



Évaluer des capacités relatives à la nature et à la construction des savoirs scientifiques

Un axe d'éducation à l'esprit critique en enseignement scientifique

Scénario pédagogique

Trois évaluations sont proposées dans cette ressource :

- une **évaluation formative**, proposée au premier trimestre de l'année de première ;
- deux **évaluations sommatives**, proposées respectivement au deuxième et au troisième trimestre de l'année de première :
 - un devoir sur table ;
 - l'évaluation du projet numérique et expérimental.

Les niveaux de maîtrise associés aux capacités évaluées sont détaillés dans le tableau suivant.

Niveau de maîtrise	Capacités en lien avec les objectifs généraux 1 et 3 du programme	Objectif cognitif (habileté requise)
Niveau 1	Identifier des caractéristiques de l'activité scientifique Choisir une ou plusieurs caractéristique(s) adaptée(s) à la situation dans une liste (QCM)	Appliquer (Compréhension)
Niveau 2	Justifier à partir de documents et de connaissances personnelles en quoi une situation déjà étudiée en classe relève de cette caractéristique	Analyser (Application/ Compréhension)
Niveau 3	Citer et expliciter d'autres exemples de situations relevant de la même caractéristique	Analyser (Connaissance/ Application/ Compréhension)
Niveau 4	Citer et expliciter des caractéristiques de l'activité scientifique dans le cadre d'une situation inédite Distinguer science / pseudoscience	Synthétiser (Analyse/ Connaissance/ Application/ Compréhension)
Niveau 5	S'appuyer sur les caractéristiques de l'activité scientifique pour communiquer, argumenter, débattre	Juger, évaluer (Évaluation/Analyse/ Connaissance/ Application/ Compréhension)

1. Évaluation formative – premier trimestre

Énoncé de l'évaluation

À l'issue d'une séance consacrée à la théorie cellulaire dans lequel les objectifs étaient la construction d'une frise chronologique et l'explicitation de la théorie cellulaire, une évaluation formative a été proposée aux élèves. L'une de ces questions est dédiée à l'explicitation de certaines caractéristiques de la nature du savoir scientifique (voir énoncé complet en annexe 1¹) :

Choisir (cocher) deux caractéristiques de la nature du savoir scientifique qui s'appliquent à l'élaboration de la théorie cellulaire, parmi celles qui sont proposées ci-dessous.

Justifier votre choix à l'aide des documents et de vos connaissances.

- 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...).
- Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables.
- Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu.
- La construction des savoirs scientifiques distingue les observations des interprétations qui en sont faites.
- 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).
- Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société.

Cette question met en jeu les capacités visées dans cette ressource aux niveaux 1 et 2 :

Niveau	Objectif en lien avec la description de l'activité scientifique	Objectif cognitif (habileté requise)
Niveau 1	Identifier les caractéristiques de la nature du savoir scientifique pour une situation donnée Choisir une ou plusieurs caractéristique(s) adaptée(s) à la situation dans une liste (QCM)	Appliquer (Compréhension)
Niveau 2	Justifier à partir de documents et de connaissances personnelles en quoi une situation donnée relève de cette caractéristique	Analyser (Compréhension/ Application)

¹ Le document regroupant les annexes est accessible à partir de la [page éducol du GRIESP](#)

Éléments de correction

Plusieurs réponses peuvent être choisies ici et illustrés à partir des différents documents étudiés au cours de la séance, par exemple :

- Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables
- Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu.
- 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)

Exemples de travaux d'élèves et leur analyse

La plupart des élèves choisissent deux caractéristiques qui sont en lien avec la situation proposée, le niveau 1 semble donc atteint pour une grande majorité d'entre eux.

Les réponses à la deuxième partie de la question (justification) sont plus hétérogènes et révèlent des disparités dans l'appropriation et l'interprétation des différentes caractéristiques.

Une analyse globalement superficielle

La plupart du temps, l'analyse est très superficielle, le lien entre le message proposé et la situation de la théorie cellulaire n'est pas fait. Les savoirs scientifiques sont souvent associés à des « choses », la communauté scientifique est associée à l'ensemble des citoyens par « nous ».

a. Le fonctionnement de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir, certes beaucoup de scientifique ont trouvé leur expérience seule mais c'est en étant qu'une seule et même groupe qu'on peut avoir différentes connaissances et savoir pour alimenter nos recherches. L'esprit d'équipe est important et primordiale, c'est ensemble qu'on crée de nouvelles choses et cela doit être la devise d'un scientifique.

Les connaissances évoluent au cours du temps car nous ne sommes pas au bout de nos découvertes. De jour en jour nous pouvons apprendre de nouvelles choses et découvrir.

Un scientifique ne travaille pas seul mais au sein d'une communauté car comme nous le montre l'histoire de la science, les scientifiques représentent les recherches des uns des autres pour encore enrichir leurs recherches.

Des méconceptions concernant l'activité scientifique

Quelques copies révèlent des méconceptions des élèves par rapport à l'activité scientifique (positivisme, recherche d'une vérité...)

En second temps, la 2^e caractéristique choisie est parfaitement juste et logique puisqu'au fil du temps nous découvrons de nouvelles choses. Actuellement nous avons plus de connaissances qu'au Moyen-Âge. Un exemple avant nous pensions que les rois étaient les représentants de Dieu sur Terre; Actuellement nous savons que c'est faux. Au fin et à preuve que le temps passe les connaissances s'ajuste et se perfectionne jusqu'à l'événement vérité. Nous ne n'y sommes pas encore arrivé mais nos sciences en marche pour y accéder.

Des pistes de réflexion pertinentes

Enfin, certains élèves parviennent à faire le lien entre les caractéristiques qu'ils ont choisies et l'élaboration de la théorie cellulaire, qu'ils viennent d'étudier en classe.

Un scientifique ne travaille jamais seul car d'après ce que l'on a vu en cours, les scientifiques partagent leur travail au sein de la communauté et se nourrissent des travaux de chacun.

Le savoir scientifique est tributaire des avancées technologiques car par exemple, le microscope (x30) a été créé au 17^{ème} siècle, au fur et à mesure du temps, son grossissement a augmenté (jusqu'à x100) et cela a contribué aux avancées scientifiques étant donné que l'on avait une meilleure vision sur ce qu'on étudiait comme pour la cellule.

3) a) Au sein de la communauté scientifique les croyances et les connaissances influencent les observations. Par exemple, il a été pensé que les cristaux ne pourraient pas être composés de vide avant de découvrir qu'il était omniprésent dans l'univers. De plus l'évolution des découvertes au cours du temps est observable dans les recherches cellulaires qui ont mis des siècles avant d'aboutir.

Bilan global pour cette évaluation formative

Ce premier temps d'évaluation met en évidence que les caractéristiques de l'activité scientifique nécessitent d'être explicitées dans un premier temps puis mises en œuvre de manière régulière par les élèves pour qu'ils se les approprient.

En effet, on peut citer quelques retours oraux effectués par les élèves *a posteriori* :

- « On n'a pas l'habitude de ces questions »
- « Ce sont des questions qu'on ne se pose jamais »
- « Lorsque c'est vous [NDLR : la professeure] qui expliquez, je comprends mais je n'arrive pas à le dire après à l'écrit »
- « Déjà que la physique c'est difficile, si en plus il faut qu'on fasse de la philosophie... »

Mais aussi :

- « C'est intéressant de se poser ces questions, ça fait réfléchir »
- « J'aime bien quand un exercice de sciences se termine comme ça, on ne fait pas que des calculs »

2. Évaluation sommative – deuxième trimestre

Énoncé de l'évaluation

À l'issue de la séquence consacrée au thème "La Terre, un astre singulier", une évaluation sommative a été proposée aux élèves. Elle comprend un exercice consacré à l'histoire de l'âge de la Terre par Buffon et une comparaison avec la méthode de datation actuelle (voir énoncé complet en annexe 2).

En dernière question, il est demandé aux élèves de réinvestir les connaissances acquises au fil de l'année en lien avec la nature et la construction des savoirs scientifiques, sans que cela n'ait été explicitement abordé au cours de la séance consacrée à l'histoire de l'âge de la Terre. La question de l'évaluation est formulée ainsi :

En vous appuyant sur l'exemple de l'histoire de la détermination de l'âge de la Terre et sur d'autres exemples de votre connaissance, **expliquer** les deux affirmations suivantes, caractérisant l'activité scientifique :

- Les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu.
- Plusieurs démarches permettent l'élaboration du savoir.

Cette question met en jeu les capacités visées dans cette ressource, aux niveaux 2 et 3 :

Niveau de maîtrise	Capacités en lien avec les objectifs généraux 1 et 3 du programme	Objectif cognitif (habileté requise)
Niveau 2	Justifier à partir de documents et de connaissances personnelles en quoi une situation déjà étudiée en classe relève de cette caractéristique	Analyser (Compréhension / Application)
Niveau 3	Citer et expliciter d'autres exemples de situations relevant de la même caractéristique	Analyser (Connaissance / Compréhension / Application)

Travaux d'élèves et analyse

Des progrès concernant les connaissances autour de l'évolution des savoirs scientifiques au cours du temps

Les élèves parviennent globalement à décrire l'évolution des savoirs au cours du temps à partir de l'exemple de l'histoire de l'âge de la Terre. Ils font la plupart du temps le lien avec la thématique de la place de la Terre dans l'Univers, étudiée en classe.

6. a. Les savoirs évoluent au cours du temps, en effet, un savoir n'est pas fixe selon l'état des croyances de l'époque et les controverses qui viennent le contredire. Par exemple, le géocentrisme était le savoir affirmé jusqu'à ce que la théorie de Copernic sur l'héliocentrisme soit prouvée par une démarche scientifique qui réfute la théorie géocentriste. Ainsi, un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu comme le prouve l'expérience sur la détermination de l'âge de la Terre par Kelvin, il a bien pris en compte le système par conduction de la Terre mais pas de convection.

L'affirmation suivantes caractérisent l'actualité scientifique nous dit que les savoirs évoluent au cours du temps et qu'un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu puisque au cours du temps plusieurs hypothèses autour du système solaire ont été faites. Par exemple Ptolémée assurait que le système était géocentrique tandis que Nicolas Copernic ^{en 1543} disait lui que le système était héliocentrique. Le savoir et les inventions ont évolué afin de vérifier toutes ces hypothèses. Un savoir scientifique est fiable puisque nous pouvons faire confiance à la science cependant il peut-être vérifié mais il n'est jamais sûr à 100%.

La notion de robustesse et/ou de fiabilité d'un savoir scientifique est parfois illustrée, en évoquant la nécessité de mesures et d'observations répétées pour valider un nouveau savoir.

Il est en effet certain que les savoirs évoluent au cours du temps, car les moyens et outils technologiques évoluent au fil du temps, et cela permet de nouvelles découvertes. Cela a par exemple été le cas lorsque des scientifiques ont caché que la Terre était plate en observant le haut de bateaux, tandis que grâce à nos technologies actuelles, nous pouvons affirmer avec certitude que la Terre est ronde. On peut dire qu'un savoir scientifique est fiable car il est basé sur des observations ^{*} concrètes et fondées,

*/calculs

Certains élèves, enfin, s'appuient sur des exemples non traités en classe pour étayer leur argumentation, ce qui montre une bonne appropriation des caractéristiques étudiées précédemment. La notion de réfutabilité, présentée en classe, est même réinvestie.

6 a) Plusieurs exemples permettent d'illustrer le fait que les savoirs évoluent au cours du temps. Par exemple, on a vu en classe que la place de la Terre dans le système solaire a été une source de controverses et de débats : Ptolémée pensait qu'elle était au centre de l'univers puis différentes observations ont permis de réfuter cette hypothèse. C'est Galilée et Kepler qui ont montré qu'en réalité, la Terre tourne autour du Soleil (qui lui-même est en mouvement dans notre galaxie). C'est la même chose pour des découvertes plus récentes, comme le Covid par exemple. Au début du confinement, les scientifiques pensaient que le virus se transmettait essentiellement par contact (on gardait nos courses isolées pendant 2 jours) alors qu'aujourd'hui, on sait que c'est par la respiration et par l'air qu'il se transmet le plus rapidement. Mais pour chaque hypothèse, les scientifiques s'appuient sur des observations et des mesures qu'ils ont réalisées.

En résumé, l'activité scientifique est caractérisée par sa fiabilité (une démarche d'observation et de travail collectif) mais aussi par sa réfutabilité (en fonction des découvertes ultérieures).

Une confusion entre les étapes d'une démarche scientifique et la méthode employée

En ce qui concerne la deuxième partie de la question, en lien avec la pluralité des démarches scientifiques, beaucoup d'élèves ont confondu la notion de démarche scientifique, par la description des étapes qu'elle sous-tend (théorie, observation, prévision, expérimentation), avec les différentes approches employées (étude des sédiments, étude de la salinité des océans, modèle du refroidissement de la Terre...)

b) Au fil du temps, nous avons eu plusieurs démarches pour mesurer l'âge de la terre : mesure des roches, des océans, reproduction de la terre en boue de fer et autres : si elles-ci se sont avérées fausses, elles permettent néanmoins une certaine élaboration du savoir, elle des erreurs à ne pas reproduire.

L'élaboration du savoir peut se faire par tout un tas de démarches. Par exemple, pour déterminer l'âge de la Terre, toutes sortes de méthodes ont été utilisées : stratigraphie, temps de refroidissement, salinité des océans, datation ^{par} radioactivité...

Cependant, quelques élèves ont essayé d'identifier des étapes de la démarche dans les différentes approches mises en œuvre au cours du temps même s'ils ont des difficultés à se détacher de la conception d'un ordre préétabli et immuable pour ces étapes (observation → hypothèse → expérience → résultats → interprétation).

b. Il existe des démarches scientifiques avec de réelles expériences et des preuves qui s'appuient sur des faits. Mais il existe également l'élaboration de théorie basée sur des observations, comme ce fut le cas pour la théorie de l'évolution de Darwin. Celle-ci s'appuyait sur des observations sur le monde et l'humain.

b) Et bien oui plusieurs étapes / démarches permettent l'élaboration du savoir, tout d'abord l'observation, ensuite l'élaboration d'une hypothèse, mener une expérience, puis ensuite les résultats, les scientifiques font ensuite une interprétation pour au final conclure.

Bilan pour cette évaluation sommative

À l'issue de cette évaluation sommative, il semble que la plupart des élèves réussissent à expliciter dans quelle mesure est-ce que les savoirs scientifiques évoluent au cours du temps. Il reste cependant à stabiliser pour un grand nombre d'entre eux les facteurs de robustesse et de stabilité d'un savoir.

En ce qui concerne la pluralité des démarches scientifiques, c'est une notion qui a été peu travaillée en amont, ou alors de manière sporadique, mais il n'y a pas vraiment eu d'institutionnalisation en classe autour de cette thématique. Les élèves ne sont pas encore appropriés cette notion et un travail d'approfondissement est nécessaire autour de cette caractéristique de l'activité scientifique².

3. Évaluation sommative du projet expérimental – troisième trimestre

Description du projet et modalités d'évaluation

Au troisième trimestre, les élèves ont conduit un projet numérique et expérimental durant six semaines (12 heures).

La consigne commune pour les différents projets était de produire un contenu en lien avec le travail d'un des trois groupes du GIEC :

Groupe 1 : Éléments scientifiques

Quantifier le réchauffement climatique à l'échelle locale et globale.

Quantifier les conséquences du réchauffement climatique (sur la biodiversité, sur les activités agricoles, sur la santé humaine, etc.)

Groupe 2 : Conséquences, adaptation et vulnérabilité

Proposer des stratégies d'adaptation et quantifier leur effet, permettant de limiter les conséquences du réchauffement climatique.

Groupe 3 : Atténuation du changement climatique

Proposer des stratégies d'atténuation du réchauffement climatique.

Plusieurs axes d'évaluation ont accompagné cette démarche, nous présenterons ici deux d'entre eux, en lien direct avec les caractéristiques de l'activité scientifique traité dans cette ressource.

Pour présenter leur démarche expérimentale et leurs résultats, les élèves ont réalisé un poster scientifique (sous forme de travail collaboratif) et un résumé scientifique ou *abstract* (sous forme de travail individuel, en temps limité).

L'ensemble de ces deux modalités de présentation permet d'évaluer si les élèves ont mis en œuvre certaines caractéristiques de l'activité scientifique afin de produire des connaissances et de communiquer leurs résultats. Par rapport à la progressivité choisie dans cette ressource et présentée dans le tableau 2, il est évalué ici le **niveau de**

² Voir ressource GRIESP 2023 - « Activité collaborative : Histoire de l'âge de la Terre »

maitrise n° 5 en termes d'objectifs cognitifs (*S'appuyer sur les caractéristiques de l'activité scientifique pour communiquer, argumenter, débattre*).

Les indicateurs de réussite pour la réalisation du **poster scientifique** sont présentés en annexe 3.1 et communiqués aux élèves au début de la réalisation du projet. Cette évaluation peut être réalisée par les enseignants ou bien entre pairs.

Les consignes pour la réalisation du **résumé scientifique** (abstract) sont détaillées en annexe 3.2. Il s'agit d'une production individuelle, réalisée dans un temps limité de trente minutes. Les élèves ont une version du poster produit par leur groupe à disposition pour la conduite de ce travail.

Les indicateurs de réussite associés à ces deux productions sont étroitement liés aux caractéristiques de l'activité scientifique explicitées tout au long de l'année, par exemple :

Caractéristiques de l'activité scientifique explicitées au cours de l'année	Indicateurs de réussite du poster et du résumé associés
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...).	Méthodologie : explicitation de la démarche, des expériences réalisées, du nombre d'échantillons testés
Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait une cohérence entre la théorie et les faits observables.	Présentation quantitative des résultats obtenus et de leur analyse
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.	Respect des codes de présentation du poster et du résumé Citation des sources Vocabulaire scientifique choisi avec rigueur et précision, choix de mots-clés

Travaux d'élèves et analyse

Deux exemples de posters – plus ou moins aboutis – sont analysés ici.

Exemple 1 : Étude de l'albédo

ETUDE DE L'ALBEDO

EN QUOI L'ALBEDO INFLUE-T-IL LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

- L'albedo est l'ensemble des **rayons solaires réfléchis**.

- Les glaciers ont un rôle important dans ce phénomène.

EXPERIENCE

Pour **mesurer** les différents albédos à la surface de la Terre :

RÉSULTATS

SUPPORT	ABSORBANCE (%)
Papier blanc	100
Papier noir	0
Feuillage	25
Terre	15
Glace	48
Eau	7

INTERPRÉTATION

Une partie des rayons qui était reflétés par les glaciers est maintenant **emmagée** par **l'eau** sous forme de chaleur.

TEMPÊTES DE SABLE

Avec les **tempêtes de sable**, les glaciers deviennent plus **foncés**, leur **reverberation diminue** et accélère le réchauffement climatique. (source: reporter.net)

CONCLUSION

- La **fonte** des glaciers **diminue l'albedo** de la Terre.
- La **chaleur** stockée réchauffe l'atmosphère et amplifie le réchauffement climatique.
- En cause et conséquence, c'est une **boucle sans fin**.

En ce qui concerne cette production, si la forme demandée est bien respectée (titre, description de l'expérience, présence d'une introduction et d'une conclusion), le contenu est globalement très superficiel et peu abouti. L'expérience est présentée comme « mesure de l'albédo » alors qu'il s'agit d'une simulation basée sur un modèle qu'il conviendrait de définir.

D'autre part, le manque de références à des sources fiables porte préjudice à la solidité du contenu scientifique.

Le retour métacognitif sur ce poster avec leurs auteurs a été très productif : en s'appuyant sur la grille mettant en regard les caractéristiques de l'activité scientifique et les indicateurs de réussite, ils ont réussi à identifier la plupart des pistes de progrès associées à leur travail.

Exemple 2 : La biodiversité et les rayons du Soleil

La biodiversité et les rayons du Soleil

1- Introduction

Les plantes ont besoin des rayons du Soleil pour faire la photosynthèse et survivre. L'effet de serre agit directement sur ces rayons, en les renvoyant vers la Terre. L'intensité des rayons qui atteignent la Terre est donc plus forte, et la planète se réchauffe. Nous allons étudier l'impact de ces réémissions sur la biodiversité.

Quel est l'impact sur les plantes de la réémission des rayons du Soleil dû à l'effet de serre ?



2- Méthodologie

Nous avons construits trois modules pour deux sortes de plantes : des salades et des plantes grasses. Nous avons créé un **témoin**, sans ajout d'eau enrichie en CO₂ (eau gazeuse) qui passe une semaine dans le noir avant d'être sorti pour les expérimentations ; un module 1, avec une forte lumière et un fort taux de CO₂ ; et un module 2, avec une forte lumière mais sans ajout d'eau enrichie en CO₂. Nous avons utilisé le logiciel EXAO pour mesurer le taux d'O₂, le taux de CO₂ et la luminosité.

Notre but était d'observer l'évolution des plantes avec de l'effet de serre, simulé par le CO₂.

Evolution du taux d'O₂ et du taux de CO₂ lorsque la plante grasse est placée à la lumière mais ne subit pas d'ajout de CO₂ (module 2)



— évolution du taux de CO₂ sur une période de trois minutes
— évolution du taux d'O₂ sur une période de trois minutes



Relevé de l'évolution du CO₂ et de l'O₂ en fonction du temps pour la salade

témoin salade		
	évolution du taux de CO ₂	évolution du taux de O ₂
temps = 0 secondes	0,014	22,177
temps = 3 minutes	0,016	22,171
luminosité	545,5	
module 1 salade		
	évolution du taux de CO ₂	évolution du taux de O ₂
temps = 0 secondes	32	21,961
temps = 3 minutes	32	22,066
luminosité	1398,486	
module 2 salade		
	évolution du taux de CO ₂	évolution du taux de O ₂
temps = 0 secondes	0,454	21,903
temps = 3 minutes	0,085	21,923
luminosité	3033,494	

Le relevé du CO₂ est parfois peu précis, le maximum que les capteurs de CO₂ détectent est de 32.

4- Développement

Dans le module 1, pour chaque plante, le taux d'O₂ augmente. Nous pouvons donc supposer que la photosynthèse se fait normalement, même si nous ne pouvons pas analyser les données du CO₂ à cause du manque de précision des capteurs. Ce taux est cependant très élevé comparé au témoin et au module 2. Dans le module 2, soit lorsque les plantes sont exposées à une forte luminosité mais sans ajout de CO₂, la photosynthèse s'effectue : le taux de CO₂ diminue et le taux d'O₂ augmente. Enfin, dans le module témoin, les plantes passent la semaine dans le noir, et la photosynthèse se fait, mais avec moins de changements que pour les autres modules.

On peut alors regarder la croissance des plantes. Dans le module témoin, la croissance des plantes semble ralentie, les plantes sont plus petites que celles des modules 1 et 2. Pour finir, étant donné que la terre vient de la cour, il y avait sans doute des graines et petits plants, car nous avons pu observer la pousse de brins d'herbe et autre au pied de nos salades et de nos plantes grasses. Ces mauvaises herbes étaient quelque peu présentes dans le module témoin, peu présentes dans le module 1 et très présentes dans le module 2.

5- Conclusion

Pour conclure, le développement des plantes se fait le mieux lorsque celles-ci sont exposées à la lumière et ne subissent pas d'ajouts de CO₂. En effet, les plantes ont une meilleure croissance et le développement d'autres espèces de plantes est favorisé. Enfin, le taux d'ajout de CO₂ dans le module 1 n'est pas comparable aux gaz à effet de serre, mais cela permet d'avoir un aperçu des limites des plantes : celles-ci peuvent s'adapter à une faible hausse du taux de CO₂, mais seulement dans une certaine mesure, la croissance peut être ralentie et les jeunes pousses peuvent avoir du mal à se développer.

6-Sources et Remerciements

Nous remercions nos professeurs de physique-chimie et de SVT pour leur aide et leurs réponses à nos questions.

- BUIS, Laura. "Préserver les écosystèmes, c'est agir contre le changement climatique". <P>ID4D</P> [En ligne], 17 décembre 2019. Consulté le : 30 avril 2022. Disponible sur : <https://ideas4development.org/preserver-ecosystemes-contre-changement-climatique/>
- "GES : quels sont les effets des gaz à effet de serre sur l'environnement ?". <P>GEO</P> [En ligne], 13 novembre 2018. Consulté le : 30 avril 2022. Disponible sur : <https://www.geo.fr/environnement/ges-queils-sont-ils-les-effets-des-gaz-a-effet-de-serre-sur-lenvironnement-193401> (auteur inconnu)

Pour cette seconde production, la forme du poster demandée a été respectée, en lien avec la caractéristique liée à la communication scientifique, des codes de représentation à la présence des sources bibliographiques.

Une méthodologie rigoureuse est présentée : mesures quantitatives, présence d'expériences témoins. Il manque la vérification de la répétabilité qui n'a pas pu être mise en œuvre par manque de temps (qui aurait été illustrée par des barres d'incertitudes sur le graphique).

Bilan pour cette évaluation sommative

L'ensemble des groupes s'est investi dans la réalisation d'un poster scientifique. Malgré des niveaux d'aboutissement variés, l'utilisation des indicateurs de réussite du tableau 3 (détaillés dans la grille d'évaluation présentée en annexe 3.1) a permis de mettre en œuvre certaines caractéristiques de l'activité scientifique vues tout au long de l'année.

Les élèves ont pu vivre réellement (à leur échelle cependant) quelques contraintes inhérentes à la production d'une publication scientifique, et mieux cerner la méthodologie de la production de tout savoir scientifique.

À l'issue de leurs réalisations (poster et résumé scientifique), le tableau 3 a été présenté aux élèves, les cases de la seconde colonne étant vides, ces dernières ont été complétées de manière collégiale, afin d'identifier explicitement en quoi est-ce que le travail fourni relevait d'une démarche scientifique et de la construction d'un savoir scientifique. C'est encore une fois une forme de décontextualisation qui permet aux élèves d'ancrer le message que l'enseignant souhaite véhiculer.

Bilan global

Ce travail mené sur toute l'année scolaire en enseignement scientifique en classe de première, a permis de vérifier certaines hypothèses qui ont construit cette ressource :

- les caractéristiques de l'activité scientifique nécessitent d'être explicitées pour être intégrées et comprises par les lycéens ;
- les élèves qui maîtrisent – en fin d'année – les contenus enseignés sur les caractéristiques de l'activité scientifique sont capables d'identifier, dans leurs propres productions, les points forts et les axes de progrès pour la mise en œuvre d'une démarche scientifique.

Ainsi, le fait d'expliciter les différentes caractéristiques liées à la nature et à la construction du savoir scientifique ainsi que l'interaction entre sciences et société permet aux élèves de s'appuyer sur des indicateurs tangibles pour distinguer un savoir scientifique d'autres formes d'affirmations (opinions, croyances...).

Cette distinction est un des piliers de l'éducation à l'esprit critique, non seulement car elle permet aux élèves qui envisagent des études scientifiques, d'identifier clairement les invariants inhérents à tout savoir scientifique, mais également car elle fournit à l'ensemble des élèves des outils pour construire leur vie citoyenne et leur engagement dans des débats de société.

Prolongements possibles

La ressource présentée ici entre en résonance avec la ressource concomitante (enseignement scientifique de première) du GRIESP intitulée « Activité collaborative : Histoire de l'âge de la Terre » qui s'intéresse spécifiquement à la pluralité des démarches scientifiques.

D'autre part, ce travail mené en classe de première peut servir d'appui et être réutilisé tout au long de l'année de terminale, dans différents enseignements :

- en enseignement scientifique, comme indiqué dans le tableau 2, il est possible d'évaluer les niveaux 4 et 5 dans les différents thèmes abordés dans le programme ;
- dans les enseignements de spécialité physique-chimie et sciences de la vie et de la terre, l'ensemble des niveaux d'évaluation proposés dans le tableau 2 peuvent être mis en œuvre également ;
- enfin, ces caractéristiques peuvent permettre de créer du lien entre les disciplines, notamment avec la philosophie, au tronc commun de terminale, où la notion de savoir scientifique est abordée sous plusieurs axes (épistémologie et notion de vérité).

Références bibliographiques

Abd-El-Khalick, F. (2013), *Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains*, Science & Education. Research Gate.
https://www.researchgate.net/publication/257662387_Teaching_With_and_About_Nature_of_Science_and_Science_Teacher_Knowledge_Domains

American Association for the Advancement of Science (2009), *The Nature Of Science, Benchmarks Online*.
<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1>

Chalmers, A. F. (1987). *Qu'est-ce que la science ?* Le livre de Poche.

Pasquinelli, E., Bronner, G. (2019), *Éduquer à l'esprit critique - Bases théoriques et indications pratiques pour l'enseignement et la formation*, CSEN. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Ressources_pedagogiques/VDEF_Eduquer_a_lesprit_critique_CSEN.pdf

Lecointre, G. (2018), *Savoirs, opinions, croyances*, Belin.

Maurines, L. (2013), *La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la terre*, RDST.
<https://journals.openedition.org/rdst/674>