



Cycle(s)	1	2	3	4
	PS MS GS CP CE1 CE2 CM1 CM2 6 ^e	5 ^e	4 ^e	3 ^e
Physique-chimie				

Changement climatique : ça chauffe pour les océans !

Cette séquence permet d'étudier les deux causes de l'élévation du niveau moyen des océans que sont la fonte des glaces continentales et la dilatation thermique des eaux. Ainsi, l'étude de problématiques telles que « La fonte des glaces participe-t-elle à l'élévation du niveau des océans ? » ou bien « Comment varie le volume d'un échantillon d'eau en fonction de sa température ? » seront proposées au travers d'expérimentations simples, réalisables à la maison.

Cette séquence permet d'aborder l'impact du réchauffement climatique et d'approfondir des notions indispensables à une bonne compréhension des conséquences du changement climatique.

Les activités proposées permettent aussi aux élèves de poursuivre leur formation dans l'acquisition et la maîtrise de diverses compétences, en premier lieu « pratiquer des démarches scientifiques », mais aussi « pratiquer des langages » ou bien « s'approprier des outils et des méthodes ».

Prérequis

Les activités proposées nécessitent les prérequis liés au changement climatique étudiés en cycle 3 au cours duquel les élèves ont été sensibilisés aux enjeux du changement climatique, de la biodiversité et du développement durable.

Si ces activités peuvent être proposées dès le niveau 5^e, elles peuvent également être envisagées dans la progression des niveaux supérieurs de cycle 4. En effet, ces activités peuvent avantageusement être précédées par divers travaux en classe portant sur l'étude des conversions d'énergie lors des transformations chimiques ou de l'étude des gaz à effet de serre.

Références au programme

Objectifs d'apprentissage en physique-chimie

Les sciences expérimentales et d'observation, dont font partie la physique et la chimie, explorent la nature pour en découvrir et expliciter les lois, acquérant ainsi du pouvoir sur le monde réel. Les finalités de leur enseignement au cours du cycle 4 sont de permettre à l'élève d'approfondir la connaissance des notions indispensables à une bonne compréhension de l'origine du changement climatique et ses conséquences [...]

Organisation et transformations de la matière

Décrire la constitution et les états de la matière

Connaissances et compétences associées

Caractériser les différents états de la matière (solide, liquide et gaz)

Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour étudier les propriétés des changements d'état.

Caractériser les différents changements d'état d'un corps pur.

Masse volumique : relation $m = \rho \cdot V$, influence de la température.

Exemples de situations, d'activités et d'outils pour les élèves

L'étude expérimentale des changements d'état est l'occasion de mettre l'accent sur les transferts d'énergie et d'aborder l'impact du réchauffement climatique sur les glaciers et la banquise.

La variation de la masse volumique avec la température permet d'aborder une cause de l'élévation du niveau des mers et océans en lien avec le réchauffement climatique.

Compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique**Domaine 4 du socle**

Pratiquer des démarches scientifiques

- Mesurer des grandeurs physiques de manière directe ou indirecte.
- Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer des conclusions et les communiquer en argumentant.

Domaines 4 et 5 du socle

Concevoir, créer, réaliser

- Concevoir et réaliser un dispositif de mesure et d'observation.

Domaine 2 du socle

S'approprier des outils et des méthodes

- Utiliser des outils numériques pour mutualiser des informations sur un sujet scientifique.
- Planifier une tâche expérimentale, organiser son espace de travail, garder des traces des étapes suivies et des résultats obtenus.

Domaine 1 du socle

Pratiquer des langages

- Utiliser la langue française, à l'écrit comme à l'oral, en cultivant précision, richesse de vocabulaire et syntaxe pour rendre compte des observations, expériences, hypothèses et conclusions.
- Expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit.

Domaine 2 du socle

Mobiliser des outils numériques

- Produire des documents scientifiques grâce à des outils numériques, en utilisant l'argumentation et le vocabulaire spécifique à la physique et à la chimie.

Modalité de travail

Cette séquence de travail peut être dispensée sous forme hybride, alternant travail en présentiel et travail en distanciel (asynchrone).

En effet, une partie des activités se déroule en classe (mise en place, synthèses « à retenir », retours d'expériences, expériences complémentaires, évaluations) tandis que les travaux expérimentaux et l'élaboration des productions pour rendre compte s'effectuent en temps « libre », à la maison, pour chaque élève. Les travaux hors la classe produits par les élèves sont, si possible, transmis à l'avance via une plateforme numérique¹.

1. Outil sur l'ENT (Moodle) ou autre outil, comme la plate-forme GRAASP : <http://ife.ens-lyon.fr/ife/parteneriat/international/programmes-et-projets/next-lab> . <https://graasp.eu/>

Séquence de travail proposée

Description de la séquence

Cette séquence comporte plusieurs séances dont le nombre peut varier en fonction des objectifs de l'enseignant et du public auquel elle s'adresse. La séquence présentée ci-dessous est constituée de deux parties (La fonte des glaces et la dilatation thermique des océans).

Ces deux parties se répartissent sur trois séances d'une heure de cours en présentiel. Elles se suivent dans une progression logique. Cependant, elles peuvent être dissociées selon les contraintes d'organisation et de mise en œuvre.

Partie 1 : La fonte des glaces			Partie 2 : La dilatation thermique des océans		
En classe  séance n° 1	À la maison 	En classe  séance n° 2	En classe  séance n° 2	À la maison 	En classe  séance n° 3
Durée indicative					
50 min	1 semaine	35 min	15 min	1 semaine	50 min
Objectifs généraux					
Prendre conscience d'une conséquence concrète du changement climatique. Mener les principales étapes d'une démarche scientifique de manière en partie autonome. Expérimenter à la maison en suivant un protocole simple.			Prendre conscience d'une conséquence concrète du changement climatique. Expérimenter à la maison en suivant un protocole plus ou moins détaillé, pour étudier et comprendre certaines conséquences du changement climatique sur les océans.		
Compétences travaillées					
Extraire des informations utiles de documents scientifiques variés. Rendre compte de ses observations en utilisant un vocabulaire précis. Interpréter des résultats, en tirer une conclusion. Rendre compte de ses travaux en utilisant un support numérique.			Concevoir une expérience pour la tester Rendre compte de ses observations en utilisant un vocabulaire précis. Interpréter des résultats, en tirer une conclusion. Utiliser des outils numériques pour communiquer des résultats.		
Problématique					
À quoi est due l'élévation du niveau moyen des océans ? La fonte des glaces participe-t-elle à l'élévation du niveau des océans ?			À quoi est due l'élévation du niveau moyen des océans ? Comment varie le volume d'un échantillon d'eau en fonction de sa température ? (étude qualitative)		

Articulation présentiel/distanciel

Chaque partie est constituée de 3 étapes :

1. mise en place, en présentiel (en classe), de l'activité demandée à la maison aux élèves. Cette mise en place est accompagnée par une petite vidéo qui présente les consignes expérimentales aux élèves éventuellement absents en classe ;
2. réalisation, à la maison, de l'activité par les élèves (distanciel asynchrone). Suivi et échanges à distance, par exemple via l'ENT, selon les besoins des élèves ;
3. mise en commun des travaux, remédiation, structuration (trace écrite « à retenir ») et opérationnalisation des connaissances, en classe (en présentiel).

Séances

Séance n° 1

Partie n° 1 : La fonte des glaces



En classe (présentiel)

Durée indicative : 50 minutes

La séance en quelques mots

Mise en place de l'activité sur le thème de l'élévation du niveau moyen des océans. Une étude de documents est proposée aux élèves. Celle-ci débouche sur plusieurs problématiques dont celle concernant les causes de l'élévation du niveau des océans sera « extraite » afin d'être étudiée. Cette séance est également l'occasion de tester la capacité de chaque élève à se connecter sur la plateforme où il doit déposer les travaux réalisés hors la classe.

Présentation orale des objectifs généraux de la séquence et des modalités

Travailler sur la thématique du changement climatique et de ses conséquences, notamment sur les océans.

Réaliser, chez eux, des expériences pour étudier et comprendre certaines conséquences du changement climatique sur les océans.

Distribution aux élèves d'une feuille d'activité (voir Annexe 1 - Partie n° 1 : La fonte des glaces)

Les élèves sont mis en activité et doivent de manière individuelle ou par binôme s'approprier les documents proposés et répondre aux questions posées.

Les élèves les plus rapides et dont les résultats ont été vérifiés sont invités à venir en aide aux élèves qui rencontrent des difficultés.

Correction partielle en classe, problématiques et échanges

Une fois la correction des quatre questions faite, les élèves doivent proposer des « **problèmes** » **scientifiques** qui peuvent être soulevés par les indicateurs étudiés (voir Retour d'expérience : faire émerger un « problème » scientifique).

Le « problème » scientifique à étudier étant identifié, les élèves sont invités à **proposer une ou des hypothèses**.

Deux hypothèses émergent alors relativement naturellement :

1. « Nous pensons que le niveau moyen des océans augmente car le réchauffement climatique provoque la fonte des glaces. Cette fonte des glaces apporte de l'eau aux océans qui voient leur niveau s'élever. »
2. « Nous pensons que le niveau moyen des océans augmente car le réchauffement climatique provoque la dilatation des océans. Cette dilatation fait « gonfler » les océans qui voient leur niveau s'élever. »

La seconde hypothèse est plus rare mais elle est tout de même proposée par quelques élèves.

Présentation des travaux attendus à la maison

La suite du document support qui précise les travaux à réaliser hors de la classe (Exemple de fiche d'activité élève) est projetée au tableau et lue à haute voix de sorte que les élèves intègrent au mieux les consignes. Ils sont invités à poser des questions.

Selon le temps disponible en classe, un visionnage de la vidéo (<https://youtu.be/UbPxCE6fwdw>) présentant l'expérience à réaliser et un premier accès à la plateforme de dépôt des travaux peuvent être envisagés.



À la maison

Durée : environ une semaine

Matériel spécifique

Utilisation d'une connexion Internet et d'outils numériques



Le travail demandé en quelques mots

Les élèves travaillent à la maison de manière asynchrone. Ils utilisent la vidéo (<https://youtu.be/UbPxCE6fwdw>) proposée afin d'effectuer les travaux demandés :

- distinguer et caractériser les deux types de glaces terrestres, réaliser des expériences pour étudier la fonte de ces deux types de glaces et leurs conséquences sur les océans ;
- rendre compte des travaux à l'aide d'observations rédigées et de photographies légendées des expériences ;
- conclure sur la validité de l'hypothèse testée.

Les consignes, les liens vers la vidéo support et la plateforme de dépôt des travaux seront rappelés clairement sur le cahier de texte électronique afin de proposer un accès facile et rapide à ces supports.

Séance n° 2

Fin de la partie n° 1 et mise en place de la partie n° 2



En classe (présentiel).

Durée indicative :

- partie 1 : 35 minutes
- partie 2 : 15 minutes

La séance en quelques mots

La première partie de séance permet de corriger et de structurer les travaux menés à la maison par les élèves, de manière asynchrone. La seconde partie permet de mettre en place la prochaine activité expérimentale qui sera réalisée à la maison.

Fin de la partie n° 1 : La fonte des glaces

Bilan rapide afin de cerner les éventuelles difficultés rencontrées par les élèves (connexion et problèmes matériels notamment).

Échanges et correction autour des types de glaces présents à la surface de la Terre.

Valorisation des travaux menés par les élèves.

Certaines des photographies déposées par les élèves sont projetées au tableau et commentées.

L'attention des élèves est alors attirée sur :

- la « qualité » et la pertinence de la communication scientifique des photographies proposées (voir Exemples de travaux d'élèves : « La fonte des glaces » - Exemples de photos réalisées lors de l'expérimentation en dehors de la classe.) ;
- l'observation du résultat obtenu et la conclusion quant à la conséquence de la fonte du type de glace considéré sur l'élévation du niveau des océans.

Cette activité est répétée en faisant en sorte qu'un maximum d'élèves puissent voir une ou deux des photographies qu'il a déposées sur la plateforme Internet, sans que cela ne devienne rébarbatif.

Trace écrite : À retenir n° 1

Pour structurer les connaissances, une trace écrite est élaborée avec les élèves. Cette trace écrite est reproduite dans Trace écrite de synthèse : À retenir n° 1.

Mise en place de la partie n° 2 : La dilatation des océans

L'objectif de l'activité expérimentale qui sera menée en dehors de la classe est de répondre de manière qualitative à la question : « Comment varie le volume d'un échantillon d'eau liquide en fonction de sa température ? ».

Afin de proposer une différenciation dans la démarche suivie, deux documents sont proposés aux élèves. Le premier (« piste verte ») leur propose de suivre une démarche guidée et détaillée des expériences à réaliser à la maison. Le second (« piste bleue ») est moins détaillé. Il laisse les élèves davantage libres dans le choix de la démarche à suivre et dans les expériences à mettre en œuvre. Ainsi, après avoir été guidés pour la mise en place de l'expérience, ils devront d'eux-mêmes imaginer le protocole expérimental permettant de répondre à la question posée.

Les élèves sont encouragés à prendre la « piste bleue » qui nécessite davantage d'engagement. Les documents supports de cette activité sont reproduits en Annexe 2 - Partie n° 2 : La dilatation des océans.

Pour terminer cette séance, les consignes liées à la production attendue à l'issue de cette activité expérimentale sont développées à l'aide d'une fiche méthode « Quelques conseils pour rendre compte d'une activité expérimentale ». Cette fiche méthode lue et commentée en classe précise les indicateurs de réussite quant aux productions demandées. Parmi ces indicateurs, il est mentionné, entre autres, l'utilisation du vocabulaire scientifique adapté, la présence de schémas ou d'illustrations légendées et la rédaction d'une conclusion répondant au problème de manière claire et détaillée.

Une différenciation de production est proposée afin que chaque élève puisse choisir le support de production qui lui correspond le mieux : compte-rendu rédigé, ensemble de photos légendées, vidéos, etc. (Cf. Exemples de travaux d'élèves : « La dilatation des océans »).



À la maison

Durée : environ une semaine

Matériel spécifique

Utilisation d'une connexion Internet et d'outils numériques. 
Si possible un thermomètre pour mesurer la température de l'eau.

Le travail demandé en quelques mots

Les élèves travaillent à la maison de manière asynchrone et différenciée afin d'effectuer de petites expériences qualitatives qui consistent à étudier comment varie le volume d'un échantillon d'eau en fonction de sa température. Ils doivent rendre compte des travaux et des expériences menées lors de cette étude, tirer des conclusions des expériences réalisées et répondre à la question posée : « Comment varie le volume d'un échantillon d'eau liquide en fonction de sa température ? ». (Cf. Exemples de travaux d'élèves : « La dilatation des océans »)

Séance n° 3

Fin de la « Partie n° 2 » : La dilatation des océans



En classe (présentiel)

Durée : 50 minutes

Matériel

Matériel de chimie

La séance en quelques mots

Cette séance permet de prolonger, de corriger et de structurer les travaux menés à la maison par les élèves, de manière asynchrone. Elle permet, en outre, aux élèves de poursuivre leur formation sur la production d'un compte-rendu d'activité expérimentale (en co-évaluation par les pairs). Proposée en classe de 3^e, elle permet également de retravailler sur la notion de masse volumique et d'aborder ses variations en fonction de la température.

Bilan afin de cerner les éventuelles difficultés rencontrées par les élèves (connexion, problèmes matériels divers (dépôt des vidéos, des comptes-rendus, accès au « matériel » à la maison, etc.)

Mise en place d'une activité expérimentale en classe : masse et volume de l'eau en fonction de la température.

Afin de prolonger les expériences menées en dehors de la classe, les élèves sont invités à réaliser une activité expérimentale qui consiste à étudier la masse et le volume d'échantillons d'eau liquide portés à différentes températures. Cette activité a en partie pour objectif de proposer un prolongement et une remédiation aux éventuelles difficultés rencontrées lors de la réalisation de l'activité expérimentale à la maison. Elle n'est pas présentée ici.

Valorisation des travaux menés à la maison par les élèves.

Avec l'accord des élèves, certains travaux réalisés et déposés sur la plateforme Internet sont projetés au tableau et co-évalués.

L'attention des élèves est alors attirée sur :

- la « qualité » de la communication scientifique des travaux présentés, la présence des critères de réussite et quelques indicateurs de réussite choisis (utilisation du vocabulaire scientifique, rédaction d'une conclusion claire et détaillée qui répond à la question posée, présence de schémas ou d'illustrations légendées, expérience commentée si celle-ci est réalisée en vidéo, etc.) ;
- les observations réalisées lors de cette activité expérimentale, les résultats obtenus et les conclusions sur le problème scientifique étudié.

Une correction type est mise à disposition des élèves sous forme de diaporama déposé dans un cours en ligne (cours Moodle).

Trace écrite : À retenir n° 2.

Pour structurer les connaissances, les élèves sont invités à recopier la trace écrite élaborée en commun, reproduite dans Trace écrite de synthèse : À retenir n° 2.

Bilan

Analyse de l'articulation présentiel / distanciel

Points forts

- Réaliser des activités expérimentales en dehors de la classe permet de varier les d'activités proposées aux élèves. Certaines expériences étant réalisées hors la classe, le professeur peut, en classe, proposer des expériences de prolongement, de « remédiation » et de réinvestissement.
- Les élèves développent de l'autonomie et n'hésitent pas à anticiper leurs travaux et à solliciter de l'aide ou des conseils au cours de la période de travail hors la classe. Cela peut constituer une étape importante dans leur formation scientifique.
- La réalisation et la valorisation des travaux menés hors la classe peut être un levier de motivation important pour certains élèves qui s'investissent pleinement dans les activités.
- La réalisation de travaux à la maison permet de proposer une différenciation pédagogique qui peut porter notamment sur la différenciation de contenu et la différenciation de production (audio, vidéo, écrits, etc.).

Points faibles

- Si la réalisation des expériences hors la classe permet de libérer du temps pour d'autres activités menées en classe, le suivi des travaux et les échanges à distance peuvent être relativement chronophages pour l'enseignant.
- L'hétérogénéité dans l'accès au numérique (matériel, connexion, ...) peut être un élément fortement pénalisant pour certains élèves. Il faut veiller à proposer des solutions alternatives aux élèves ne pouvant pas accéder aux outils numériques depuis chez eux. Pour contourner ce problème, diverses solutions peuvent être envisagées parmi lesquelles : prêt de matériel informatique (si possible), travaux réalisés en groupe ou dans l'établissement mais « en dehors de la classe » (permanence, devoirs-faits, etc.).
- Il faut veiller à ne pas créer, de facto, deux groupes : ceux qui réalisent les travaux et ceux qui ne les font pas. Le suivi des travaux doit, si possible, être individualisé et les élèves accompagnés dans la mise en œuvre des travaux à distance.
- Il est important de prendre en compte l'accès au matériel expérimental à utiliser hors la classe. En cas d'impossibilité pour un élève de réaliser les expériences, il est nécessaire de trouver une solution alternative : travail avec un binôme ou prêt de matériel par le professeur.

Éléments de correction et retours d'expérience

Retour d'expérience : faire émerger un « problème » scientifique

Lors de l'activité n°1, chaque élève est invité à participer à un *brainstorming* afin de proposer le « problème » scientifique que les faits scientifiques étudiés lui inspirent.

Outre le fait qu'il n'est pas toujours aisé, pour certains élèves, d'identifier un problème scientifique, ce brainstorming fait ressortir de nombreuses questions qui démontrent une inquiétude relativement importante concernant le changement climatique.

Ainsi, sont posées des questions telles que :

- Comment cela sera-t-il dans 50 ans ?
- Peut-il y avoir de l'eau sur toute la Terre ? Jusqu'où cela va-t-il aller ?
- Quand est-ce que cela va s'arrêter ?
- Peut-on faire « marche arrière » ?
- Dans combien de temps va-t-on avoir des conséquences graves ?

Leurs réponses préoccupent les élèves. Il semble alors important d'adopter un discours rassurant et de leur rappeler que leurs questions sont légitimes et importantes, que ces préoccupations sont au sein de nombreux travaux menés par des experts internationaux qui après avoir identifié des « problèmes », élaborent des hypothèses et des modèles scientifiques permettant d'envisager des solutions.

Il est également pertinent de leur signaler qu'en tant que citoyens, ils peuvent et doivent contribuer à faire changer les choses.

Ces « problèmes » très complexes ne sont pas ceux qui seront étudiés dans cette séquence au cours de laquelle, notre « problème » est : « Quelles sont les causes de l'élévation du niveau moyen des océans ? »

Retour d'expérience : suivre les travaux des élèves à distance

Pour pouvoir **suivre au mieux les travaux réalisés à distance et de manière asynchrone** par les élèves sur la plateforme numérique, il est important de :

- proposer une **plateforme déjà utilisée par les élèves** (MOODLE, GRAASP, etc.) ;
- **vérifier que chaque élève puisse accéder à la plateforme numérique** de travail (connexion à la maison au CDI du collège, etc., matériel disponible). Si ce n'est pas le cas, des supports « papier » seront proposés en remplacement et une solution sera recherchée afin de proposer à chaque élève de travailler les compétences numériques (clé USB, envoi par d'autres canaux de communication (mail, site de transfert de fichiers volumineux, etc.) ;
- **imposer une restitution anticipée des travaux d'au moins 24 h** avant le retour en présentiel afin de laisser à l'enseignant le temps de prendre connaissance des travaux, les commenter et de prévoir les éventuels besoins de remédiation ou de petites activités complémentaires.
- **ne pas hésiter à relancer les élèves via la messagerie de l'ENT** pour leur rappeler éventuellement le travail attendu et les délais. Inversement, les élèves sont invités à contacter, si besoin, le professeur via ce même biais ;
- préparer une **fiche de suivi des travaux par classe**. Le professeur pourra y regrouper les remarques, les commentaires et pistes de remédiations au fur et à mesure de l'avancée des travaux des élèves.

Retour d'expérience : expérimentation à la maison et sécurité

Il est extrêmement important de signaler aux élèves le moindre danger auquel une expérience pourrait les exposer.

Ainsi, lors de l'expérience sur la dilatation des océans, il faut préciser qu'une bouteille en verre peut éclater si elle est chauffée directement. Cette expérience n'est donc pas à faire pour des raisons de sécurité.

D'autre part, il peut être signalé que, de manière générale, une expérience doit être menée dans un espace adapté tel qu'une table propre et dégagée pour limiter les éventuels risques de salissures ou de dégradations.

Retour d'expérience : différenciation dans la production

Lors de l'activité expérimentale portant sur la dilatation des océans, une différenciation sur la production du compte-rendu est proposée aux élèves.

Le choix des élèves s'est quasi intégralement porté sur la rédaction d'un compte-rendu rédigé.

Ce choix est en grande partie dû aux difficultés rencontrées pour transmettre les fichiers vidéos volumineux sur la plateforme numérique utilisée.

Retour d'expérience : valorisation des travaux menés à la maison

L'étude et l'observation de certains travaux réalisés à la maison crée une réelle implication de la part des élèves qui sont généralement contents de voir et montrer leurs réalisations (et un peu de chez eux).

Les indicateurs de réussite des comptes-rendus dans un but de communication scientifique sont explicitement débattus et cela de manière répétée. Les élèves prennent alors conscience des indicateurs qui permettent de faire progresser leurs productions. L'objectif n'est pas d'uniformiser les productions mais d'attirer l'attention sur la présence d'un certain nombre d'éléments (illustrations légendées, utilisation du vocabulaire scientifique à bon escient, etc.) indispensables pour bien rendre compte d'une activité expérimentale en sciences. La fiche méthode fournie n'est pas toujours suffisante et la co-évaluation de travaux menés par des pairs permet de proposer des exemples concrets de productions possibles.

Prolongements possibles

Travail interdisciplinaire ou EPI sur les conséquences de l'élévation du niveau moyen des océans.

Travaux et expériences sur l'acidification des océans.

Références bibliographiques

Des informations et des données sur les impacts du changement climatique sur le littoral et le milieu marin sur le site du Ministère de la transition écologique : <https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-littoral-et-milieu-marin>

Office for Climate Education :

<https://www.oce.global/fr/resources/activites-de-classe/le-climat-entre-nos-mains-ocean-et-cryosphere>

Annexes

Annexe 1 - Partie n° 1 : La fonte des glaces

Exemple de fiche d'activité élève

Changement climatique : ça chauffe pour les océans ! (1/2)

Partie n° 1 : Des indicateurs pour prendre conscience du « problème » :

Sur le site du Ministère de la transition écologique, on peut trouver les documents ci-dessous, sur les pages relatant les travaux de l'ONERC (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique).



Document n°1



Document n°2

D'après : <https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-littoral-et-milieu-marin#e0>

1. D'après le document n°1, de quelle hauteur s'est élevé le niveau moyen des mers et océans entre 1902 et 2010 ? Exprimez le résultat en **cm** puis en **mm**.
2. D'après le document n°1, quelle est l'élévation annuelle, en **mm/an**, du niveau moyen des mers et océans entre 1902 et 2010 ?

- D'après le graphique du **document n° 2**, de **quelle hauteur s'est élevé** le niveau des mers et océans entre **1995 et 2010** ? En **déduire quelle a été l'élévation annuelle, en mm/an**, du niveau moyen des mers et océans **sur cette période**.
- Pourquoi peut-on affirmer que l'élévation du niveau moyen des mers et océans est un phénomène qui s'accélère ?

Partie n° 2 : Des expériences pour modéliser et comprendre

- Quels « problèmes » les indicateurs étudiés dans la partie n° 1 soulèvent-ils ?
- Quelle(s) hypothèse(s) pouvons-nous formuler pour tenter de répondre à ce problème ?
Nous pensons que le niveau moyen des océans augmente car ...
- Étude de la « fonte des glaces » et de ses conséquences sur les océans.

Expérience à la maison

- Visionnez la vidéo en lien : <https://youtu.be/UbPxCE6fwdw>
- Connectez-vous sur la plateforme Internet (lien sur le cahier de texte, en cas de problèmes complétez cette feuille).
- Complétez le **tableau n° 1** en indiquant les deux types de glaces présentes sur Terre et leurs caractéristiques :



Type de glace présente sur notre globe		
Caractéristique(s) du type de glace étudié		

- Réalisez, chez vous, l'expérience proposée dans cette vidéo et complétez, sur la plate-forme, le tableau n° 2 en indiquant ce que vous observez après la fonte de chacun des « types de glace » :

Type de glace présente sur notre globe		
Observations lorsque la glace a fondu		

- D'après vos observations, l'**hypothèse** : « Nous pensons que le niveau moyen des océans augmente car le réchauffement climatique provoque la « fonte des glaces » est-elle **totalemtent validée** ? **Justifiez**.
- Déposez **quelques photos légendées** ou **commentées** de vos expériences et de vos observations.

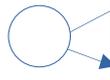
Analyse de cette activité

Une prise de conscience et quelques difficultés mathématiques

La première question de la partie n° 1, dont il est très simple de trouver la réponse, peut provoquer une réelle stupéfaction chez certains élèves qui tentent immédiatement de se représenter ce qu'une élévation de 15 cm peut représenter. Lors de la correction, il est intéressant de signaler que cette élévation moyenne de 15 cm concerne l'ensemble des océans sur Terre... À cette échelle, les choses deviennent « impressionnantes » !

La conversion en mm peut être délicate. Les règles graduées des élèves peuvent alors être utilisées pour retrouver que 1 cm = 10 mm.

Certains groupes sont bloqués lors du calcul de l'élévation annuelle (en mm/an) du niveau moyen des océans. Il est possible de leur donner un petit « coup de pouce » sous forme d'un petit tableau de proportionnalité :



Durée d'étude	Élévation moyenne
2010-1902 = ... ans	... mm
1 an	... mm

Pour les élèves de 3^e qui ont testé cette activité, la saisie d'informations sur un graphique (question n° 3) est globalement acquise.

La réponse à la question n° 4 (pourquoi peut-on affirmer que ce phénomène accélère?) n'est pas toujours évidente à rédiger pour les élèves. Ils doivent comparer la moyenne établie entre 1902 et 2010 et celle établie entre 1995 et 2010. Un certain nombre arrive tout de même à conclure à l'accélération de ce phénomène qui voit sa moyenne augmenter sur une période plus courte et plus récente.

Les deux types de glaces terrestres

Il n'est pas rare que les élèves confondent les deux types de glaces : glaces continentales et glaces océaniques. Cette confusion a de fortes conséquences sur la conclusion à laquelle ils vont aboutir.

Il est donc impératif de prendre le temps de corriger cette erreur. Pour cela, l'expérience permettant de comparer la fonte de la glace continentale et la fonte de la glace océanique est mise en place et filmée sur le bureau du professeur lors de la correction.

Cette étape est indispensable si l'on souhaite que les élèves puissent se corriger d'eux-mêmes pour ainsi aboutir à une conclusion correcte.

Elle permet, en outre, d'insister sur les observations réalisées lors de la fonte de la glace océanique. En effet, la stagnation du niveau de l'eau liquide lors de la fusion de la glace océanique perturbe certains élèves qui peuvent la réfuter.

Exemples de travaux d'élèves : « La fonte des glaces » - Exemples de photos réalisées lors de l'expérimentation en dehors de la classe.

L'envoi de photos n'est pas obligatoire mais il est proposé à tous les élèves. Une grande majorité des élèves joue le jeu et envoie une ou plusieurs photos des expériences réalisées.

Pour la formation des élèves, il est important, lorsque cela est possible, de co-évaluer ces productions de manière critique et bienveillante (points forts, points faibles, pistes d'amélioration) en classe entière. Les photos produites peuvent être classées en trois « catégories » vis à vis de leur intérêt d'un point de vue de la communication scientifique.

1. Les photos « brutes » : sans légende et sans nom précis (nom de fichier non modifié).



Elles n'ont pas beaucoup de « valeur » dans le cadre d'une communication scientifique.

2. Les photos « d'illustration simple » : avec une simple légende présentant brièvement l'expérience réalisée, parfois de manière incomplète.



Elles permettent une communication scientifique à faible valeur ajoutée.

3. Les photos « d'expérience légendée » : légende complète et précise pouvant même rendre compte des observations détaillées.



Elles permettent une communication scientifique à forte valeur ajoutée car elles résument quasiment à elles seules l'expérience réalisée et les observations faites.

Toutes les photos envoyées par les élèves seront téléchargées à l'avance pour une présentation rapide lors de la mise en commun en classe.

Sans vouloir normaliser le style des photos proposées par leurs pairs, les élèves seront amenés à réfléchir sur la valeur de leur production dans le cadre d'une communication scientifique et ils seront invités à faire, le cas échéant, évoluer leurs pratiques vers la catégorie 3 : photo avec légende complète.

Exemples de travaux d'élèves : « La fonte des glaces » - Exemples de tableaux d'observations à compléter.

Tableau		
Type de glace	glace continentale (glaciers)	glace océanique (banquise, icebergs)
Observations lorsque la glace a fondu	Le glaçon a fondu doucement et il a ruisselé sur la cuillère. Le niveau d'eau du verre augmente.	Le glaçon que j'ai placé dans l'eau a vite fondu mais le niveau d'eau du verre n'a pas augmenté.

Tableau		
Type de glace	glace continentale (glaciers)	glace océanique (banquise, icebergs)
Observations lorsque la glace a fondu	La glace a fait augmenter l'eau qui était dans le verre	L'eau monte parce que les glaçons ont gardé la même masse lorsqu'ils ont fondu.

Tableau		
Type de glace	glace continentale (glaciers)	glace océanique (banquise, icebergs)
Observations lorsque la glace a fondu	Les glaçons ont fondu et l'eau est retombée dans l'océan, il a plus augmenté que l'autre.	Les 2 glaçons ont fondu et le volume a peine augmenté. Beaucoup moins augmenté que celui des glaces continentales.

Ce tableau est complété librement par les élèves lors de la réalisation des expériences. Il est complété en autonomie, à distance et de manière asynchrone sur la plateforme Internet autant que possible.

Ces traces écrites produites « en autonomie » permettent de faire le point sur la formation des élèves sur certaines compétences qui ne sont pas forcément acquises par des élèves en cycle 4.

Ainsi, il peut être nécessaire de rappeler :

- certains points concernant la démarche scientifique : Qu'est-ce qu'une observation ? De quoi doit-elle rendre compte ? Comment faut-il la rédiger ?
- l'importance de la précision du vocabulaire scientifique dans le fait de rendre compte d'une observation ou bien lors de la formulation d'une conclusion.

Trace écrite de synthèse : À retenir n° 1

L'élévation du niveau moyen des océans est une des conséquences du changement climatique sur notre environnement.

Cette élévation est en partie causée par la fonte des glaces continentales qui « ajoutent » de l'eau liquide qui s'écoule dans les océans et qui augmente leur volume.

La fonte des glaces est due à un réchauffement global à la surface de la Terre.

Ce réchauffement provoque également la fonte des glaces océaniques (banquises) mais celle-ci ne contribue pas à l'élévation des océans.

Cependant, la disparition des glaces océaniques a un impact important sur les écosystèmes qui évoluent dans cet environnement (ours polaires, phoques, manchots, etc.).

Annexe 2 - Partie n° 2 : La dilatation des océans

Exemples de fiche d'activité élève

Changement climatique : ça chauffe pour les océans ! (2/2)



Étude de la dilatation thermique des océans.

Problème : Comment varie le volume de l'eau liquide en fonction de sa température ?

Expérience à la maison - *Piste Verte* (j'ai besoin d'être guidé du début à la fin)



- Visionnez la vidéo : <https://youtu.be/UPrSR-o8NPg>
 - Réalisez les expériences présentées et complétez, **au cours des expériences**, l'illustration ci-contre en :
 - o indiquant, si possible, la **température de l'eau chaude utilisée** ;
 - o **traçant en bleu** le volume de l'eau dans la bouteille après 4h au **réfrigérateur** et en indiquant, si possible, sa **température** ;
 - o **traçant en vert** le volume de l'eau dans la bouteille après 4h dans une pièce « **à l'air libre** » et en indiquant, si possible, sa **température**.
 - **Rendez compte de vos travaux et vos expériences** à l'aide d'un compte-rendu rédigé ou d'un ensemble complet de photos légendées ou bien d'une vidéo.
 - Déposez votre compte-rendu sur la plateforme Internet (voir lien sur le cahier électronique).
 - **Pour finir, répondez aux questions ci-dessous puis recopiez vos réponses sur la plateforme Internet.**
1. Comment varie le volume de l'échantillon d'eau en fonction de la température ?
 2. En quoi le réchauffement global de notre planète participe-t-il à l'élévation du niveau moyen des océans ?



Changement climatique : ça chauffe pour les océans ! (2/2)



Étude de la dilatation thermique des océans.

Problème : Comment varie le volume de l'eau liquide en fonction de sa température ?

Expérience à la maison - *Piste Bleue* (j'ai besoin d'être guidé juste au début)



- **Visionnez** la vidéo : <https://youtu.be/IFPoNV7qkAM>
 - Reproduisez le « dispositif » présenté dans cette vidéo et réalisez, chez vous, **des expériences afin d'étudier comment varie le volume d'un échantillon d'eau en fonction de la température.**
 - **Rendez compte de vos travaux et vos expériences** à l'aide d'un compte-rendu rédigé ou d'un ensemble complet de photos légendées ou bien d'une vidéo.
 - Déposez votre compte-rendu sur la plateforme Internet (voir lien sur le cahier de texte électronique).
 - **Pour finir, répondez aux questions ci-dessous puis recopiez vos réponses sur la plateforme Internet.**
1. Comment varie le volume de l'échantillon d'eau en fonction de la température ?
 2. En quoi le réchauffement global de notre planète participe-t-il à l'élévation du niveau moyen des océans ?

Analyse de cette activité

Piste verte ou piste bleue ?

Le choix des élèves a été relativement équilibré avec environ 50 % pour chaque piste. Il semble important de leur expliquer qu'en choisissant la piste bleue, ils sortiront un peu de leur zone de confort ce qui leur permettra de progresser davantage dans leur formation en sciences. Il leur est également signifié qu'en cas de difficulté, ils pourront bénéficier d'une aide sur demande : l'accès à la vidéo de la piste verte pour les guider davantage dans la mise en place des expériences à réaliser.

Un équilibre thermique compliqué

Malgré la précision faite aux élèves d'attendre quelques heures (4 h minimum) avant d'observer les éventuelles variations de température et de volume, certains n'ont pas, par inattention ou par manque d'anticipation, respecté cette consigne. L'équilibre thermique n'étant pas atteint, les observations sont alors caduques. Ce point est à aborder avec les élèves lors de la correction en classe afin qu'ils puissent comprendre ce biais expérimental qui fausse leurs observations. Cette nécessité d'atteindre l'équilibre thermique peut également être discutée si la correction s'accompagne de la réalisation d'une étude expérimentale en classe (variation du volume d'un échantillon d'eau placé au bain-marie au cours du temps par exemple).

Des pistes d'amélioration

L'étude des éventuelles variations de la masse, avec une balance de cuisine, de l'échantillon d'eau au cours de cette expérience pourrait apporter une plus-value à cette activité expérimentale réalisée en dehors de la classe. Outre le fait que cela permettrait aux élèves de travailler sur ces deux concepts qu'ils peuvent parfois confondre (masse et volume), cela ouvrirait un axe de travail sur l'étude des variations de la masse volumique d'un corps en fonction de sa température. L'activité proposée ici à titre qualitatif pourrait être proposée de manière plus quantitative avec des mesures de masses et de volumes.

Exemples de travaux d'élèves : « La dilatation des océans »

Exemple 1 :

Physique-Chimie

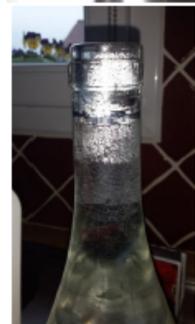
Pour réaliser l'expérience demandée, j'ai utilisé une bouteille en verre vide, un thermomètre, un marqueur et un verre.



J'ai tout d'abord rempli la bouteille en verre d'eau très chaude de mon robinet puis j'ai rempli mon verre de cette même eau chaude.

J'ai placé le thermomètre dans le verre d'eau pour prendre la température de l'eau.

Le thermomètre indiquait 50°C.



J'ai ensuite tracé un trait au niveau où l'eau était sur ma bouteille en verre avec le marqueur.

Après ça, j'ai placé la bouteille en verre et le thermomètre dans le frigo pour observer la variation de la température de l'eau dans cette bouteille.

En sortant ma bouteille du frigo, je me suis aperçu que l'eau avait descendu en dessous du trait de marqueur.

Le thermomètre affichait une température de 7°C mais j'ai oublié de prendre une photo.



J'ai ensuite tracé un deuxième trait au niveau de l'eau lorsque la bouteille venait de sortir du frigo.

Pour avoir une deuxième observation de la variation du volume d'eau en fonction de la température, j'ai placé la bouteille en verre et mon thermomètre au dessus de mon poêle à bois.



Le thermomètre indiquait environ 39°C.



Je me suis donc aperçu que le niveau de l'eau avait augmenté par rapport à mon deuxième trait.

Je peut donc en conclure que plus le température de l'eau augmente, plus le volume de l'eau augmente.



Ce travail, malgré quelques erreurs et un niveau de langage parfois familier, est globalement réussi car il valide les indicateurs de réussite attendus.

Exemple 2

Ce travail est convenablement illustré mais il ne présente pas une part importante des indicateurs de réussite attendus. En effet, les observations et l'interprétation des expériences sont à préciser afin de produire un compte-rendu complet et détaillé qui aurait permis d'aboutir à une réponse précise au problème posé.



Exemple 3

Hypothèses soulevées :

J'ai l'hypothèse que si on met un volume d'eau chaude au contact d'un milieu froid (au réfrigérateur) alors l'eau refroidit et le volume diminue. Les molécules d'eau chaude se contracteraient en milieu froid.

Dans le cas d'un milieu chaud, l'hypothèse est que l'eau chaude mettrait plus de temps à se refroidir. Mais je m'interroge sur l'évaporation de l'eau, sachant que la bouteille est fermée hermétiquement, et sur le comportement des molécules d'eau chaude : contraction ou détente ?.

Résultats des observations de l'expérience :

Après quatre heures, je marque les nouveaux volumes avec un nouveau trait de marqueur noir. Alors je constate que les niveaux des volumes d'eau chaude contenue dans les bouteilles en verre ont diminué.

- Pour l'échantillon n°1 :

Situation initiale



Pendant 4 heures
au réfrigérateur

Situation finale



Ce travail d'élève assez bien rédigé, va permettre de travailler un axe important de remédiation : ce ne sont pas les molécules d'eau qui se contractent ou se détendent... Cela met en évidence une confusion entre l'approche macroscopique (volume) et l'approche microscopique (molécules). Un retour sur le modèle moléculaire et l'organisation des particules dans la matière est nécessaire.

La réalisation de comptes-rendus variés et en autonomie est une vraie plus-value dans la formation des élèves. Elle permet, en effet, de développer leur créativité en les laissant libres de la production et des outils ou des supports qu'ils utilisent. Elle permet également de proposer une rédaction plus personnelle qui peut faire émerger des erreurs conceptuelles importantes qui auraient pu rester sous-jacentes et auxquelles l'enseignant doit remédier.

Trace écrite de synthèse : À retenir n° 2

Le volume occupé par un échantillon d'eau liquide varie en fonction de sa température.

Ainsi, le volume de l'eau liquide augmente lorsque sa température augmente. Ce phénomène est une dilatation thermique.

Du fait du réchauffement global, l'eau des océans se réchauffe ce qui provoque sa dilatation.

C'est la seconde cause de l'élévation du niveau moyen des océans.