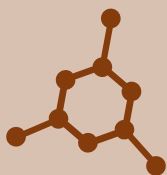


Retour sur l'enseignement scientifique

Journées de l'inspection ES 2024



$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

*une formation scientifique générale
pour construire...*

- *Une personne lucide*
- *Un citoyen responsable*
- *Un esprit critique*

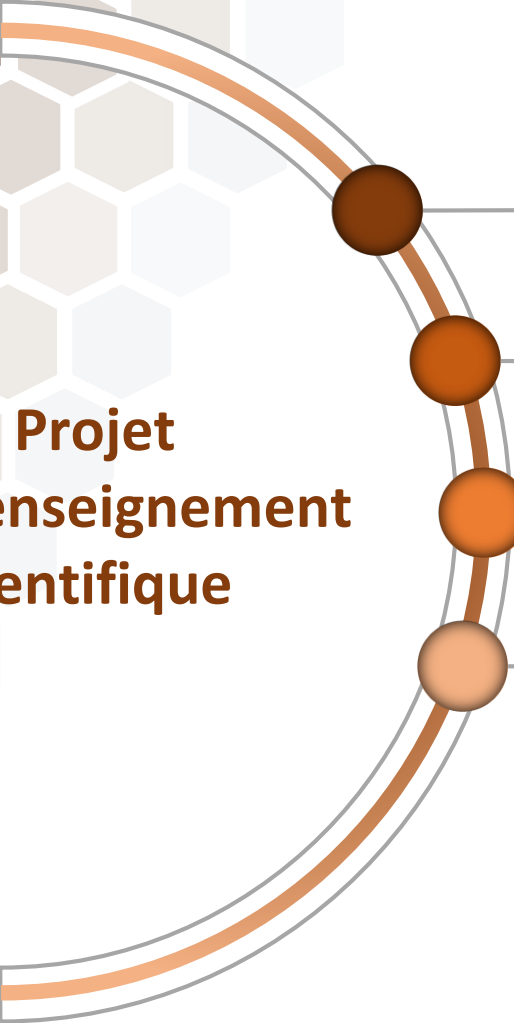
Constats

- Un enseignement « tout public »
- La référence : l'hétérogénéité de la seconde.
- Une approche constatée en classe qui privilégie les connaissances sur la base d'exercices divers et d'études de documents.

... Comment ne pas passer à côté des démarches et de l'esprit critique en sciences ?

- Un programme de terminale qui « plait mieux » que celui de première.

Un Projet d'enseignement scientifique

- 
- 🔍 Présentation du programme : trois entrées
 - 🔍 Entrée thématique : carte mentale, tableau de programmation
 - 🔍 Objectifs généraux : quelles traces écrites ?
 - 🔍 Analyse de pratique : problématiser, numérique, évaluation, l'IA...

Une présentation du programme sous trois entrées

- **Thèmes**
- **Objectifs généraux**
- **Suggestions pédagogiques**

En première

Une longue histoire de la matière

Le Soleil, notre source d'énergie

La Terre, un astre singulier

Son, musique et audition

Projet expérimental et numérique

Evaluation sommative : sur la base
de 10% du temps, cela fait **2h de
sommatif par trimestre**

En terminale

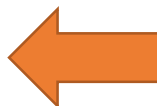
Science, climat et société

Le futur des énergies

Une histoire du vivant



1 thème = 1 trimestre = 10 semaines
A raison de 2h/sem, cela fait **environ 20h
élèves par thème** (évaluation comprise)



Dans chaque thème...

3 objectifs généraux de formation :

1. **Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration [NAT]**
2. **Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques [PRAT]**
3. **Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement [SSE]**

- Distinguer un savoir scientifiquement construit d'une croyance, d'une opinion ou d'un dogme (c'est-à-dire avoir un recul sur la démarche). Place du modèle...
- Proposer et mettre en œuvre des démarches scientifiques s'appuyant sur une diversité de pratiques. Une démarche repose sur des étapes précises.
- Les sciences appliquées ont des conséquences qui peuvent conduire à des prises de décision croisant différents registres : politique, moral, éthique, philosophique...

Dans chaque thème...

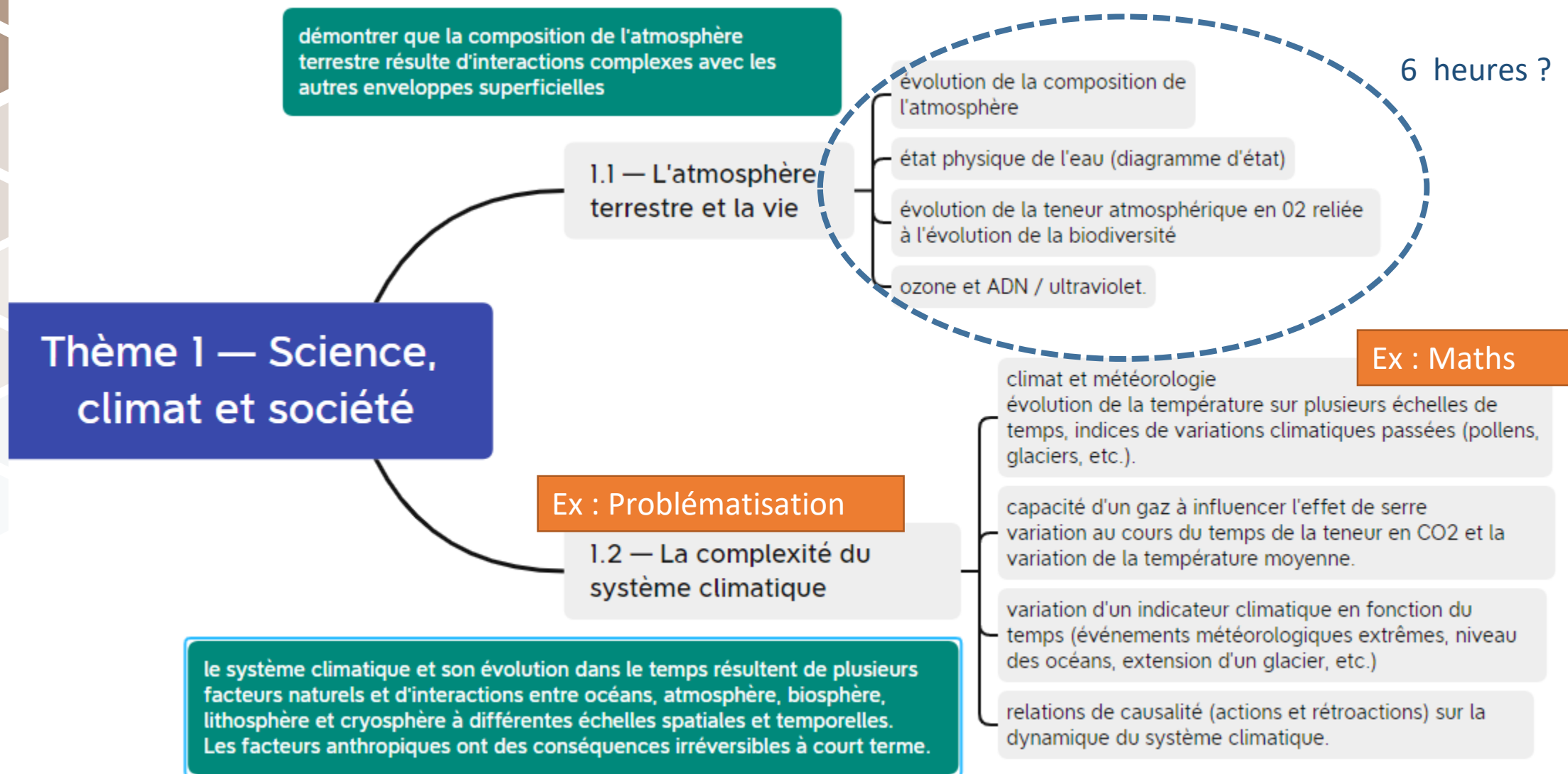
5 « suggestions pédagogiques » pour diversifier les démarches :

- Un enseignement en prise avec le **réel** complexe [REEL]
- Une place particulière pour les **mathématiques** [MATH]
- Une place réservée à l'observation et l'expérience en **laboratoire** [LABO]
- Une place importante pour l'**histoire** raisonnée **des sciences** [HDS]
- Un usage explicité des outils **numériques** [NUM]

Une entrée
thématique :
vision sous forme de
carte mentale ou de
tableau de
programmation,
exemple du thème 1

Thème 1

Vision sous la forme d'une carte mentale



Thème 1

Vision sous la forme d'une carte mentale

L'analyse du système climatique, réalisée à l'aide de modèles numériques, repose sur des mesures et des calculs faisant appel à des lois physiques, chimiques, biologiques connues. Les projections issues de ces modèles dessinent des scénarios du système climatique au XXI^e siècle.

rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques

1.3 — Le climat du futur

Thème 1 — Science,
climat et société

Thème 1

Vision sous la forme d'un tableau de programmation

Objectifs et suggestions pédagogiques : au choix des équipes enseignantes

| Thème | Chapitre | Sous-partie | Objectifs | Suggestions pédagogiques | | | | |
|-------|--|---|--|--|--------|--|--|---|
| | | | | [HDS] | [LABO] | [MATHS] | [NUM] | [REEL] |
| | 1.1 – L'atmosphère terrestre et la vie | Evolution de la composition de l'atmosphère | <input checked="" type="checkbox"/> [NAT] <input type="checkbox"/> [PRAT] <input type="checkbox"/> [SSE] | | | ↔ Organisation et exploitation de données. | Analyser des données, en lien avec l'évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques. | |
| | | Etat physique de l'eau (diagramme d'état) | <input type="checkbox"/> [NAT] <input checked="" type="checkbox"/> [PRAT] <input type="checkbox"/> [SSE] | | | ↔ Lectures graphiques. | Déterminer l'état physique de l'eau pour une température et une pression données à partir de la lecture de son diagramme | |
| | | Production de dioxygène atmosphérique et biodiversité | <input checked="" type="checkbox"/> [NAT] <input type="checkbox"/> [PRAT] <input type="checkbox"/> [SSE] | Suivre l'évolution de la teneur atmosphérique en dioxygène au cours des temps géologiques et | | ↔ Ordres de grandeur. | | |
| | | Ozone et ADN / ultraviolets | <input type="checkbox"/> [NAT] <input type="checkbox"/> [PRAT] <input checked="" type="checkbox"/> [SSE] | | | ↔ Puissances de 10. | | Mettre en relation des spectres d'absorption de l'ozone et de l'ADN dans le domaine |
| | | | <input type="checkbox"/> [NAT] | Identifier des indices de variations | | ↔ Lectures graphiques. ↔ | Identifier des tendances d'évolution de la | Distinguer sur un document des données relevant |

Thème 1

Vision sous la forme d'un tableau de programmation

| Thème | Chapitre | Sous-partie | Objectifs généraux | Suggestions pédagogiques | | | | |
|--------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|--|--|---|---|---|
| | | | | [HDS] | [LABO] | [MATHS] | [NUM] | [REEL] |
| 1 – Science, climat et société | 1.2 – La complexité du système climatique | Impact des gaz à effet de serre | [SSE] | | Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques et de son abondance. | ↔ Lectures graphiques. ↔ Pourcentages. ↔ Calculs de moyennes. ↔ Variation absolue, variation relative. | | |
| | | Indicateurs climatiques | [PRAT] | Analyser la variation au cours du temps de la teneur atmosphérique en CO ₂ et la variation de la température moyenne. | | | | Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps |
| | | Dynamique du système climatique | [SSE] | | Estimer la variation du volume de l'océan associée à une variation de température donnée. | ↔ Taux de variation. ↔ Logique. ↔ Géométrie : calculs d'aires et de volumes. Pistes | Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui agissent sur la dynamique du système climatique. | Expliquer la différence d'incidence entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer. |
| | 1.3 – Le climat du futur | Modèles climatiques et prévisions | [NAT] | | | ↔ Lectures graphiques. ↔ Corrélation et causalité ↔ Logique. | Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques. | Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour justifier que certaines corrélations sont explicables par des liens de cause à effet. |

Intégrer les objectifs généraux dans les traces écrites : quelles conclusions tirer?

Objectifs
généraux [NAT]
et [SSE] :

Des conclusions
qui dépassent le
notionnel :
quelles
formalisations
possibles?

| Construction des savoirs / nature du savoir scientifique [NAT] | Interactions science / société [SSE] |
|--|---|
| <p>A. Le fonctionnement de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, ...)</p> <p>B. Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables</p> <p>C. Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance)</p> <p>D. Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable robuste mais jamais certain et absolu.</p> <p>E. La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes.</p> <p>F. La construction des savoirs scientifiques distingue les observations des interprétations qui en sont faites.</p> <p>G. Plusieurs démarches permettent l'élaboration du savoir.</p> | <p>A. Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société. Actuellement, les enjeux environnementaux sont au cœur de l'activité scientifique.</p> <p>B. L'observation et l'interprétation d'un phénomène dépendent de l'état des connaissances et des croyances de l'époque (un savoir est notamment tributaire des avancées techniques)</p> <p>C. La communication scientifique est associée à différentes pratiques, soumises à des procédures et des cadres spécifiques (publications, colloques, articles de vulgarisation, ...) ; le niveau de fiabilité d'une information est corrélé à la méthodologie de la source dont elle est issue.</p> |

Analyse de pratique :
*thème 1, la
complexité du
système climatique :*
un exemple de
problématisation

Retour sur l'enseignement scientifique

Analyse de pratique : problématisation ancrée sur le réel [REEL] et [PRAT]

| Durée | Déroulé et contenu | Supports |
|------------|--|---|
| 5 minutes | Présentation du thème : le réchauffement climatique Passage des consignes | Aucun |
| 25 minutes | Élèves répartis en deux groupes de recherche : les scientifiques et les climato-sceptiques. Chaque groupe doit rechercher des « arguments » en vue de préparer un débat. Au sein de chaque groupe les élèves sont en binômes. | Les documents, variés, sont présentés sous la forme d'un Génially |
| 15 minutes | Débat : les deux groupes sont face à face. Prise de parole libre pour énoncer « ses arguments ». | Aucun |
| 10 minutes | Suite au débat, chaque binôme doit écrire sur un post-it une question, une problématique qui ressort du débat. Les post-it sont collés sur une affiche qui restera au mur toute la période. | Des Post-it Une grande affiche blanche |


Séance de problématisation inaugurale de la thématique

Retour sur l'enseignement scientifique

Analyse de pratique : problématisation ancrée sur le réel [REEL] et [PRAT]

Faire l'analyse de séance : Place de l'oral qui interroge puisque seulement deux débatteurs

Quelle est la nature des arguments invoqués dans le débat ?

- Les élèves non orateurs peuvent lister puis catégoriser les arguments : distinguer les opinions des faits (croyance Vs science)

Comment faire passer le maximum d'élèves à l'oral ?

- Petits groupes en simultanés (ceux qui écoutent : évaluent, préparent des questions...)
- Vidéos...

Dans ce premier débat, c'est le climato sceptique qui gagne...

Toutes les séances suivantes vont servir à construire des arguments scientifiques robustes qui permettront de rejouer le débat...

Sondage : comment contribuer NAT / SSE ?

A votre avis, l'exemple présenté permettrait de travailler quel objectif ou quelle proposition du tableau ?

| Construction des savoirs / Nature du savoir scientifique [NAT] | Interactions science / société [SSE] |
|--|---|
| <p>A. Le fonctionnement de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, ...)</p> <p>B. Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables</p> <p>C. Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance)</p> <p>D. Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable robuste mais jamais certain et absolu.</p> <p>E. La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes.</p> <p>F. La construction des savoirs scientifiques distingue les observations des interprétations qui en sont faites.</p> <p>G. Plusieurs démarches permettent l'élaboration du savoir.</p> | <p>H. Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société. Actuellement, les enjeux environnementaux sont au cœur de l'activité scientifique.</p> <p>I. L'observation et l'interprétation d'un phénomène dépendent de l'état des connaissances et des croyances de l'époque (un savoir est notamment tributaire des avancées techniques)</p> <p>J. La communication scientifique est associée à différentes pratiques, soumises à des procédures et des cadres spécifiques (publications, colloques, articles de vulgarisation, ...) ; le niveau de fiabilité d'une information est corrélé à la méthodologie de la source dont elle est issue.</p> |

Analyse de pratique :
*thème 1, la
complexité du
système climatique :*
un exemple
d'utilisation du
numérique.

Les "warming stripes"

Idée activité :

Expliquer le principe des warming stripes

Donner les data : toutes les moyennes de températures annuelles (fichier tableur)

Temps réflexion 1 : quelle référence prendre ?

- Prendre une année au hasard ?
- Prendre la première année, la dernière , celle du milieu ?
- Faire une moyenne de toutes les températures ? (11,78°C)

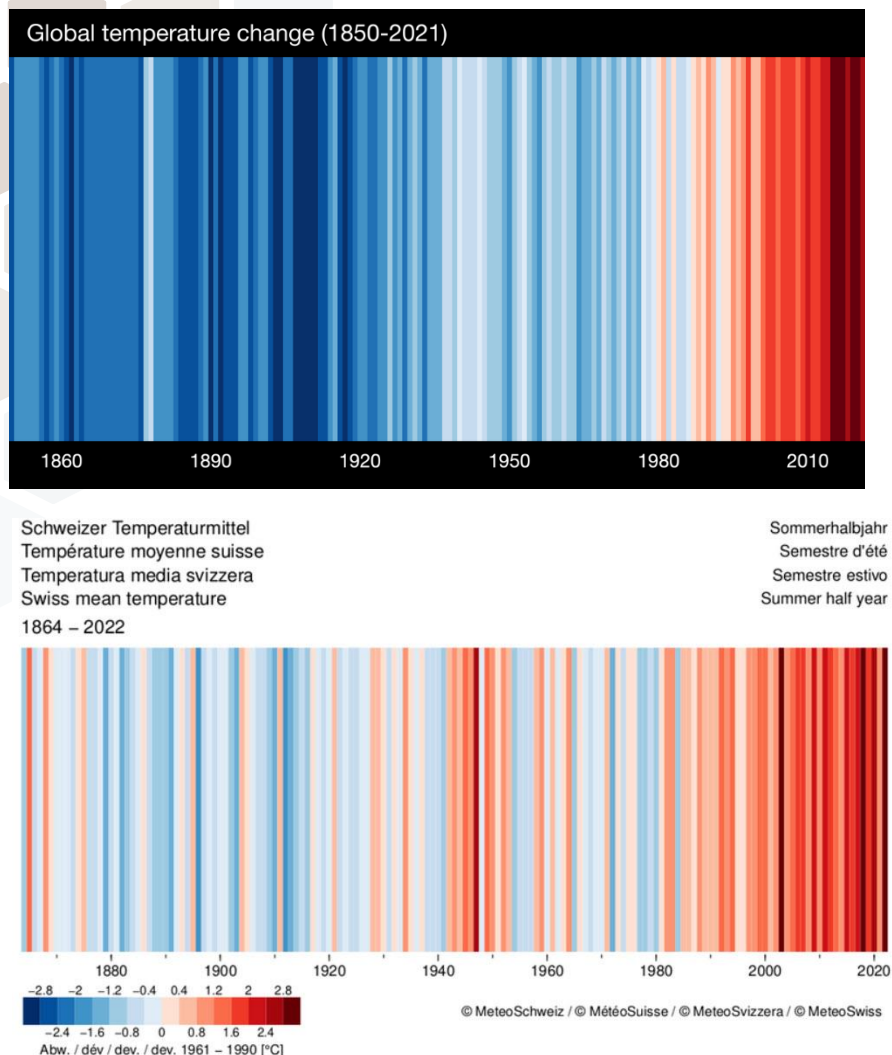
Possibilité de laisser le choix

Ou donner la période de référence : 1961-1990 (30 ans = ce qui permet de passer de la météo au climat). (moyenne de 11,54 °C)

Faire faire le visuel



Sondage : comment contribuer NAT / SSE ?

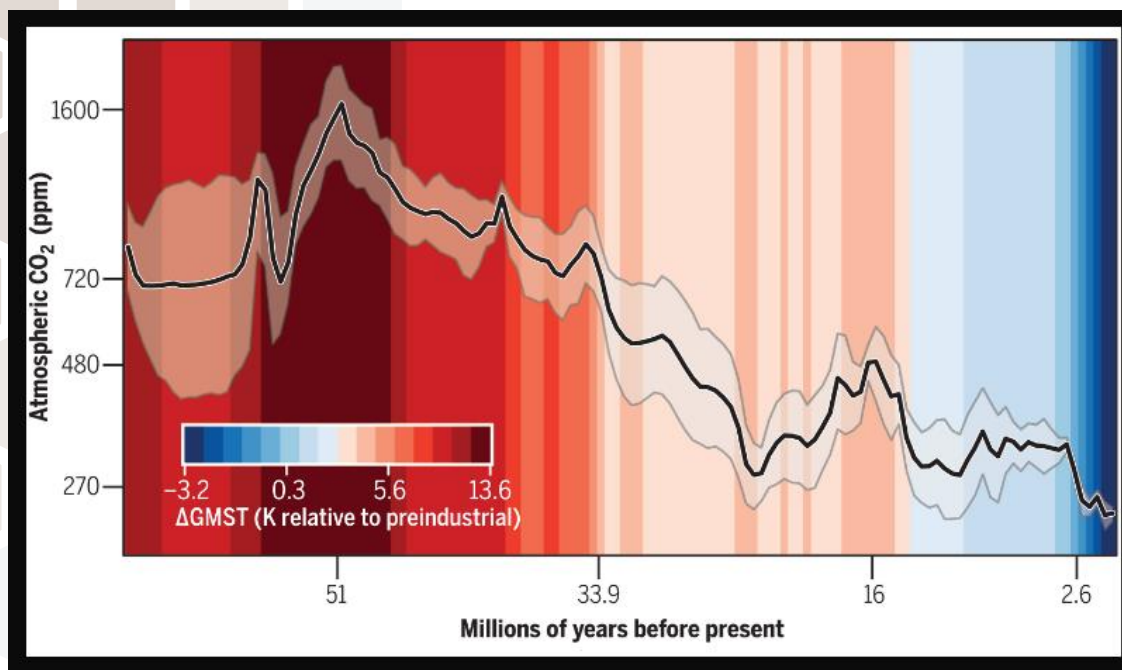


Retour sur l'enseignement scientifique

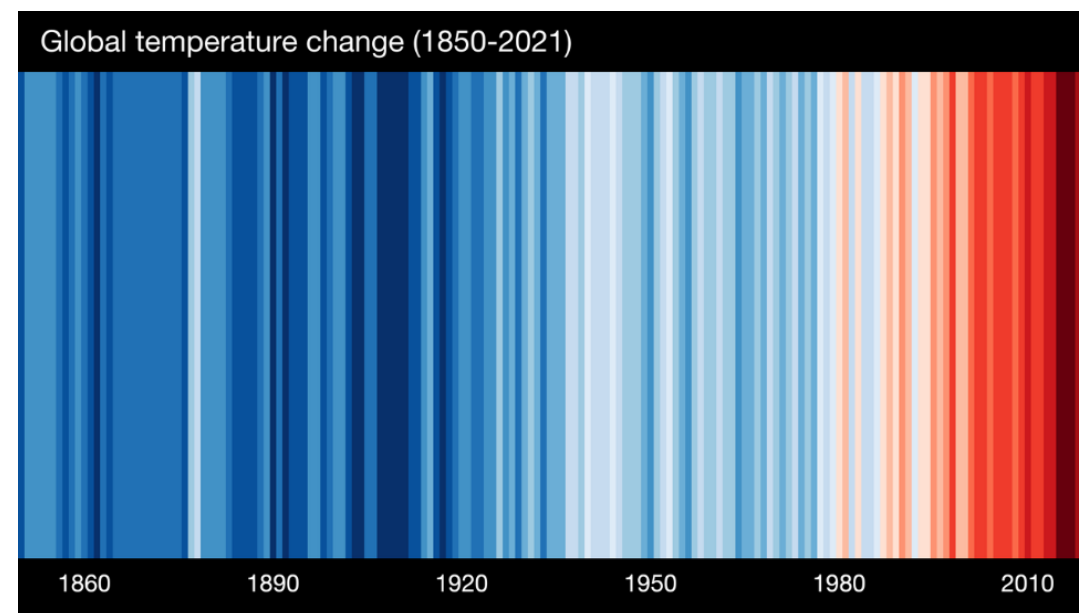
Analyse de pratique : utilisation du numérique [NUM] et [PRAT]

En prolongement...

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adi5177>



Évolution de la température sur 60 Ma



Évolution de la température sur 150 ans

A votre avis, l'exemple présenté permettrait de travailler quel objectif ou quelle proposition du tableau ?

| Construction des savoirs / Nature du savoir scientifique [NAT] | Interactions science / société [SSE] |
|--|---|
| <p>A. Le fonctionnement de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, ...)</p> <p>B. Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables</p> <p>C. Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance)</p> <p>D. Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable robuste mais jamais certain et absolu.</p> <p>E. La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes.</p> <p>F. La construction des savoirs scientifiques distingue les observations des interprétations qui en sont faites.</p> <p>G. Plusieurs démarches permettent l'élaboration du savoir.</p> | <p>H. Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société. Actuellement, les enjeux environnementaux sont au cœur de l'activité scientifique.</p> <p>I. L'observation et l'interprétation d'un phénomène dépendent de l'état des connaissances et des croyances de l'époque (un savoir est notamment tributaire des avancées techniques)</p> <p>J. La communication scientifique est associée à différentes pratiques, soumises à des procédures et des cadres spécifiques (publications, colloques, articles de vulgarisation, ...) ; le niveau de fiabilité d'une information est corrélé à la méthodologie de la source dont elle est issue.</p> |

Analyse de pratique :
*thème 1, le climat du
futur* : un exemple
d'utilisation du
numérique.

Qu'est-ce que l'empreinte carbone et comment la réduire?

Scénario pédagogique

Comparer sur l'ensemble de leur cycle de vie les impacts d'objets industriels, comme la voiture (*question : la voiture électrique est-elle vraiment plus écologique?*)

Exploitation d'une [vidéo](#), de documents et de graphiques

Analyser l'empreinte carbone de différentes activités humaines et proposer des comportements pour la minimiser ou la compenser.

Exploitation d'un [logiciel de simulation en ligne](#) et de documents

Retour sur l'enseignement scientifique

Analyse de pratique : utilisation du numérique [NUM] et [MATH]

Document 1 : Empreinte carbone

L'empreinte carbone d'une activité ou d'une personne est la masse de CO₂ produite directement ou indirectement par sa consommation d'énergie et/ou de matière première. Pour calculer son empreinte carbone, aller sur :

<https://www.oce.global/animations/CarbonFootprint-final/footprint.html>



Document 2 : Cycle de vie d'un objet

Production

Matières premières
Transport
Production

Construction

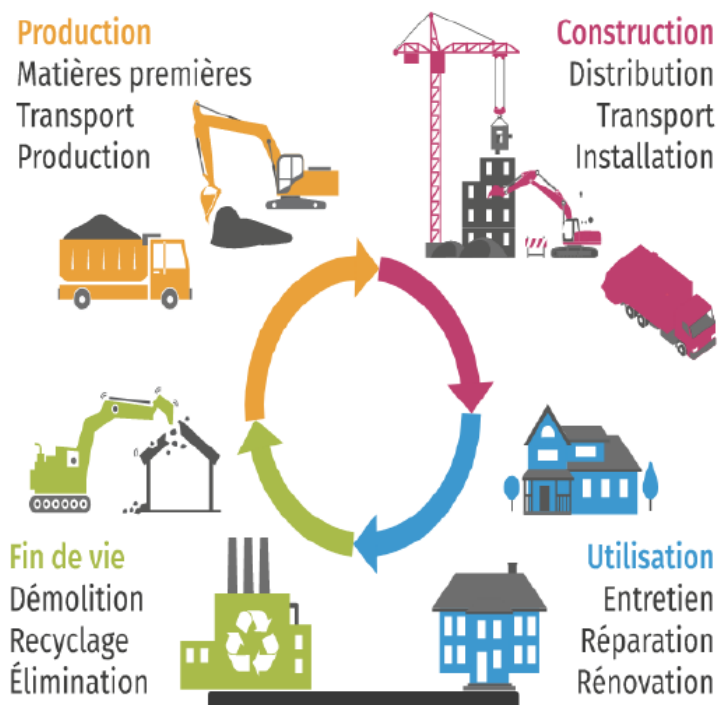
Distribution
Transport
Installation

Fin de vie

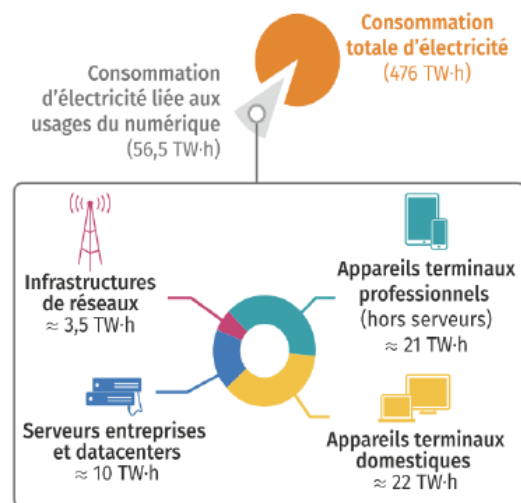
Démolition
Recyclage
Élimination

Utilisation

Entretien
Réparation
Rénovation



Document 3 : Besoins énergétiques du numériques

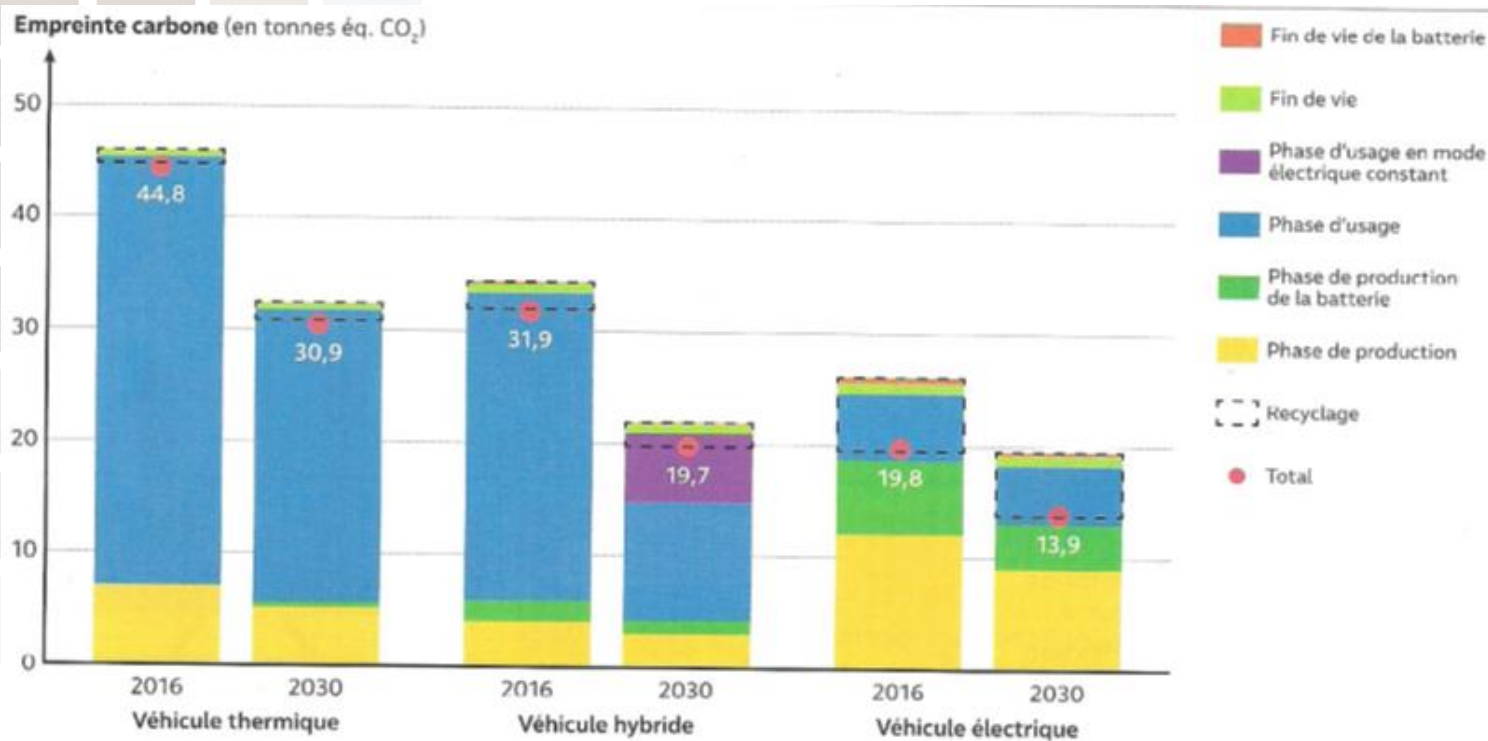


Le numérique ne génère pas de pollution visible comme les voitures mais consomme de l'énergie pour refroidir les systèmes électroniques qui chauffent par effet Joule. Cette énergie provient du réseau électrique que lui-même émet du CO₂ pour produire de l'électricité. En France, 1 kWh génère environ 53 grammes de CO₂.

Retour sur l'enseignement scientifique

Analyse de pratique : utilisation du numérique [NUM] et [MATH]

1) Comparer l'impact écologique, sur l'ensemble de leur cycle de vie, d'une voiture à moteur électrique et d'une voiture à moteur thermique à partir de la vidéo et document ci-dessous:



Pour l'utilisation des **véhicules thermiques**, les rejets en CO₂ sont estimés à 130 g·km⁻¹ en 2016 et 95 g·km⁻¹ en 2030.
 Pour l'utilisation des **véhicules hybrides**, les rejets sont estimés à 81 g·km⁻¹ en 2016 et 30 g·km⁻¹ en 2030.

Empreinte carbone d'un véhicule d'une longévité de 250 000 km

La phase d'usage comprend la production du carburant ou d'électricité et l'utilisation du véhicule.

2) En utilisant le simulateur en ligne, calculer votre empreinte carbone. Que pouvez-vous faire pour la réduire?

3) Calculer la masse de CO₂ rejetée par l'usage du numérique en France chaque année et la comparer à celle des véhicules particuliers (72 Mt de CO₂ en 2015)



Sondage : comment contribuer NAT / SSE ?

A votre avis, l'exemple présenté permettrait de travailler quel objectif ou quelle proposition du tableau ?

| Construction des savoirs / Nature du savoir scientifique [NAT] | Interactions science / société [SSE] |
|--|---|
| <p>A. Le fonctionnement de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, ...)</p> <p>B. Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables</p> <p>C. Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance)</p> <p>D. Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable robuste mais jamais certain et absolu.</p> <p>E. La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes.</p> <p>F. La construction des savoirs scientifiques distingue les observations des interprétations qui en sont faites.</p> <p>G. Plusieurs démarches permettent l'élaboration du savoir.</p> | <p>H. Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société. Actuellement, les enjeux environnementaux sont au cœur de l'activité scientifique.</p> <p>I. L'observation et l'interprétation d'un phénomène dépendent de l'état des connaissances et des croyances de l'époque (un savoir est notamment tributaire des avancées techniques)</p> <p>J. La communication scientifique est associée à différentes pratiques, soumises à des procédures et des cadres spécifiques (publications, colloques, articles de vulgarisation, ...) ; le niveau de fiabilité d'une information est corrélé à la méthodologie de la source dont elle est issue.</p> |

Comment évaluer l'appropriation NAT PRAT SSE ?

**Deux exemples d'évaluation autour de l'analyse
du caractère scientifique d'une argumentation
[NAT].**

Source : Académie de Paris

https://pia.ac-paris.fr/portail/jcms/p2_2582541/enseignement-scientifique-animations-2022

Un exemple de QCM pour travailler l'analyse du caractère scientifique d'une argumentation [NAT] dans le cadre de la partie 2.1 — Deux siècles d'énergie électrique

Syllogisme

- Dans les capteurs photovoltaïques, des matériaux semi-conducteurs absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique.
- Or, la plupart des matériaux semi-conducteurs utilisés pour fabriquer des capteurs photovoltaïques sont produits à partir du silicium.

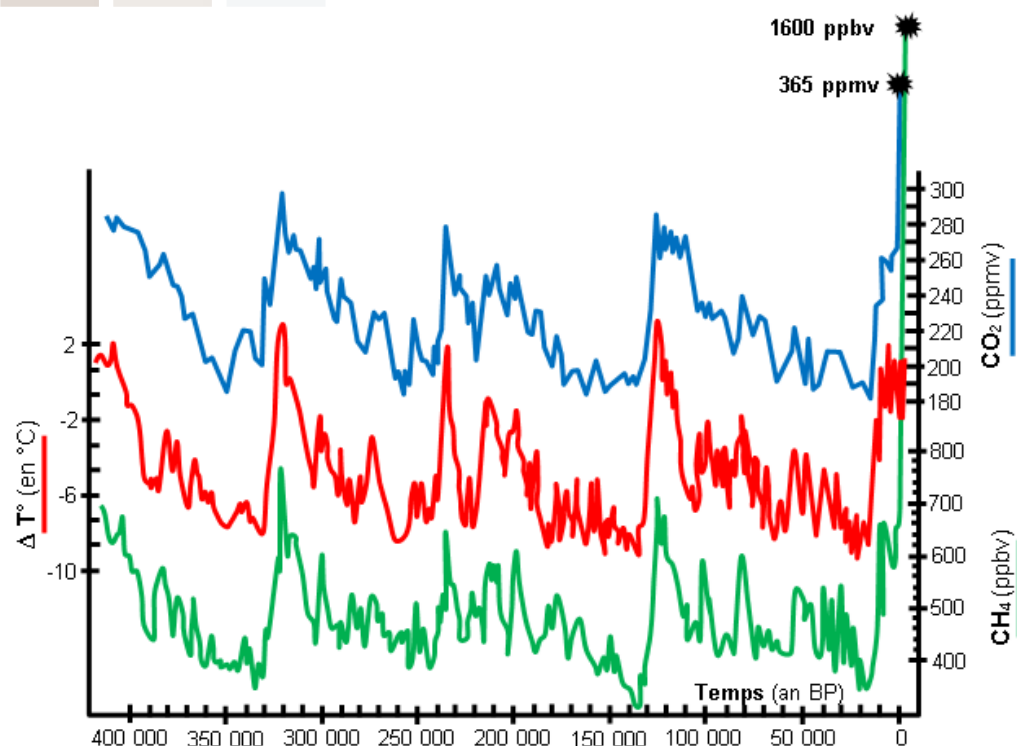
En faisant abstraction de vos connaissances, indiquer la(les) **conclusion(s)** correcte(s) qui peut(peuvent) découler de ces affirmations (**prémisses**) :

1. Tous les matériaux constitutifs des cellules photovoltaïques sont semi-conducteurs.
2. Tous les capteurs photovoltaïques sont produits à partir de silicium.
3. Le silicium absorbe l'énergie radiative et la convertit en énergie électrique.
4. Certains matériaux semi-conducteurs, qui absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique, ne sont pas en silicium.
5. Un matériau qui n'est pas produit à partir de silicium n'est pas semi-conducteur.

Retour sur l'enseignement scientifique

Evaluation de l'appropriation des objectifs généraux

Un exemple de paragraphe argumenté (ou d'oral) pour travailler l'analyse du caractère scientifique d'une argumentation [NAT], dans le cadre de la partie 1.2 — La complexité du système climatique



Evolution de la température et de la quantité de gaz effet de serre depuis 400000 ans d'après l'analyse des carottes de Vostok

L'analyse de la composition en gaz à effet de serre dans les bulles de gaz piégées dans la glace de Vostok en Antarctique révèle des corrélations entre les variations de la concentration de certains gaz atmosphériques (CO₂ et CH₄) et celles de la température.

Consignes

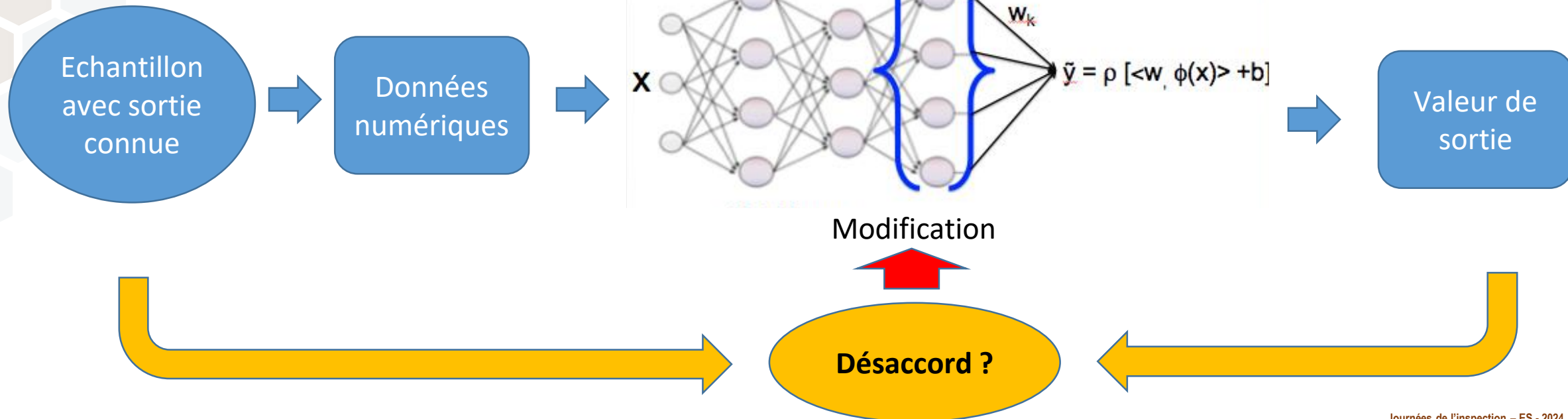
- Identifier en quoi les données de ce graphique pourraient être exploitées de façon fallacieuse par des climatosceptiques.
- Expliquer à l'aide de vos connaissances, les relations de cause / conséquence entre ces faits.

L'IA

Thème 3

Repères sur l'IA [NUM] [MATH]

- Historique
- Notion d'apprentissage machine
- Principe



L'IA

Thème 3

Des enjeux sociétaux de l'IA à travailler en classe

1) Environnement [REEL]

→ Consommation énergétique de l'apprentissage

2) Ethique [SSE]

- Apports / Points de vigilance
- Biais d'échantillonnage

→ L'IA est-elle intelligente ? (Non : elle est mono-tâche et elle imite)

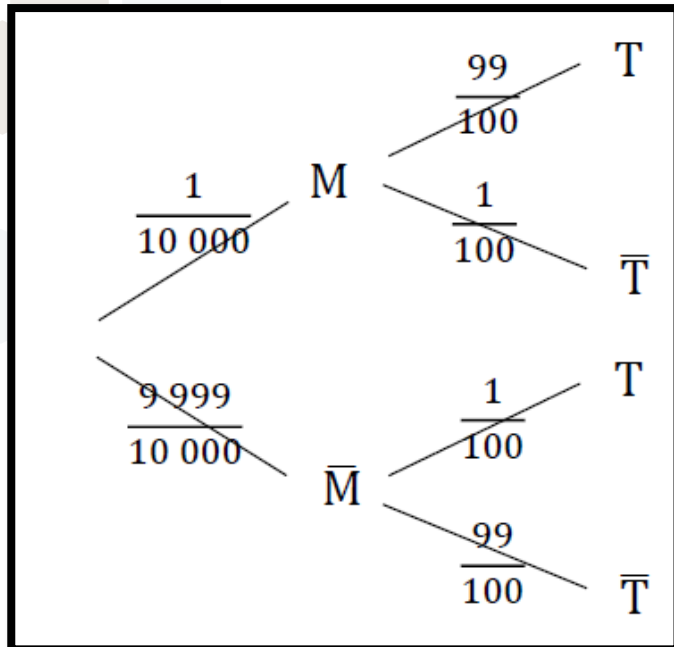
3) Construction du savoir scientifique [NAT]

- Interdisciplinarité
- Comment cela fonctionne ?
- Pourquoi cela fonctionne ?
- Comment améliorer le fonctionnement ?

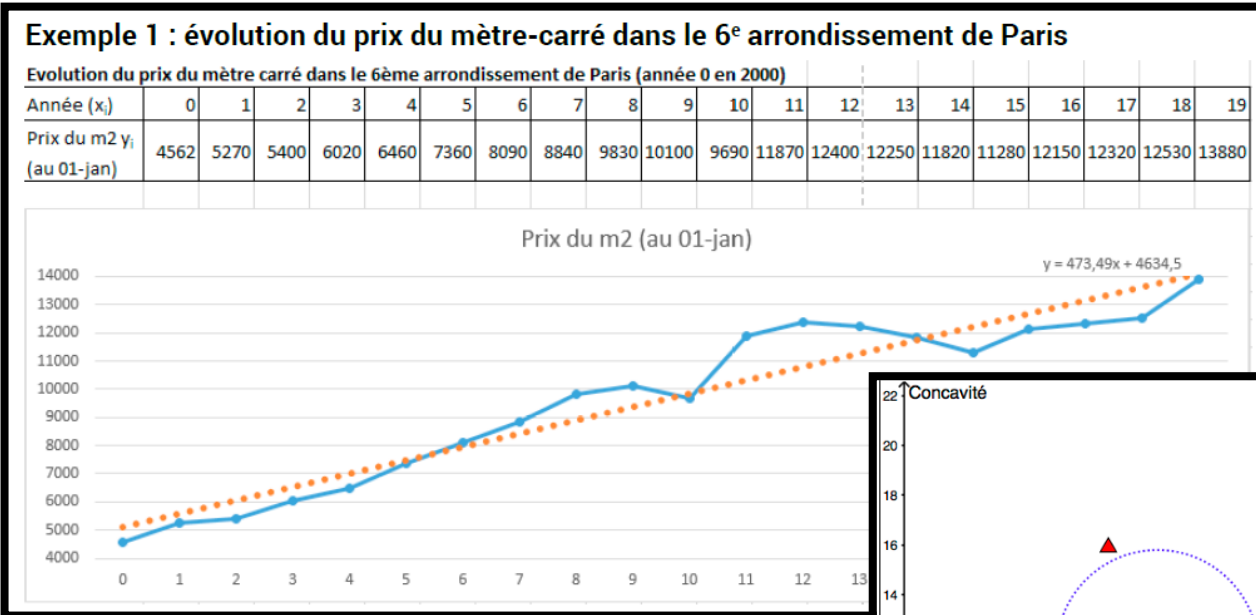
L'IA

Thème 3

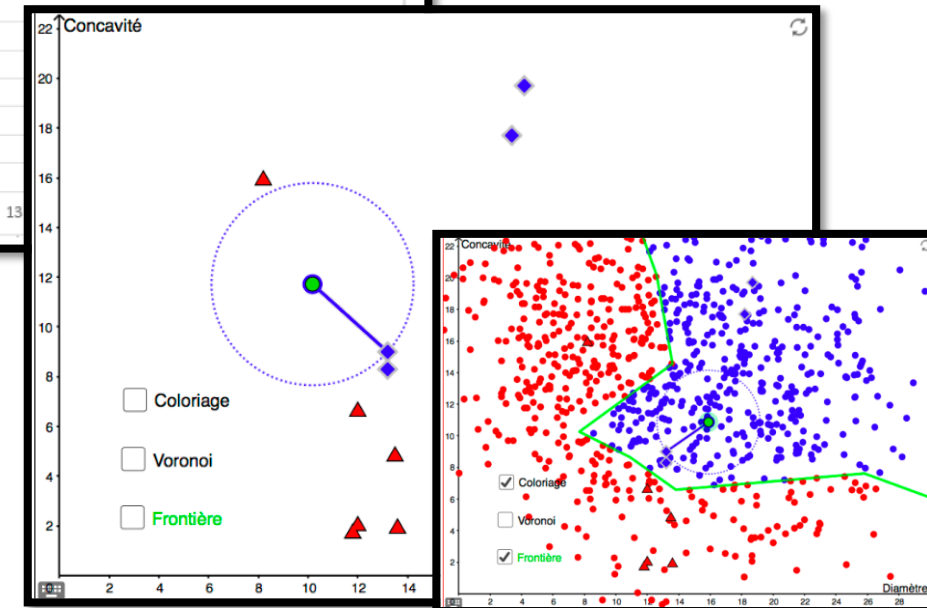
2) Inférence Bayésienne : Calibrage par un échantillon



1) Un exemple simple d'inférence à partir de données : L'ajustement linéaire



3) Catégoriser des données : Algorithme des k plus proches voisins ?



L'IA

Thème 3

Ressources sur l'IA

1) Le document d'accompagnement EDUSCOL

<https://eduscol.education.fr/document/25498/download>

2) Les ressources TraAM de l'académie de Rennes pour comprendre l'IA

<https://pedagogie.ac-rennes.fr/spip.php?article7350>

3) Pour se former à l'IA sur FUN Mooc

<https://www.fun-mooc.fr/en/courses/lintelligence-artificielle-avec-intelligence/>

4) La leçon inaugurale de Stéphane Mallat au collège de France

<https://www.college-de-france.fr/fr/agenda/lecon-inaugurale/sciences-des-donnees-0>

Thème 3 : une histoire du vivant

Sous-thème 1 : la biodiversité du vivant

Préambule :

« Evaluer la biodiversité à différentes échelles spatiales et temporelles représente un enjeu majeur pour comprendre sa dynamique et les conséquences des actions humaines. Les populations évoluent au cours du temps. Des modèles mathématiques probabilistes et des outils statistiques permettent d'étudier les mécanismes évolutifs impliqués. »

Savoirs :

*« **La biodiversité se mesure par des techniques d'échantillonnage** (spécimens ou ADN) qui permettent d'estimer le nombre d'espèces (richesse spécifique) dans différents milieux. **Les composantes de la biodiversité peuvent aussi être décrites par l'abondance (nombre d'individus) d'une population, d'une espèce ou d'un plus grand taxon.** »(...)*

Retour sur l'enseignement scientifique

Analyse de pratique : exemple de l'échantillonnage



| Espèces de lichen | Platismatia glauca | Usnea cornuta | Evernia prunastri | Lecanora argentat | Graphis scripta | Graphis britannica | Flavoparmelia soi | Melanelixia graba | Buellia punctata | Pertusaria sp | Ramalina farinace | Ramalina fastigia | Ramalina fraxinea | Chrysothrix candelaris | Xanthoria parietin | Physcia leptalea | Diploicia canescens |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| Photo Eric Lacouture (avril 2019) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Description | Thalle foliacé | Thalle fruticuleux | Thalle fruticuleux | Thalle crustacé | Thalle crustacé | Thalle crustacé | Thalle foliacé | Thalle foliacé | Thalle crustacé | Thalle crustacé | Thalle fruticuleux | Thalle fruticuleux | Thalle fruticuleux | Thalle crustacé | Thalle foliacé | Thalle foliacé | Thalle crustacé |
| Test chimique | Bleuté | Vert olive | en lanières souple | apothécies brunes | apothécies en lreil | lreilles étoilées | Jaune verdâtre | Vert assez fonc, | apothécies noires | Fissuré | lanières rigides | apothécies conc | lanières larges, rig | granuleux sans apothécies | Jaune | apothécies nomb | lobes convexes (bordure) |
| Sensibilité à la pollution azotée | nitrophobe, toxiph | nitrophobe, toxico | Nitrophobe | nitrophobe | nitrophobe | nitrophobe | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrotolérant | nitrophile | nitrophile | nitrophile |
| Nombre de lichens sur l'arbre 1 | 10 | 2 | 3 | 2 | 5 | 1 | 23 | 5 | 0 | 2 | 0 | 6 | 4 | 1 | 18 | 1 | 2 |
| Nombre de lichens sur l'arbre 2 | 10 | 3 | 5 | 1 | 3 | 0 | 22 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 10 | 0 | 3 |
| Nombre de lichens sur l'arbre 3 | 10 | 5 | 6 | 1 | 4 | 0 | 26 | 6 | 0 | 7 | 0 | 4 | 2 | 0 | 19 | 1 | 4 |
| Nombre de lichens sur l'arbre 4 | 9 | 2 | 4 | 1 | 1 | 0 | 17 | 6 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 0 | 15 | 1 | 2 |
| Nombre de lichens sur l'arbre 5 | 10 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 17 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 1 | 11 | 1 | 1 |
| Nombre de lichens sur l'arbre 6 | 8 | 0 | 3 | 1 | 5 | 0 | 17 | 2 | 0 | 4 | 0 | 4 | 3 | 0 | 13 | 1 | 1 |
| Moyenne | 9,5 | 2,166666667 | 3,833333333 | 1,333333333 | 3,666666667 | 0,333333333 | 20,33333333 | 4,333333333 | 0 | 2,666666667 | 0 | 4,166666667 | 2,833333333 | 0,333333333 | 14,33333333 | 0,833333333 | 2,166666667 |
| Ecart-type corrigé | | | | | | | 3,88158043 | | | | | | | | | | |
| IC95% | | | | | | | 3,16929715 | | | | | | | | | | |

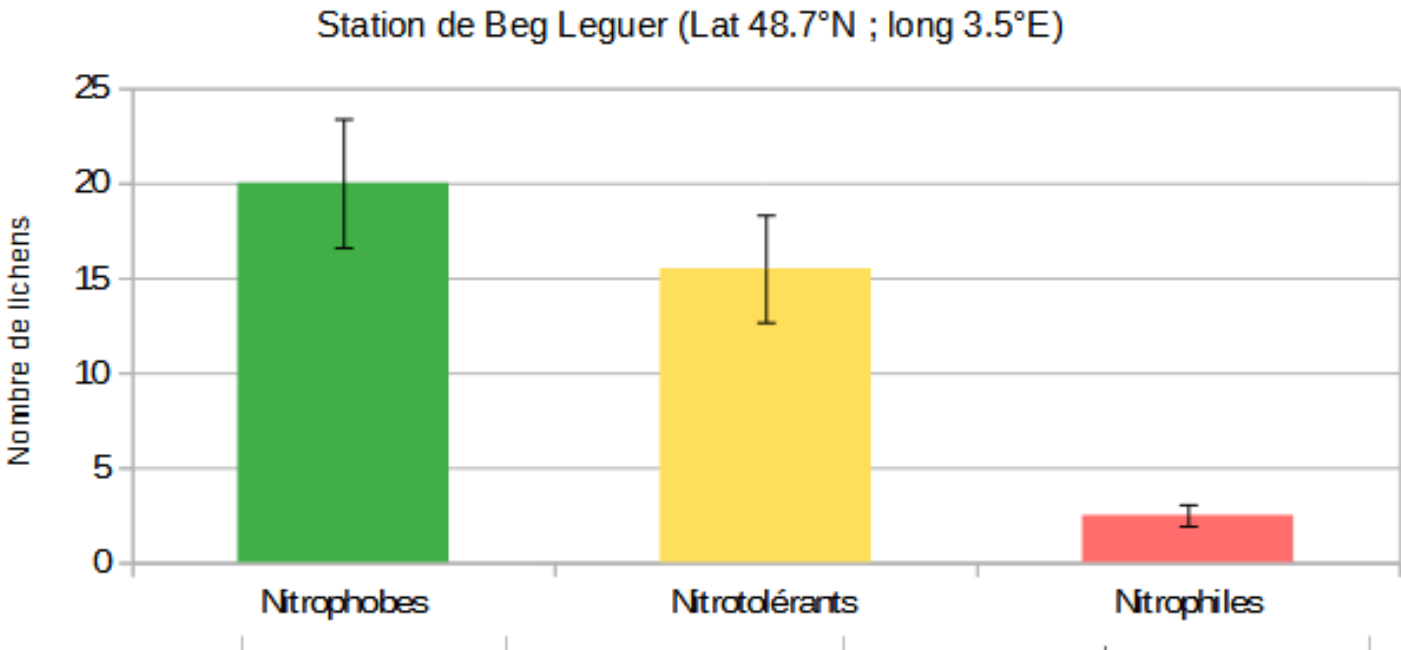
6 groupes d'élèves en binôme font leurs observations et comptages sur un arbre en une station donnée

Retour sur l'enseignement scientifique

Analyse de pratique : exemple de l'échantillonnage

| Groupes de lichens | Nitrophobes | Nitrotolérants | Nitrophiles |
|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Moyenne des comptages | 20 | 15,5 | 2,5 |
| Ecart-type | 4,2426406871193 | 3,5355339059327 | 0,707106781187 |
| Indice de confiance à 95% | 3,394819582835 | 2,8290163190292 | 0,565803263806 |

Répartition des espèces de lichens par groupes de sensibilité aux oxydes d'azote



Il y a 95% de chance qu'un 7^{ème} groupe d'élèves obtienne des abondances comprises dans ces intervalles en échantillonnant sur un nouvel arbre de la station.

[Aides mathématiques : notions d'écart-type et d'indice de confiance](#)

[Aide numérique : tableur](#)