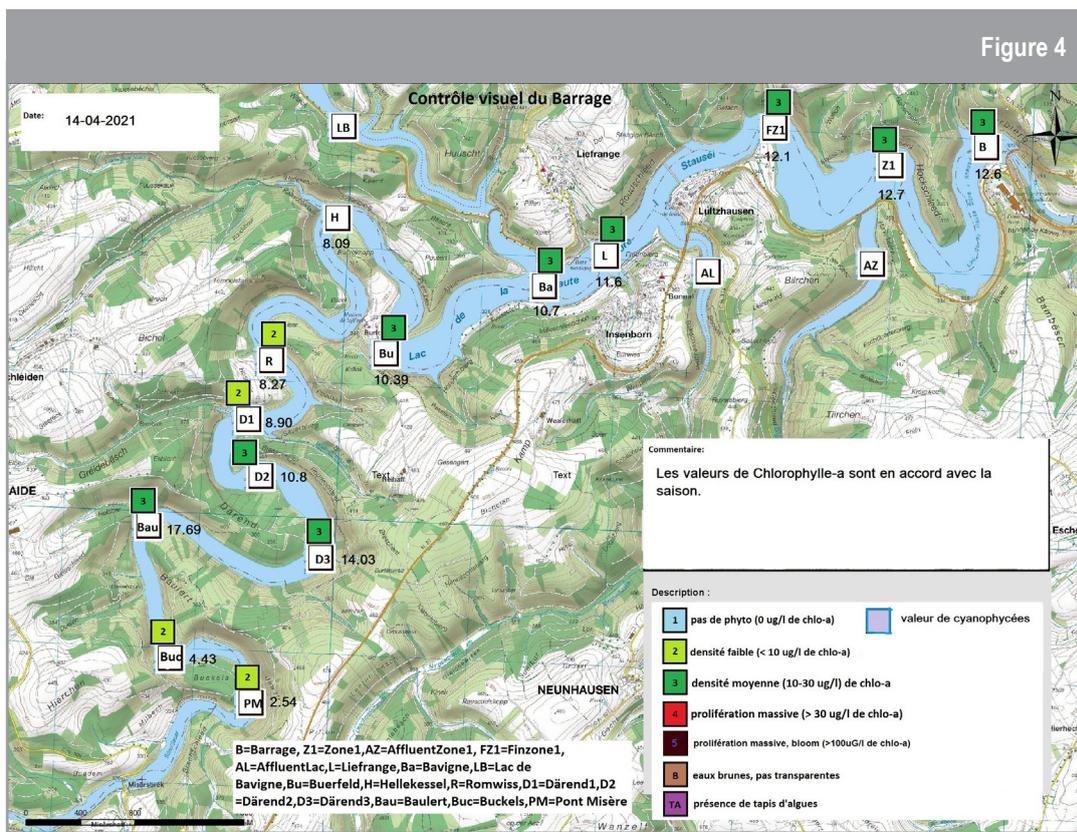
Les observations de la Terre peuvent être acquises par des plateformes de télédétection telles que les satellites ou par le biais de mesures au sol. Ces mesures sont appelées « données au sol » ou « in situ ».

Données nationales

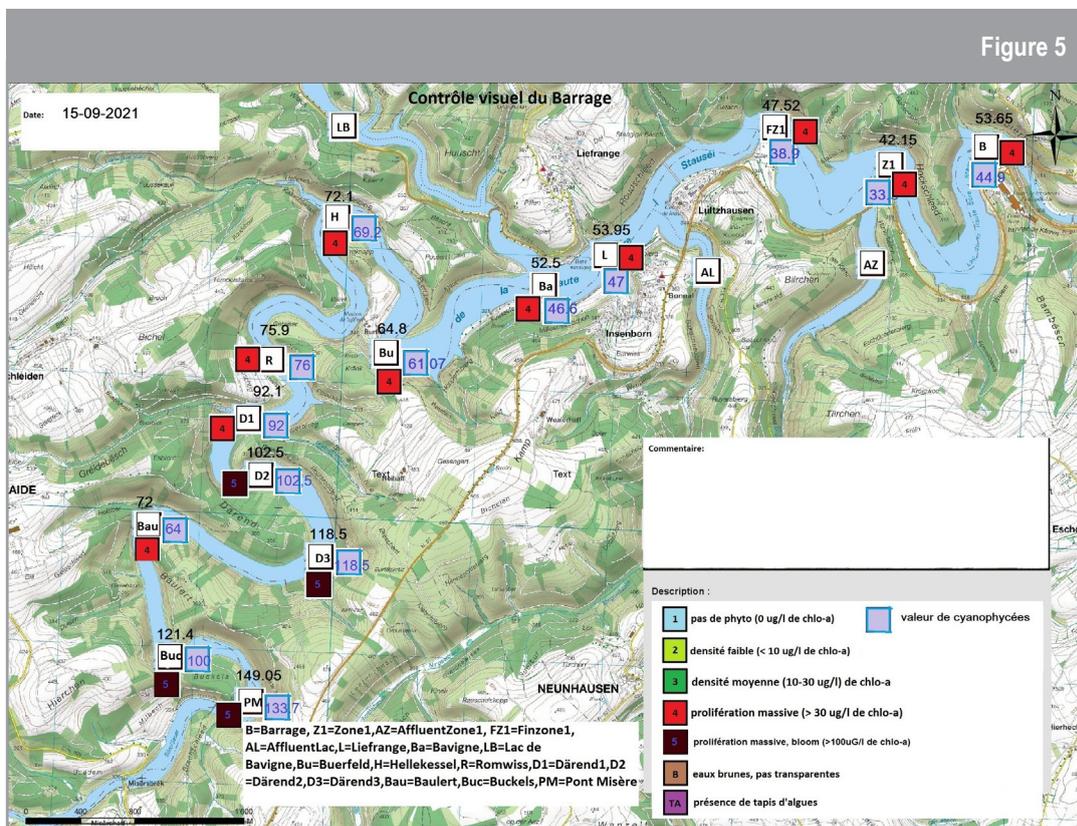
Au Luxembourg, deux organisations fournissent des données au sol relatives à la concentration de cyanobactéries dans l'eau.

- a) Le service [Environmental Microbiology and Biotechnology](#) du Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)
- b) Le [Syndicat des eaux du barrage d'Esch-Sur-Sûre](#) (SEBEL)

Ce type de données est très important pour valider les mesures effectuées par les satellites. Les observations in situ de SEBEL correspondent aux observations satellite avec EO Browser (voir les figures ci-dessous). Les élèves devraient comparer leurs images satellite aux mesures des agences nationales.



↑ Faible quantité de cyanobactéries en avril 2021. Crédit PURDUE-WILLE Emanuela



↑ Quantité importante de cyanobactéries en septembre 2021. Crédit PURDUE-WILLE Emanuela

Données primaires

Il s'agit des informations que les élèves mesurent ou calculent eux-mêmes.

Les deux principaux facteurs limitant la croissance des cyanobactéries sont la lumière et la disponibilité des nutriments. Les équipes trouveront ci-dessous des idées pour étudier ces facteurs. Elles peuvent également explorer d'autres facteurs et faire des recherches sur leur relation avec les cyanobactéries. La salinité et la température de l'eau, par exemple, sont d'autres facteurs importants qui peuvent avoir un impact sur la croissance des cyanobactéries.

Mise en garde en matière de santé et de sécurité

Les eaux contenant beaucoup de cyanobactéries peuvent entraîner des nuisances (telles qu'une mauvaise odeur) et des risques pour la santé ! Avant d'aller voir des lacs et des rivières et de prendre des mesures, vérifiez si les autorités officielles ont émis des avertissements concernant la qualité de l'eau et discutez des mesures de protection à prendre.

Transparence de l'eau

La quantité de cyanobactéries et d'algues conditionne la profondeur de pénétration de la lumière dans l'eau et la profondeur à laquelle les plantes aquatiques peuvent pousser. En l'absence de lumière, il n'y a pas de photosynthèse, que ce soit des plantes, des algues ou des cyanobactéries. La transparence diminue avec la présence de molécules et de particules susceptibles d'absorber ou de diffuser la lumière et peut aider à déterminer la profondeur d'eau autorisant la photosynthèse. De plus, la couleur de l'eau peut indiquer si la faible transparence est due à des algues ou à d'autres substances, telles que des matières organiques dissoutes, des minéraux ou des sédiments organiques.

La transparence de l'eau peut être mesurée à l'aide d'un **disque de Secchi**. Il s'agit d'un disque de 30 cm de diamètre, immergé dans l'eau à l'aide d'une corde. La profondeur de Secchi est la profondeur à laquelle le disque n'est plus visible à travers l'eau. Plus l'eau est transparente, plus la profondeur de Secchi est élevée. Lorsque l'eau est trouble et peu transparente, la profondeur de Secchi est faible.

On peut fabriquer un disque de Secchi avec une imprimante 3D ou à partir d'un matériau recyclable tel qu'un vieux disque vinyle. La transparence de l'eau pouvant varier selon les saisons, il est important de faire plusieurs relevés, par exemple une fois par mois. On trouve facilement en ligne des recommandations sur la manière d'utiliser le disque de Secchi pour mesurer la transparence de l'eau. Les scientifiques continuent de se servir de ce moyen de mesure utilisé de longue date pour surveiller la transparence de l'eau. Si un disque de Secchi de taille normale est superflu ou trop volumineux pour être transporté, découvrez comment construire et déployer un mini-disque de Secchi, dans le cadre du [projet MONOCLE](#).

Les [scientifiques](#) utilisent également ces mesures pour établir un lien avec la concentration de phytoplancton dans l'eau et valider les mesures par satellite.

Nutriments

Des nutriments tels que l'azote et le phosphore sont, en quantité naturelle et équilibrée, essentiels au bon maintien des écosystèmes aquatiques. Mais si les mers, les lacs et les rivières en sont surchargés, cela peut entraîner une série d'effets néfastes connus sous le nom d'eutrophisation. Le phosphore est le principal nutriment responsable de l'eutrophisation des eaux douces. Il est généralement considéré comme le « nutriment limitant », ce qui signifie que sa disponibilité conditionne le rythme de croissance des algues et des plantes aquatiques. Le phosphate est la forme la plus courante de phosphore utilisée par les organismes biologiques. Les équipes peuvent utiliser un kit de qualité de l'eau ou un kit de test de phosphate pour mesurer la teneur en phosphate de l'eau.

Les cyanobactéries sont moins susceptibles d'apparaître dans les sites abritant des plantes à racines, car ces dernières « absorbent » les nutriments dont elles ont toutes deux besoin. De même, dans un lac où abondent les cyanobactéries, les plantes à racines ont peu de chances de pousser. Les équipes peuvent également étudier la présence d'organismes indicateurs. Il s'agit d'espèces végétales ou animales qui vivent dans des conditions particulières et dont la présence peut indiquer indirectement par exemple la présence de nutriments dans les eaux d'un lac ou sur les rives.

Les plantes très exigeantes en azote se trouvent dans des zones à forte concentration d'azote. Il en va de même pour les animaux, par exemple les insectes et même les micro-organismes. La qualité de l'eau peut ainsi être évaluée en mesurant la présence de certains organismes dans la zone étudiée.

C – Il est temps de faire quelque chose ! (PHASE 3)

À partir des résultats et des conclusions de la phase 2, les équipes définissent les mesures à prendre pour résoudre le problème climatique étudié. Quelles mesures les élèves pourraient-ils entreprendre, à titre individuel ou collectivement, pour sensibiliser leur entourage à la prolifération des cyanobactéries et en réduire l'impact ?



CLIMATE DETECTIVES

→ TÂCHES DANS LE CADRE DE CLIMATE DETECTIVES

Fiche élève

A – Introduction au sujet (PHASE 1)

- *Que sont les cyanobactéries ? Quel est l'impact du changement climatique sur la qualité de l'eau en ce qui concerne les cyanobactéries dans les lacs ?*
- *Pourquoi les cyanobactéries se développent-elles ?*
- *Quels sont les principaux problèmes posés par les cyanobactéries ?*
- *Comment le sujet que vous avez choisi vous affecte-t-il ou vous concerne-t-il, ainsi que votre entourage ou votre environnement local ?*
- *Décrivez comment vous comptez étudier le problème climatique et quelles données vous prévoyez d'analyser (pour le plan de recherche). Voir les suggestions ci-dessous.*

B – Collecte et analyse des données (PHASE 2)

- *Interviewer des personnes vivant aux alentours du lac pour discuter de son évolution au fil des ans en lien avec le changement climatique*
- *Analyser les données d'autres lacs que celui d'Esch-sur-Sûre*
- *Analyser l'évolution des cyanobactéries pendant une année, sur plusieurs mois*
- *Comparer l'évolution des cyanobactéries d'un lac à la même période, sur plusieurs années*
- *Rechercher la présence d'organismes indicateurs de la disponibilité de nutriments favorisant les cyanobactéries*
- *Analyser la transparence de l'eau dans le temps à l'aide d'un disque de Secchi*
- *Établir un lien entre la présence de cyanobactéries dans le temps et la température de l'eau, les événements météorologiques et les changements climatiques*

C – Il est temps de faire quelque chose ! (PHASE 3)

Votre travail dans le cadre du projet Climate Detectives est terminé. Quelles mesures pourriez-vous proposer à titre individuel ou collectivement pour améliorer la situation en ce qui concerne le sujet étudié ?

→ Liens

Ressources de l'ESA

Climate Detectives Teacher Guide

<https://climatedetectives.esa.int/teacher-guide/>

Climate Detectives classroom resources

<https://climatedetectives.esa.int/classroom-resources>

Climat pour les écoles – Packs de ressources pédagogiques de l'Initiative sur le changement climatique

<https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/>

Informations générales

Harmful Algal Blooms - SEOS - Science Education through Earth Observation for High Schools

<https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c03-p01.html>

IPCC Interactive Atlas / Atlas interactif du GIEC

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-synthesis>

Cyanobacteria in water (Cyanobactéries dans l'eau) - Organisation mondiale de la santé

<https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>

Copernicus Sentinel-2

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Collecte et analyse des données

EO Browser

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Monocle project – Mini-secchi disk (Projet Monocle - mini-disque de Secchi)

https://monocle-h2020.eu/Sensors_and_platforms/Mini-secchi_disk_en

Le Bureau ESA Education apprécie les retours et commentaires à teachers@esa.int
Vos retours possibles également à esero.france@cnes.fr

Produit par ESA Education en collaboration avec ESERO Luxembourg

Copyright 2022 © European Space Agency

Traduit et adapté par ESERO France et le CNES, 2023