

Steam4Climate Guide de l'enseignant à l'éducation climatique par projets

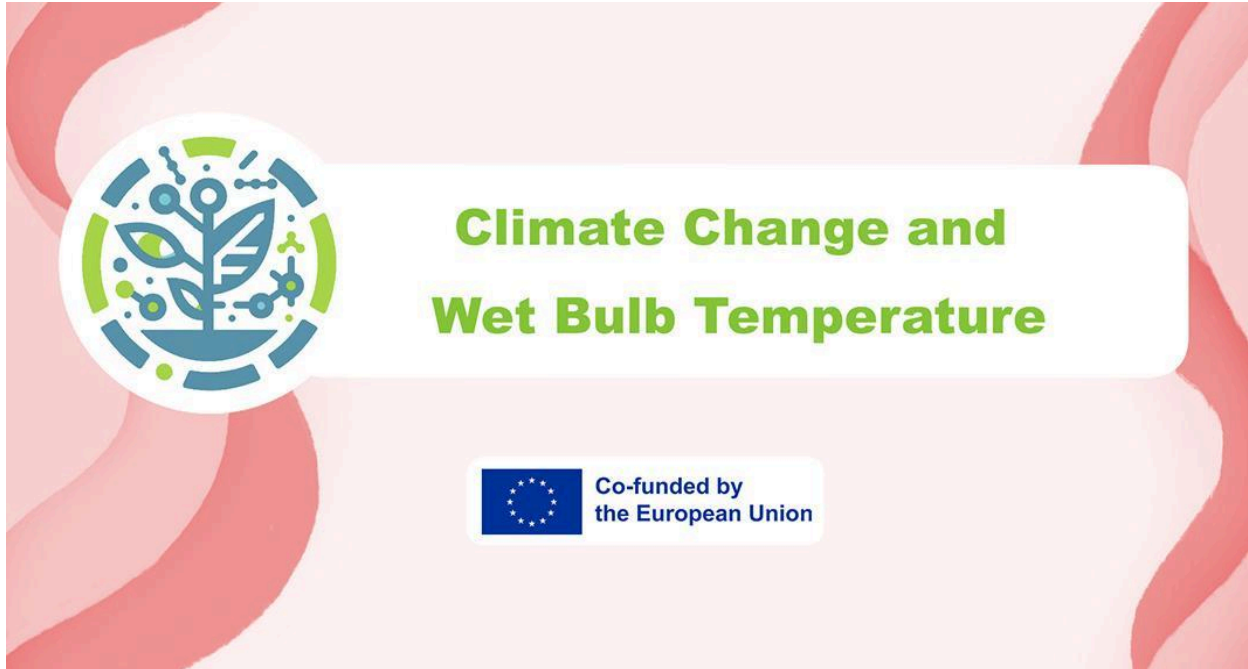
Projet: Climate Change and Wet Bulb Temperature

Créateur: Thomas Joerg (Kepler-Gymnasium Pforzheim)

Contributeurs & Critiques: Rene Alimisi Chrisanthi Papasarantou (Edumotiva-European Lab for Educational Technology)

Version: v.2.0, 2025.10.16

Statut: final



Consortium de projets de l'UE

Le projet STEAM4Climate a bénéficié d'un financement du programme Erasmus+ de l'Union européenne, dans le cadre de la convention de subvention n° 2023-1-PL01-KA220-SCH-000158670. Les auteurs cités dans ce manuel font partie du consortium STEAM4Climate. Ce projet, qui réunit six partenaires, est coordonné par l'École polytechnique de Varsovie (POLITECHNIKA WARSZAWSKA). Pour plus d'informations, veuillez consulter le site web du projet.

Clause de non-responsabilité

Le soutien apporté par la Commission européenne à la réalisation de cette publication ne constitue pas une approbation de son contenu, qui reflète uniquement les opinions des auteurs, et la Commission ne peut être tenue responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qui y figurent.

Licence Creative Commons :

Ce document est mis à disposition du public sous licence Creative Commons Attribution 4.0 International. ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))



Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 4 |
| 1. Aperçu de l'apprentissage | 5 |
| 2. Objectifs d'apprentissage | 6 |
| 3. Méthodologie | 7 |
| Une approche « seuil d'entrée bas, plafond haut, murs larges » | 8 |
| 4. Matériel | 9 |
| 5. Procédures expérimentales | 11 |
| 6. Exemples d'artefacts | 12 |
| 7. Suivi et résumé post-leçon | 14 |
| 7.2 Intégrer l'apprentissage à travers les disciplines | 15 |
| 7.3 Résumé | 16 |
| 8. Extensions | 17 |

Introduction

Objectifs de développement durable des Nations Unies



Ce guide, destiné aux enseignants, contient tout le contenu nécessaire pour mener les leçons, encadrer les expériences et préparer les élèves aux travaux de projet. Il inclut les détails techniques et pratiques indispensables à la planification des cours.

Ce projet contribue aux Objectifs de développement durable n° 3 (Bonne santé et bien-être) et n° 13 (Lutte contre les changements climatiques) des Nations Unies en explorant l'impact de la chaleur et de l'humidité sur la santé humaine dans un contexte de réchauffement climatique. À travers cette activité, les élèves étudieront comment l'augmentation de la température et de l'humidité atmosphérique peut perturber la capacité naturelle du corps à se refroidir, en reliant leur expérience personnelle aux enjeux plus vastes du climat et du développement durable.

Dans ce projet interdisciplinaire et pratique, les élèves réaliseront une série d'expériences et de simulations pour comprendre le concept de température humide, une mesure qui combine la température et l'humidité de l'air pour indiquer l'efficacité avec laquelle le corps humain se refroidit par évaporation. En expérimentant différentes conditions environnementales et avec différents matériaux, ils approfondiront leur compréhension des principes physiques et biologiques de la thermorégulation, tout en réfléchissant à la manière dont les changements climatiques amplifient les risques liés à la chaleur pour les populations et les écosystèmes.

1. Aperçu de l'apprentissage

Dans ce projet, les élèves explorent l'interaction entre la température et l'humidité et leur influence sur la thermorégulation humaine. Ils découvrent le concept de température humide, qui reflète l'effet combiné de la chaleur et de l'humidité sur cette thermorégulation. Grâce à des expériences pratiques et des simulations numériques, ils comprennent mieux comment le changement climatique intensifie le stress thermique et pourquoi certaines conditions environnementales peuvent devenir dangereuses pour les humains et les autres êtres vivants.

Cette activité fait le lien entre la physique, la biologie et les sciences du climat, offrant aux élèves une approche concrète pour appréhender les lois physiques du transfert de chaleur, de l'évaporation et du bilan énergétique dans les systèmes vivants. Ce projet est idéal pour développer l'esprit critique, le travail d'équipe et les compétences d'interprétation des données, tout en incitant les élèves à réfléchir aux dimensions sociales et environnementales de l'augmentation des températures mondiales.

Concepte clé :

Comprendre comment la chaleur et l'humidité interagissent à travers l'effet de température humide et comment cette relation affecte la santé humaine et la résilience climatique.

Durée : Environ 5 à 6 heures (peut être prolongée avec des activités de simulation et basées sur des capteurs).

Nombre de séances : 3 à 4 séances en classe (comprenant des discussions théoriques, des expériences et des réflexions).

Groupe d'âge cible : ensemble du cycle secondaire (collège et lycée), 13 ans et plus.

2. Objectifs d'apprentissage

Ce projet offre aux élèves une expérience stimulante et interdisciplinaire qui intègre l'expérimentation scientifique, la pensée critique et la sensibilisation à l'environnement. En combinant des concepts de physique et de biologie, les élèves explorent comment la température, l'humidité et l'évaporation interagissent et influencent la capacité du corps humain à maintenir son équilibre dans un monde qui se réchauffe.

À la fin de ce projet, les élèves seront capables de :

- Comprendre le concept de température humide et expliquer comment elle combine température et humidité en une seule mesure du stress thermique.
- Décrire les processus biologiques de la thermorégulation et le rôle de l'évaporation dans le refroidissement du corps.
- Étudier comment des facteurs environnementaux tels que l'humidité et le vent influencent la capacité du corps à évacuer la chaleur.
- Réaliser des expériences pratiques mesurant les effets du refroidissement dans différentes conditions d'humidité à l'aide de matériel de laboratoire courant.
- Collecter et analyser des données quantitatives et qualitatives afin de comparer les résultats observés aux prévisions théoriques.
- Interpréter les résultats expérimentaux au regard des enjeux climatiques et sanitaires actuels, notamment les vagues de chaleur et le réchauffement climatique.
- Réfléchir aux stratégies d'adaptation et d'atténuation pour protéger la santé humaine face aux changements climatiques.
- Collaborer de manière créative à la conception de solutions ou de projets de sensibilisation (par exemple, capteurs à microcontrôleur, visualisations de données ou campagnes publiques).

3. Méthodologie

Les enseignants sont encouragés à allier **expérimentation pratique**, **réflexion guidée** et **discussion** afin d'aider les élèves à relier les concepts physiques et biologiques aux impacts climatiques concrets. Ce projet s'inscrit dans une **démarche d'apprentissage par projet (APP)**, où les apprenants explorent des systèmes complexes par l'observation, la mesure et la résolution créative de problèmes.

La méthodologie intègre plusieurs modes d'apprentissage complémentaires :

- **Expérimentation pratique** : Les élèves réalisent activement des expériences pour observer comment la température et l'humidité influencent l'évaporation et le refroidissement corporel.
- **Démarche scientifique** : Ils recueillent, comparent et interprètent des données afin de dégager des liens entre les facteurs environnementaux et le confort thermique.
- **Discussion réflexive** : Les élèves discutent des implications de leurs découvertes, en les reliant aux changements climatiques, à la santé humaine et au bien-être de la communauté.
- **Exploration collaborative** : En travaillant en équipe, les élèves partagent leurs idées, se répartissent les rôles et co-crésent des projets qui prolongent leurs apprentissages au-delà de la salle de classe.
- **Synthèse créative** : Les apprenants sont encouragés à concevoir et à communiquer des solutions, telles que des affiches de sensibilisation, des prototypes de capteurs de chaleur ou des stratégies d'adaptation pour les populations vulnérables.

Une approche « seuil d'entrée bas, plafond haut, murs larges »

Dans le cadre du programme STEAM4Climate, ce projet incarne une conception pédagogique inclusive qui permet à chaque élève de participer de manière significative, depuis de simples observations jusqu'à des expérimentations et des conceptions avancées.

Seuil d'entrée bas : Tous les élèves peuvent commencer par des expériences simples et accessibles, comme observer l'effet de refroidissement de l'évaporation à l'aide de thermomètres, d'essuie-tout et d'eau ou d'alcool. Ces activités, faciles à mettre en œuvre, permettent à chacun d'appréhender immédiatement le concept scientifique fondamental.

Plafond haut : Les apprenants plus avancés peuvent approfondir leurs connaissances en concevant et en construisant des stations météorologiques numériques ou des moniteurs de stress thermique à l'aide de microcontrôleurs (par exemple, BBC Micro:bit ou WIO Terminal) et de capteurs d'humidité. Ils peuvent également analyser des données climatiques régionales afin d'étudier les phénomènes de vagues de chaleur et les seuils critiques de température humide.

Murs larges : Ce projet encourage la diversité des approches créatives et d'expression. Les élèves peuvent visualiser leurs données de manière artistique, relier leurs expériences à des enjeux sociaux tels que la justice climatique ou la santé publique, ou encore concevoir des campagnes de communication pour sensibiliser la communauté. La démarche de chaque apprenant contribue à une meilleure compréhension des interactions entre science, société et climat.

4. Matériel

Les ressources ci-dessous permettent de réaliser des **expériences de base** pour comprendre le concept de température humide, ainsi que des **activités complémentaires** pour approfondir ce concept à l'aide d'outils numériques ou d'applications créatives. Les enseignants peuvent adapter le dispositif en fonction des ressources disponibles en classe et du niveau des élèves.

Unité 1 : Approche de la température du bulbe humide par l'expérimentation

- **Expérience 1 : Refroidissement par évaporation :**
 - Pipette
 - Isopropanol (ou éthanol, Benzinum medicinale)
 - Facultatif : eau, pentane, éthanol

- **Expérience 2 : Mesure quantitative du refroidissement par évaporation :**
 - Pipette
 - Deux thermomètres
 - Essuie-tout
 - Isopropanol
 - Petit ventilateur USB

- **Expérience 3 : Mesure qualitative de la température du bulbe humide :**
 - Pipette
 - Deux thermomètres
 - Essuie-tout
 - Fiole Erlenmeyer
 - Coton

- **Expérience 4 : Mesure de la température corporelle au repos et pendant l'activité :**

- Thermomètre infrarouge ou thermomètre auriculaire
- Optionnel : Vaporisateur d'eau

Apprentissage par projets

- **Unité 2 : Construction d'une station météorologique (pour les jeunes élèves) :**

- Microbit BBC : <https://microbit.org/buy/bbc-microbit-go/>
- Écran OLED Kitronik pour Microbit :
<https://kitronik.co.uk/products/56115-kitronik-view-graphics128-oled-display-128x64-for-bbc-micro-bit>
- Capteur de température et d'humidité DHT22 :
<https://www.az-delivery.de/products/dht22-temperatursensor-modul>
- Ordinateur avec accès à Internet

- **Unité 2 : Construction d'une station météorologique (pour les élèves plus âgés) :**

- Terminal WIO de Seeed Grove :
<https://www.berrybase.de/seeed-wio-terminal-atsamd51-core-development-board-wifi-bluetooth>
- Capteur de température et d'humidité Seeed Grove SHT31 :
<https://eu.robotshop.com/de/products/grove-temperatur-feuchtigkeitssensor-sht31>
- Ordinateur avec accès à Internet

5. Procédures expérimentales

Expérience 1 : Refroidissement par évaporation

- **Objectif** : Comprendre le refroidissement par évaporation comme un phénomène biologique et physique.
- **Procédure** : Déposer quelques gouttes d'isopropanol sur le dos de la main pour observer l'effet rafraîchissant. Les élèves peuvent expérimenter avec différents liquides afin de comparer leur efficacité de refroidissement.

Expérience 2 : Mesure quantitative du refroidissement par évaporation

- **Objectif** : Le refroidissement par évaporation est enregistré comme un phénomène physique mesurable.
- **Procédure** : Deux thermomètres sont installés, l'un enveloppé dans un essuie-tout humide. Mesurez et comparez l'effet de refroidissement.

Expérience 3 : Mesure qualitative de la température humide

- **Objectif** : Comprendre comment la saturation de l'air affecte l'efficacité du refroidissement.
- **Procédure** : Placez deux thermomètres, l'un dans de l'air saturé à l'intérieur d'un erlenmeyer. Mesurez la différence d'effet de refroidissement.

Expérience 4 : Température corporelle au repos et pendant l'exercice

- **Objectif** : Découvrez comment le corps dissipe la chaleur.
- **Procédure** : Mesurez la température corporelle de l'élève au repos, puis après un effort physique. Vous pouvez également vaporiser de l'eau sur un bras pour comparer l'efficacité du refroidissement en situation de transpiration et en l'absence de transpiration.

Outils de simulation

Simulateur de température humide : un outil numérique permettant aux élèves de visualiser les températures humides critiques atteintes dans différentes conditions d'humidité. Accédez-y ici : <https://iludis.de/wetBulbTemp/index.html>

6. Exemples d'artefacts

Les expériences menées dans le cadre de ce projet peuvent donner lieu à une grande variété de créations témoignant à la fois de la compréhension scientifique et de l'expression créative. Les élèves sont encouragés à documenter, visualiser et communiquer leurs résultats de manière attrayante, en établissant des liens entre données, conception et sensibilisation au changement climatique.

6.1 Artefacts expérimentaux

Les élèves peuvent créer de petits dispositifs expérimentaux et des représentations visuelles illustrant les principaux phénomènes étudiés en classe. Par exemples :

- Un modèle de thermomètre à bulbe humide, composé de deux thermomètres (sec et enveloppé dans un linge humide), présenté sur une affiche ou dans un coin pédagogique de la classe.
- Un tableau ou un graphique comparant les températures « à bulbe sec » et « à bulbe humide » à différents niveaux d'humidité.
- Une photo d'un dispositif expérimental simple illustrant la méthode de mesure des différences de température.
- Une chambre d'humidité artisanale (par exemple, à l'aide d'un erlenmeyer ou d'un récipient en plastique) illustrant comment l'air saturé limite l'évaporation.
- Ces éléments peuvent être exposés en classe pour aider les élèves à visualiser la relation entre température, humidité et refroidissement.

6.2 Artefacts numériques

Les étudiants qui travaillent avec des microcontrôleurs ou des simulations peuvent présenter leurs résultats sous forme numérique. Exemples de résultats :

- Une station météorologique numérique affichant en temps réel les données de température et d'humidité via un terminal Microbit ou WIO.
- Une capture d'écran ou un graphique de simulation illustrant l'évolution de la température humide selon les conditions climatiques.
- Une infographie interactive ou une courte vidéo expliquant les seuils de stress thermique et leurs conséquences à l'échelle mondiale.
- Un projet de visualisation de données comparant les données enregistrées en classe aux relevés météorologiques réels.

6.3 Artefacts créatifs et réflexifs

Encouragez les élèves à allier science et créativité pour exprimer les dimensions humaines et sociétales du sujet. Voici quelques idées :

- Des interprétations artistiques, comme des dessins ou des collages, visualisant la « chaleur et l'humidité » ou l'« inconfort climatique ».
- Des récits ou des affiches communiquant sur les stratégies de préparation et d'adaptation aux vagues de chaleur.
- Des campagnes de sensibilisation (numériques ou physiques) encourageant les comportements durables qui atténuent les effets de la chaleur en milieu urbain.

7. Suivi et résumé post-leçon

Une fois les expériences terminées, encouragez les élèves à réfléchir à leurs observations, à analyser les résultats et à relier leurs apprentissages à des situations concrètes. Cette étape permet de transformer la découverte scientifique en une réflexion critique sur les changements climatiques, la santé et l'adaptation humaine.

7.1 Sujets de discussion

Utilisez les questions suivantes pour faciliter les discussions en classe ou la rédaction d'un journal de bord réflexif. Elles aident les élèves à relier leurs résultats expérimentaux aux enjeux mondiaux et sociétaux.

Comprendre la science

- Pourquoi une forte humidité rend-elle la chaleur plus inconfortable ?
- Que se passe-t-il dans le corps lorsque la température humide dépasse 35°C ?
- Comment la température et l'humidité interagissent-elles pour influencer le taux d'évaporation ?
- Pourquoi la différence entre les températures sèche et humide est-elle plus faible par temps humide ?

Lien avec le changement climatique

- Comment le réchauffement climatique influence-t-il la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur ?
- Quelles régions du monde sont les plus exposées aux risques liés à l'augmentation de la température humide ?
- Quelles populations (travailleurs en extérieur, personnes âgées, enfants...) sont les plus vulnérables au stress thermique, et pourquoi ?

- Comment l'aménagement urbain et les infrastructures vertes peuvent-ils contribuer à réduire l'exposition à la chaleur ?

Réflexion sur les solutions

- Quelles mesures d'adaptation les individus peuvent-ils prendre pour se protéger des fortes chaleurs ?
- Comment la science et la technologie peuvent-elles contribuer à la résilience climatique ?
- Si vous deviez concevoir une campagne, quel message clé souhaiteriez-vous diffuser ?

Incitez les élèves à comparer leurs réflexions avec leurs données expérimentales.

7.2 Intégrer l'apprentissage à travers les disciplines

Ce projet s'intègre naturellement à plusieurs domaines de l'enseignement des sciences, technologies, ingénierie, arts et mathématiques (STEAM) :

- **Sciences** : thermodynamique, biologie, météorologie, physiologie humaine.
- **Technologie et ingénierie** : utilisation de capteurs, enregistrement de données et microcontrôleurs.
- **Arts** : communication visuelle, narration et messages créatifs sur le climat.
- **Mathématiques** : analyse de données, représentation graphique, relations entre variables.

En établissant ces liens, les élèves perçoivent la pertinence des concepts scientifiques.

7.3 Résumé

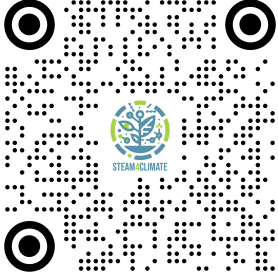
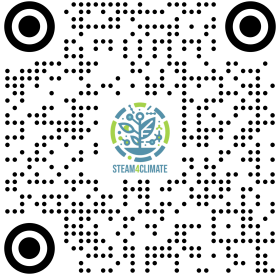
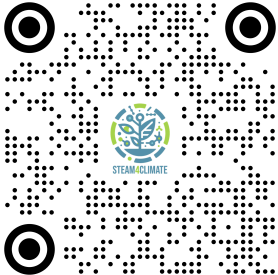
Grâce à ce projet, les élèves ont appris comment la température et l'humidité déterminent conjointement l'efficacité du refroidissement corporel et pourquoi cette relation revêt une importance croissante dans un monde qui se réchauffe.

Ils ont acquis une expérience pratique en matière de mesure, d'analyse et d'interprétation de données réelles, tout en réfléchissant aux dimensions sanitaires, environnementales et sociales du changement climatique.

8. Extensions

Ce projet ouvre la voie à de nombreux **prolongements et à des explorations plus approfondies** qui associent la démarche scientifique à la créativité, à l'analyse de données et à l'engagement communautaire.

Les enseignants sont invités à adapter ces idées aux ressources de la classe, aux intérêts des élèves et aux conditions climatiques locales.

| | |
|--|---|
| <p>Webinaire en ligne STEAM4Climate</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=MKNFSOJapi4</p> |  |
| <p>Entretiens avec STEAM4Climate – Professeur de sciences</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=WM5ZyGT6Is8</p> |  |
| <p>Simulation STEAM4Climate de la température du thermomètre humide</p> <p>https://iludis.de/wetBulbTemp/index.html</p> |  |