

teach with space

→ ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Mini étude de cas pour les détectives du climat



Copyright - Jean Baptiste Burne

→ ENQUÊTER SUR LA QUALITÉ DE L'EAU

Mini-étude de cas pour les détectives du climat

FAITS EN BREF

Sujet : Sciences ; Biologie

Tranche d'âge : 14-18 ans

Type : Activité de projet

Mots-clés : Qualité de l'eau ; Changement climatique ; Cyanobactéries ; Observation de la Terre ; Sciences ; Biologie

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- o Être capable de travailler de manière scientifique en collectant et en analysant des données, en effectuant des observations minutieuses, en recherchant des modèles et des relations.
- o Reconnaître certains des impacts du changement climatique sur les ressources en eau
- o Identifier les cyanobactéries comme des bactéries qui obtiennent leur

Brève description

Les mini-études de cas pour les détectives du climat ont pour but d'aider les enseignants à identifier le sujet que leur équipe de détectives du climat va étudier et de les guider tout au long des différentes phases du projet. Dans le modèle, les enseignants trouveront quelques suggestions de données que les élèves peuvent collecter et analyser. Ces suggestions ne sont pas exhaustives et les enseignants peuvent décider eux-mêmes de l'orientation spécifique à donner à un domaine de recherche donné. La mini-étude de cas doit être utilisée conjointement avec le [guide de l'enseignant](#) et non comme un document autonome.

Cette étude de cas est consacrée au thème de **la qualité de l'eau** et les élèves étudieront l'impact du changement climatique sur la

À propos des détectives du climat

Climate Detectives est un projet scolaire destiné aux élèves, mené par l'Agence spatiale européenne (ESA) en collaboration avec les bureaux nationaux européens de ressources pédagogiques sur l'espace (ESERO) à travers l'Europe.

Dans le cadre de ce projet, les élèves endosseront le rôle de détectives du climat tout en découvrant l'environnement terrestre. Pour cela, ils identifieront un problème climatique local (phase 1), l'étudieront à l'aide d'images satellites réelles ou de leurs propres mesures au sol (phase 2), puis proposeront enfin des mesures visant à réduire ou à surveiller ce problème (phase 3).



CLIMATE DETECTIVES

A – Introduction au sujet (PHASE 1)

Mise en contexte

« Comprendre le comportement complexe des lacs dans un environnement en mutation est essentiel pour une gestion efficace des ressources en eau et l'atténuation des effets du changement climatique. »
[Projet ESA CCI Lakes](#)

En septembre 2021, le gouvernement luxembourgeois [a publié une alerte](#) concernant 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, on observe une augmentation progressive des cyanophycées dans le barrage d'Esch-sur-Sûre. Les eaux sont classées comme « méso-eutrophes », ce qui signifie que les proliférations observées sont essentiellement dues à un apport excessif de nutriments tels que l'azote et le phosphore.

L'interaction entre les différentes formes de nutriments et les proliférations de cyanobactéries est très complexe et fait encore l'objet de débats. D'autres facteurs météorologiques tels que le changement climatique, la stagnation des eaux et l'augmentation des températures ainsi que la diminution des débits en été ont favorisé davantage les cyanobactéries par rapport aux autres espèces de phytoplancton. Ce phénomène que nous observons dans le barrage est également observé dans le monde entier. »

Cette étude de cas porte sur cet événement. Les équipes de Climate Detective du Luxembourg peuvent choisir ce lac ou un autre plan d'eau du pays. Les équipes d'autres pays sont encouragées à étudier un plan d'eau situé près de chez elles.



↑ Les données satellitaires peuvent aider à surveiller la croissance et la propagation des proliférations de cyanobactéries. Sur cette [image](#) capturée par [Copernicus Sentinel-3](#), les proliférations d'algues vertes tourbillonnant dans le lac Érié (Amérique du Nord) sont clairement visibles, car elles se sont accumulées à la surface de l'eau. Cette image contient des données Copernicus Sentinel modifiées (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 à l'aide de pigments phycobilines (pigments photosynthétiques), qui leur confèrent leur couleur bleu-vert unique, afin de convertir le dioxyde de carbone et l'eau en oxygène et en glucose. Les cyanobactéries ont transformé l'atmosphère pauvre en oxygène de la Terre primitive en l'atmosphère riche en oxygène que nous connaissons aujourd'hui.

Les cyanobactéries, tout comme les algues, constituent la base de la chaîne alimentaire aquatique. [Cet article](#) de la Microbiology Society illustre le rôle important que jouent les micro-organismes, tels que les cyanobactéries, en tant que producteurs primaires dans la chaîne alimentaire.

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

Pourquoi les cyanobactéries se développent-elles ?

Les cyanobactéries jouent un rôle important en tant que producteurs primaires de matière organique et fournisseurs d'oxygène pour d'autres formes de vie aquatiques et terrestres, mais elles peuvent également contribuer à la mortalité d'autres organismes, en cas de prolifération intense. Le terme « prolifération » est utilisé pour désigner les événements au cours desquels le phytoplancton (algues ou cyanobactéries vivant dans les milieux aquatiques) se développe beaucoup plus rapidement qu'il n'est éliminé (par le broutage ou d'autres processus de décomposition). Les proliférations deviennent un problème lorsqu'elles perturbent l'équilibre de la chaîne alimentaire, se décomposent trop rapidement (provoquant une baisse du taux d'oxygène) ou produisent des substances toxiques. Malheureusement, les espèces de cyanobactéries les plus susceptibles de former des proliférations sont également celles qui posent des problèmes importants, notamment en s'accumulant à la surface de l'eau par temps calme (« écume ») et en étant parfois toxiques. Cela pose des problèmes pour l'approvisionnement en eau potable et les loisirs. Les températures élevées de l'eau ont été associées au développement de proliférations de cyanobactéries dans les régions tempérées et semi-arides. L'augmentation des températures due au changement climatique favorise la croissance de certains types de cyanobactéries, augmentant ainsi les risques liés aux proliférations. Bien que la température soit un facteur qui influe sur la cinétique de croissance des bactéries, la disponibilité de nutriments tels que le phosphore est une condition essentielle à la croissance des algues et des cyanobactéries.¹

Selon [l'Atlas interactif du GIEC](#), le changement climatique en Europe occidentale entraîne une augmentation des températures et une sécheresse hydrologique accrue, ce qui provoque une réduction du débit des cours d'eau et des apports en eau des lacs. Cela peut favoriser la croissance des cyanobactéries par rapport aux autres phytoplanctons et détériorer la qualité de l'eau.

Recherche sur le développement des cyanobactéries

Comme activité initiale et pour permettre aux élèves d'acquérir des connaissances sur le sujet, les activités suivantes sont suggérées :

- o Regarder **de courts documentaires** ou **vidéos** sur le sujet
- o Effectuer **des recherches sur Internet** pour explorer les facteurs favorisant le 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 [y](#) trouveront des informations sur la prolifération d'algues et l'utilisation de la télédétection pour détecter et suivre ces événements.
- o Recherchez dans **les médias locaux** des articles qui traitent du problème dans leur communauté.
- o Recherchez tous **les rapports** susceptibles de vous aider à identifier les informations pertinentes.

Par exemple, consultez ce rapport de [l'Organisation mondiale de la santé](#) qui présente le niveau de cyanobactéries dans l'eau considéré comme malsain.

- o Contactez **les organismes de recherche locaux** qui travaillent sur ce sujet pour leur demander des informations et l'aide d'experts locaux.

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

Plan d'enquête

Maintenant que le sujet et la question de recherche ont été discutés, il est temps de planifier les données que l'équipe doit collecter. La dernière étape de la phase 1 de Climate Detectives consiste à soumettre un plan d'enquête. Vous trouverez des idées pour la collecte de données dans la section B, qui pourront vous aider à soumettre votre plan d'enquête.

B – Collecte et analyse des données (PHASE 2)

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

Données satellitaires

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

Pour cet exercice, nous utiliserons Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>), un outil en ligne qui permet d'accéder gratuitement à des images satellites provenant de différentes missions d'observation de la Terre.

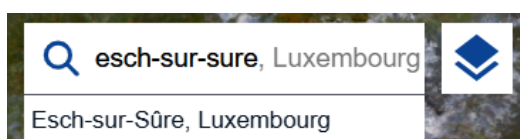
Vous trouverez [ici](#) plus d'informations sur l'utilisation du navigateur Copernicus.

Pour en savoir plus

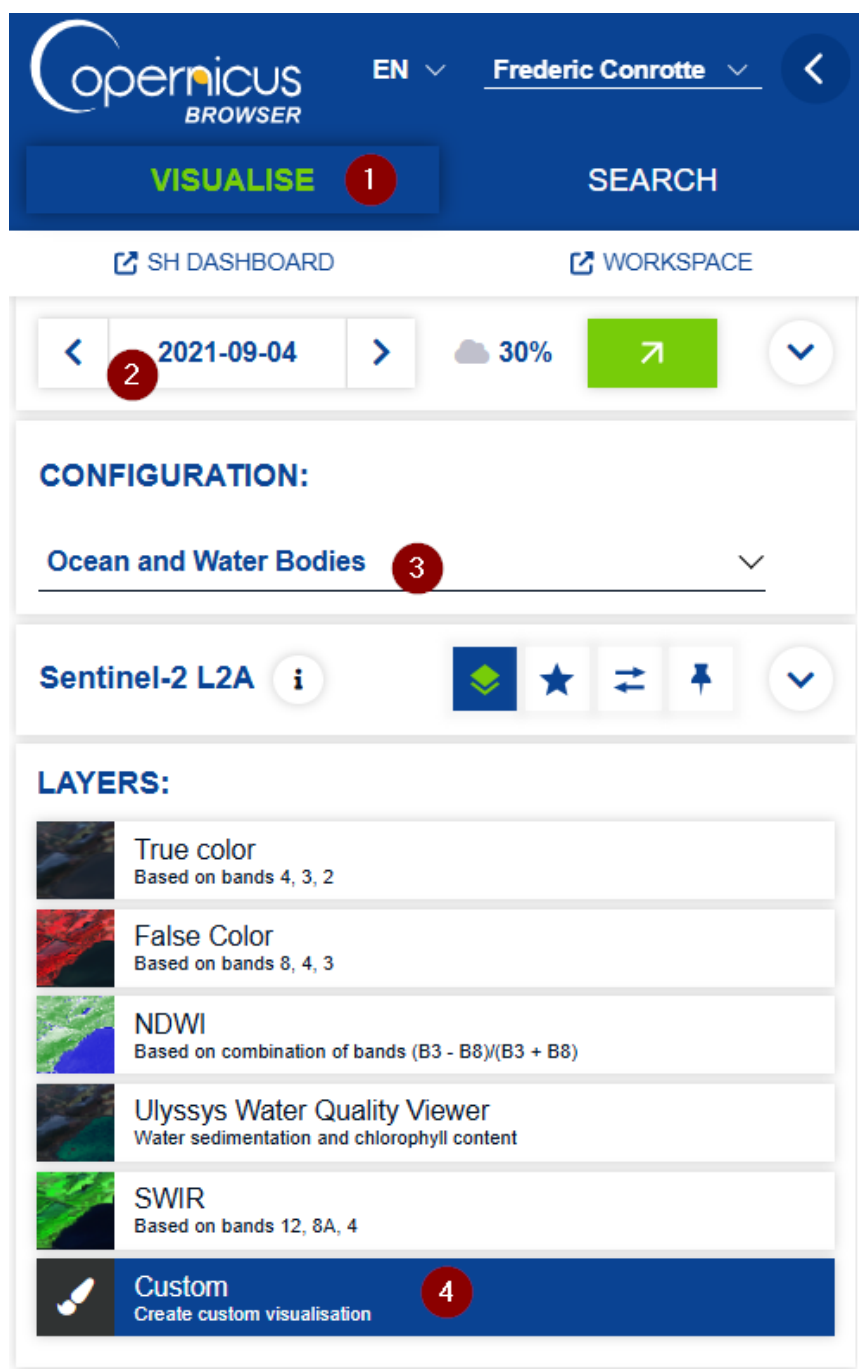
Copernicus Sentinel-2 est une mission composée de deux satellites. Chaque satellite est équipé d'une caméra haute résolution qui capture des images de la surface terrestre dans le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge à ondes courtes, comprenant 13 bandes spectrales. La mission sert principalement à suivre l'évolution de l'utilisation des sols et à surveiller la santé de notre végétation. Bien qu'elle ait été optimisée pour les applications terrestres, elle constitue également un outil précieux pour surveiller la couleur des océans et l'activité biologique. Pour en savoir plus, lisez l'article « [Sentinel-2 capte une tempête d'algues](#) ».

Exercice

1. Ouvrir [le navigateur Copernicus](#)
2. Sélectionnez l'emplacement du lac dans le champ de recherche



3. Dans l'onglet « Visualiser » (1) :
 - a. Sélectionnez la date « 2021-09-04 » (2)
 - b. Sélectionnez la configuration « Océans et plans d'eau » (3)
 - c. Sélectionnez le calque « Personnalisé » (4)

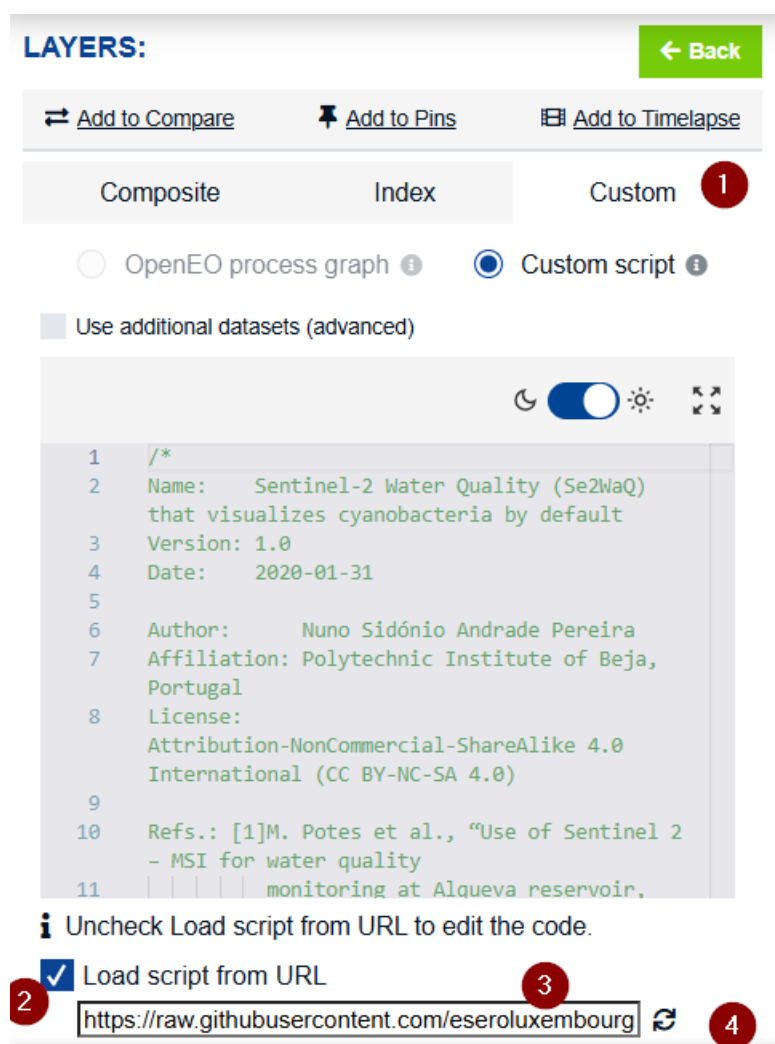


4. Chargez le script personnalisé

- Cliquez sur « Personnalisé » (1)
- Cochez la case « Charger le script à partir de l'URL » (2)
- Remplissez le champ avec l'URL suivante (3)

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

- Cliquez sur le bouton « Actualiser le script d'évaluation » (4)



LAYERS: ← Back

↔ Add to Compare 📌 Add to Pins 📅 Add to Timelapse

Composite Index Custom **1**

☐ OpenEO process graph ☒ Custom script **1**

☐ Use additional datasets (advanced)

```
1  /*
2  Name:    Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ)
3           that visualizes cyanobacteria by default
4  Version: 1.0
5  Date:    2020-01-31
6
7  Author:   Nuno Sidónio Andrade Pereira
8  Affiliation: Polytechnic Institute of Beja,
9             Portugal
10 License:
11           Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
12           International (CC BY-NC-SA 4.0)
13
14 Refs.: [1]M. Potes et al., "Use of Sentinel 2
15         - MSI for water quality
16         monitoring at Alqueva reservoir,
```

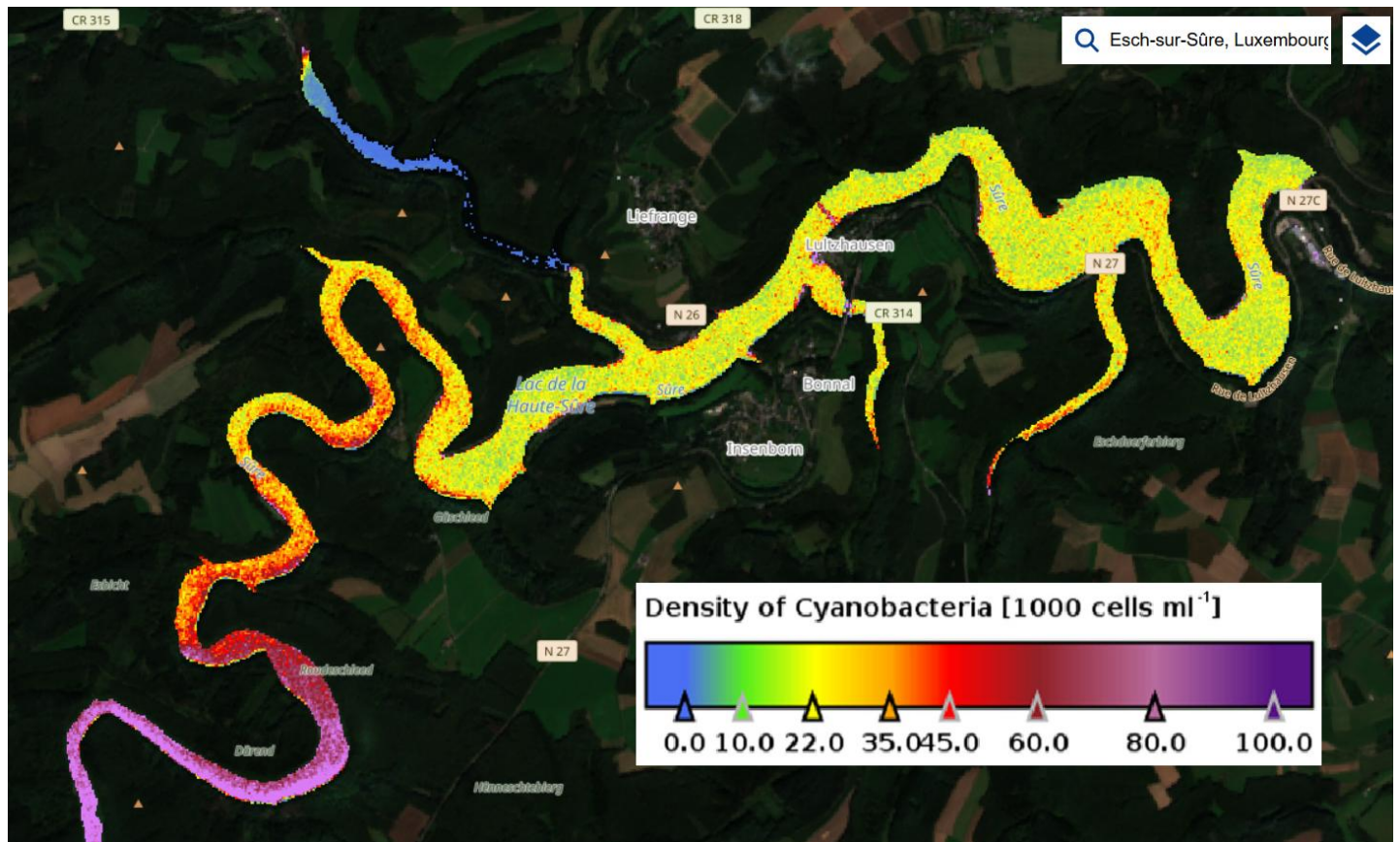
i Uncheck Load script from URL to edit the code.

☒ Load script from URL **2**

3 ↻ **4**

Résultats

o Septembre 2021 (voir l'image directement sur [Copernicus Browser](#))

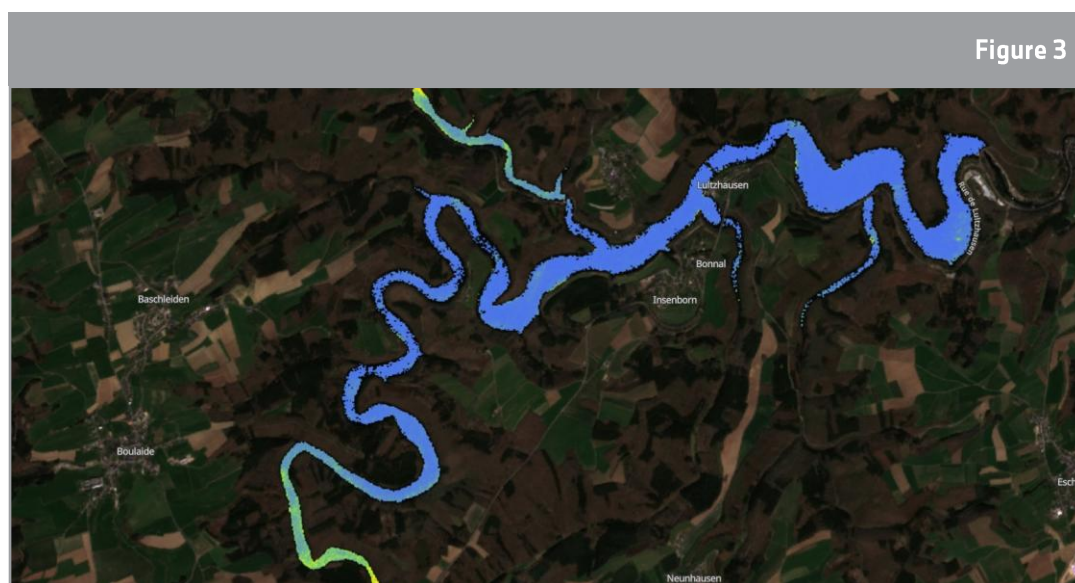


↑ Densité des cyanobactéries dans le lac d'Esch-sur-Sûre, au Luxembourg, en septembre 2021

L'échelle des cyanobactéries se trouve dans cet article de recherche : <https://piahs.copernicus.org/articles/380/73/2018/>

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

- o Avril 2021 (voir l'image directement sur [Copernicus Browser](#))



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

Analyse et discussion

Après avoir visualisé les résultats, les élèves doivent comparer les deux images et réfléchir à ce que montrent les données, tout en notant les différences éventuelles. Les élèves peuvent étudier comment la présence de cyanobactéries varie au fil du temps et comment cela est lié, ou non, par exemple, à la température de l'eau, aux événements météorologiques et aux changements climatiques.

La croissance des cyanobactéries est étroitement liée à la disponibilité des nutriments, en particulier du phosphore. Les nutriments peuvent provenir de nombreuses sources différentes ; l'agriculture et l'industrie n'en sont que deux exemples. Il est donc intéressant d'étudier la zone autour du plan d'eau. Y a-t-il des champs intensivement exploités dans les environs ? Y a-t-il une production industrielle ?

Il convient de noter que la télédétection des cyanobactéries a ses limites. Il est beaucoup plus facile de détecter les cyanobactéries qui s'accumulent à la surface de l'eau que de les identifier parmi les algues lorsque l'eau est mélangée. Les mesures effectuées par les réseaux d'observation au sol sont donc également essentielles.

Données terrestres

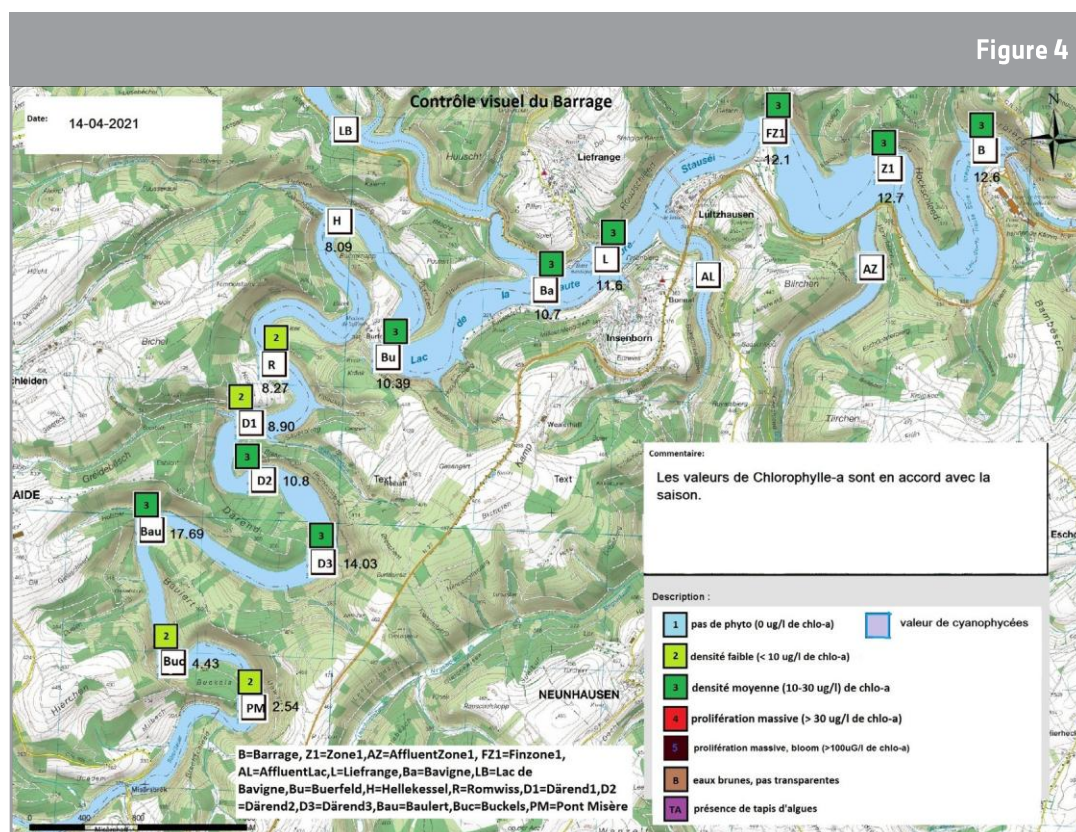
Les observations terrestres peuvent être acquises à partir de plateformes de télédétection telles que des satellites ou prises au niveau du sol. Nous appelons ces mesures « données terrestres » ou « in situ » (sur place).

Données nationales

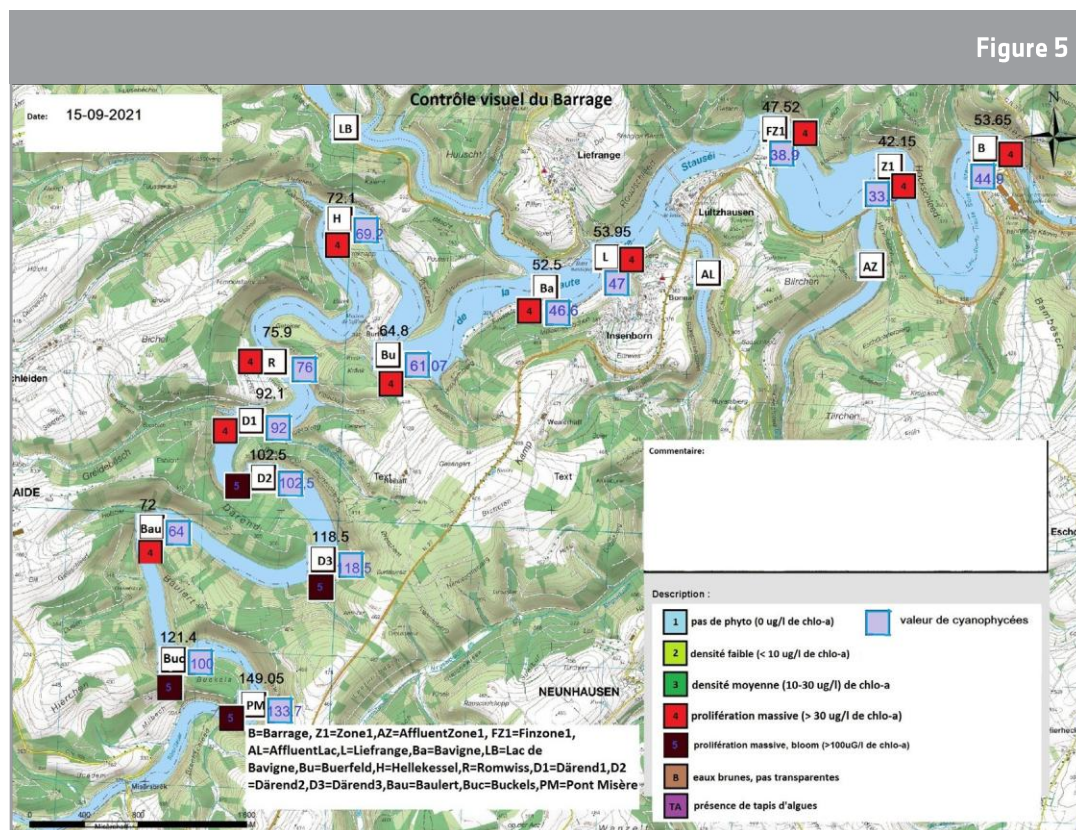
Au Luxembourg, deux organisations fournissent des données au sol relatives à la concentration de cyanobactéries dans l'eau.

- a) Le département de [microbiologie environnementale](#) et de [biotechnologie](#) de l'Institut luxembourgeois des sciences et technologies (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 sur site de SEBEL correspondent aux observations satellitaires réalisées avec EO Browser (voir figures ci-dessous). Les élèves doivent comparer leurs propres images satellites avec les mesures effectuées par les agences nationales.



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



↑ Niveau élevé de cyanobactéries en septembre 2021. Crédit PURDUE-WILLE Emanuela

Données primaires

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

Deux facteurs principaux limitent la croissance des cyanobactéries : 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 mener des recherches sur leur relation avec les cyanobactéries. Par exemple, la salinité et la température de l'eau sont également des facteurs importants qui peuvent avoir un impact sur la croissance des cyanobactéries.

Avertissement sanitaire et de sécurité !

Une eau contenant beaucoup de cyanobactéries peut causer des nuisances (comme de mauvaises odeurs) et présenter des risques pour la santé ! Avant de vous rendre au bord d'un lac ou d'une rivière et d'effectuer des mesures, vérifiez les avertissements relatifs à la qualité de l'eau.

Transparence de l'eau

La quantité de cyanobactéries et d'algues influence la profondeur à laquelle la lumière pénètre dans un plan d'eau et détermine la profondeur à laquelle les plantes aquatiques peuvent pousser. Sans lumière, il n'y a pas de photosynthèse, que ce soit par les plantes, les algues ou les cyanobactéries. La transparence diminue avec la présence de molécules et de particules qui peuvent absorber ou diffuser la lumière et peut aider à déterminer la profondeur à laquelle la photosynthèse est possible. De plus, la couleur de l'eau peut aider à déterminer si la faible transparence est due à la présence d'algues ou 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**. Un disque de Secchi est un disque de 30 cm de diamètre qui est descendu dans l'eau à l'aide d'une corde. La profondeur à laquelle le disque de Secchi n'est plus visible à travers l'eau est appelée profondeur de Secchi. Lorsque la transparence de l'eau est élevée, la profondeur de Secchi est également élevée. Lorsque la transparence de l'eau est faible et que l'eau est trouble, la profondeur de Secchi est faible.

Un disque de Secchi peut être fabriqué [à l'aide d'une imprimante 3D](#) ou à partir d'un matériau recyclable tel qu'un [vieux disque vinyle](#). La transparence de l'eau peut varier selon les saisons, il est donc important d'effectuer de nombreuses mesures à l'aide du disque de Secchi, par exemple une fois par mois. Les protocoles d'utilisation du disque de Secchi pour mesurer la transparence de l'eau sont facilement accessibles en ligne. Le disque de Secchi est utilisé depuis des centaines d'années, et les scientifiques continuent d'utiliser ces mesures pour surveiller la transparence de l'eau. Si vous n'avez pas besoin d'un disque de Secchi de taille normale ou si celui-ci est trop encombrant à transporter, découvrez comment fabriquer et utiliser un mini-disque de Secchi, disponible 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 effectuées par les satellites !

Nutriments

Une quantité naturelle et saine de nutriments tels que l'azote et le phosphore est essentielle au bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques. La surcharge en nutriments des mers, des lacs et des rivières peut entraîner une série d'effets néfastes connus sous le nom d'eutrophisation. Le phosphore est le nutriment clé de l'eutrophisation des eaux douces. Il est généralement considéré comme le «

nutriment limitant », ce qui signifie que la quantité disponible de ce nutriment contrôle le rythme de croissance des algues et des plantes aquatiques. La forme la plus courante de phosphore utilisée par les organismes biologiques est le phosphate. Pour mesurer les niveaux de phosphate dans l'eau, les équipes peuvent utiliser un kit de mesure de la qualité de l'eau ou un kit de test du phosphate.

Les cyanobactéries sont moins susceptibles d'apparaître dans les zones où l'on trouve des plantes à racines, car celles-ci absorbent les nutriments dont les deux ont besoin. Parallèlement, lorsque les cyanobactéries sont courantes dans un lac, les plantes à racines ont peu de chances de pousser dans l'eau. Vous pouvez également rechercher la présence d'organismes indicateurs. Il s'agit d'espèces végétales ou animales qui vivent dans des conditions particulières et peuvent donc indiquer, par exemple, de manière indirecte, la quantité de nutriments présents dans un lac ou le long de ses berges.

Les plantes qui ont besoin de beaucoup d'azote pour pousser se trouvent donc dans les zones où la concentration en azote est élevée. Cela vaut également pour les animaux, par exemple les insectes et même les micro-organismes. La qualité de l'eau peut être évaluée en mesurant la présence d'organismes sélectionnés dans la zone étudiée.

C – Il est temps de faire la différence ! (PHASE 3)

Sur la base des résultats et des conclusions de la phase 2, les équipes décident des mesures à prendre pour lutter contre le problème climatique qu'elles ont étudié. Quelles mesures les élèves pourraient-ils prendre, à titre individuel ou collectif, pour sensibiliser leur communauté et réduire l'impact des proliférations de cyanobactéries dans leur région ?



CLIMATE DETECTIVES

→ TÂCHES EN TANT QUE DÉTECTIVES DU CLIMAT

Fiche de travail de l'élève

A – Introduction au sujet (PHASE 1)

- o *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 ?*
- o *Pourquoi les cyanobactéries se développent-elles ?*
- o *Quels sont les principaux problèmes causés par les cyanobactéries ?*
- o *En quoi le sujet que vous avez choisi vous concerne-t-il, vous, votre communauté ou votre environnement local ?*
- o *Décrivez comment vous comptez étudier le problème climatique et quelles données vous comptez analyser (pour le plan d'étude). Vous trouverez des suggestions ci-dessous.*

B – Collecte et analyse des données (PHASE 2)

- o *Interrogez les personnes vivant autour du lac afin de discuter de son évolution au fil des ans en relation avec le changement climatique.*
- o *Analysez d'autres lacs que celui d'Esch-sur-Sûre.*
- o *Analysez l'évolution des cyanobactéries au cours d'une année, sur plusieurs mois.*
- o *Comparez l'évolution des cyanobactéries dans un lac au même moment à différentes années.*
- o *Recherchez la présence d'organismes indicateurs révélant la présence de nutriments favorisant les cyanobactéries.*
- o *Analyser la transparence de l'eau au fil du temps à l'aide d'un disque de Secchi.*
- o *Établissez un lien entre la présence de cyanobactéries au fil du temps et la température de l'eau, les événements météorologiques et les changements climatiques.*

C – Il est temps de faire la différence ! (PHASE 3)

Votre travail de détective climatique est maintenant terminé. Quelles actions pourriez-vous proposer, en tant qu'individus et en tant que communauté, pour faire la différence sur le sujet de votre enquête ?

→ Liens

Ressources de l'ESA

Guide de l'enseignant « Détectives du climat

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

Ressources pédagogiques Climate Detectives

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

Climat pour les écoles – Ressources issues de l'initiative sur le changement climatique

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

Informations générales

Proliférations d'algues nuisibles – Enseignement des sciences par l'observation de la Terre pour les lycées

<https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-co3-p01.html>

Atlas interactif du GIEC

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

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

Navigateur Copernicus

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

Projet Monocle – Mini-disque de Secchi

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

Le Bureau de l'éducation de l'ESA apprécie vos commentaires et suggestions
teachers@esa.int

Une production ESA Education en collaboration avec ESERO Luxembourg
Copyright 2026 © Agence spatiale européenne