

Séquence de classe

Opération survie

Cycle 4

Résumé

Cette séquence s'articule autour d'un défi lié à la survie en milieu extrême. Le défi permet d'aborder avec des élèves de cycle 4 les notions de valeur énergétique des aliments. Les activités proposées peuvent impliquer trois disciplines scientifiques : la physique-chimie, les sciences de la vie et de la Terre ainsi que les mathématiques.

Organisée sous la forme d'un défi, cette séquence a pour objectifs de mettre les élèves en situation :

- de concevoir et de mettre en œuvre une stratégie de résolution de problème ;
- de comprendre l'importance de la quantification dans la démarche scientifique ;
- de faire émerger des questions de science à partir d'une situation de vie.

La séquence est décrite en 5 séances de 55 minutes, mais il est bien sûr possible de l'adapter à une autre organisation des enseignements, et en particulier à des séances doubles de 1h50. La séance 2 nécessite un travail en groupe réduit. Elle peut être menée en parallèle par les professeurs de SVT et de SPC, ou successivement par l'un des deux professeurs.

Séquence « Opération survie »

Auteur

Claire Calmet

Disciplines concernées et liens avec les programmes

Cette séquence de 5 séances est conçue pour être menée en cycle 4 par les professeurs de *Sciences de la vie et de la Terre et/ou de Sciences physiques (séances 1 à 3)* et par les professeurs de *Sciences physiques et/ou de mathématiques (séances 4 et 5)*.

Elle est à positionner :

- en lancement ou en prolongement d'un travail de *Sciences physiques* sur les combustions ;
- en lancement d'un travail sur *Sciences de la vie et de la Terre* sur les aspects quantitatifs de la nutrition ;
- en prolongement/réinvestissement d'un travail de mathématiques sur la proportionnalité.

Objectifs et résumé

Organisée sous la forme d'un défi, cette séquence a pour objectifs de mettre les élèves en situation :

- de concevoir et de mettre en œuvre une stratégie de résolution de problème ;
- de comprendre l'importance de la quantification dans la démarche scientifique ;
- de faire émerger des questions de science à partir d'une situation de vie.

La séquence est décrite en 5 séances de 55 minutes, mais il est bien sûr possible de l'adapter à une autre organisation des enseignements, et en particulier à des séances doubles de 1h50. La séance 2 nécessite un travail en groupe réduit. Elle peut être menée en parallèle par les professeurs de SVT et de SPC, ou successivement par l'un des deux professeurs.

Séance	Matière	Titre	Durée	Résumé
Séance 1	SVT et/ou SPC	Opération survie : phase d'appropriation du défi	55 min	Les élèves font face à un défi : par groupes, ils doivent déterminer une stratégie pour tirer le plus d'énergie possible de maigres ressources alimentaires – 250 g de nouilles de blé et 50 g de cerneaux de noix – dans une situation de survie. Ils préparent librement un plan d'action pour tester leur stratégie expérimentalement au cours de la séance 2.
Séance 2	SVT et/ou SPC	Opération survie : phase expérimentale	55 min	En groupes réduits, les élèves testent l'efficacité de la stratégie qu'ils ont mise au point en séance 1, grâce à une approche expérimentale. Ils réorientent leur stratégie si nécessaire, et cherchent à l'évaluer de façon quantitative.
Séance 3	SVT et/ou SPC	Opération survie : phase de communication des résultats	55 min	Chaque groupe fait la synthèse de sa démarche et de ses résultats, sous la forme d'un poster. Une mise en commun permet de comparer les stratégies et d'insister sur la nécessité d'une approche quantitative.

Séance	Matière	Titre	Durée	Résumé
Séance 4	SPC ou mathématiques	Opération survie : phase de quantification	55 min	Les élèves sont guidés vers une démarche quantitative plus construite. D'une part, ils anticipent la quantité d'énergie maximale que l'on peut espérer récupérer en faisant brûler 1 g de noix. D'autre part, ils réalisent collectivement une expérience bien contrôlée. Ils comparent les résultats de cette expérience à ceux qu'ils avaient anticipés, ce qui pose de nouvelles questions.
Séance 5	SPC ou mathématiques	Opération survie : phase de conclusion	55 min	Les élèves analysent des résultats expérimentaux et en déduisent l'influence de certains paramètres expérimentaux sur le résultat. Ils sont alors en mesure de conclure le défi.

Séance 1. Opération survie : phase d'appropriation du défi

Discipline dominante	SVT et/ou SPC
Résumé	Les élèves font face à un défi : par groupes, ils doivent déterminer une stratégie pour tirer le plus d'énergie possible de maigres ressources alimentaires – 250 g de nouilles de blé et 50 g de cerneaux de noix – dans une situation de survie. Ils préparent librement un plan d'action pour tester leur stratégie expérimentalement au cours de la séance 2.
Planning	<ul style="list-style-type: none"> • Lancement du défi : 10 minutes • Réflexion sans documents et point sur l'état de réflexion des groupes : 20 minutes • Introduction des documents, poursuite de la réflexion des élèves, préparation d'un plan d'action pour la séance 2 : 20 minutes • Conclusion et rangement : 5 minutes
Matériel	<p>Pour la classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un système de vidéo-projection (optionnel) • Du matériel présenté comme étant disponible dans la situation de survie, et rassemblé sur un chariot : <ul style="list-style-type: none"> ○ 50 g de cerneaux de noix (noix sans coquilles) ○ 250 g de nouilles de blé à cuisson rapide ○ divers éléments de popote de randonnée en aluminium (fond, couvercle, assiette, poignée) ○ un briquet ○ 1,5 L d'eau liquide <p>Pour chaque groupe d'élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Fiche 1, à distribuer vers le début de la séance. • La Fiche 2, à distribuer vers le milieu de la séance

Situation déclenchante : lancement du défi (10 minutes)

Les élèves s'installent par groupes de 3 à 5. L'enseignant leur demande s'ils s'intéressent aux techniques de survie. Face à l'enthousiasme qu'il ne manque pas de soulever, il annonce que justement, dans le cadre d'un stage de préparation à la survie, leur instructeur leur propose le défi suivant :

« Au cours d'une expédition hivernale dans la toundra, vous vous retrouvez seul, bloqué plusieurs jours par le mauvais temps. La nuit tombe et vous vous préparez pour votre dernier bivouac, avec un sentiment mêlé d'espoir et d'abattement. Vous avez en effet réussi à joindre les secours, qui arriveront probablement demain matin à la faveur d'une amélioration de la météo. Mais pour augmenter vos chances de passer la nuit – sans gelures et surtout sans mourir de froid –, vous devez vous alimenter. Or, vos provisions sont pratiquement épuisées et vous n'avez plus de carburant pour faire fonctionner votre réchaud :

- *concernant vos provisions : les seules denrées comestibles qui vous restent sont 50 g de noix, 250 g de nouilles de blé à cuisson rapide et 1,5 L d'eau liquide.*
- *concernant le carburant : votre briquet s'allume encore, mais il est presque vide. Il n'y a pas de possibilité de trouver du bois ou de la tourbe pour préparer un feu. Vous avez déjà fait brûler ces derniers jours tout le matériel combustible qui ne vous était pas indispensable : vos emballages alimentaires, votre livre de poche, et même votre paire de chaussettes en laine de rechange ! »*

La consigne est la suivante : il s'agit de déterminer la meilleure stratégie possible pour s'alimenter avec seulement ces noix et ces nouilles, et sans carburant pour faire fonctionner le réchaud.

L'enseignant présente le matériel disponible dans la situation de survie, rassemblé sur un chariot :

- ❖ 50 g de cerneaux de noix (sans coquilles)
- ❖ 250 g de nouilles de blé à cuisson rapide
- ❖ divers éléments de popote de randonnée en aluminium (fond, couvercle, assiette, poignée)
- ❖ un briquet
- ❖ 1,5 L d'eau liquide



Le matériel disponible dans la situation de survie

Remarque : l'enseignant peut signaler que les emballages alimentaires des nouilles et des noix ont déjà été brûlés la veille.

Puis, il distribue la Fiche 1, qui rappelle la situation de survie, la consigne et donne le planning des séances consacrées à ce défi. Ce planning est explicité collectivement : cette première séance sert à s'approprier le défi et à préparer un plan d'action pour la séance 2, qui sera expérimentale. La séance 3 permettra aux groupes de présenter leurs résultats.

Note pédagogique :

- L'enseignant, bien qu'il ait prévu les séances 4 et 5 dans son planning, ne l'annonce pas aux élèves. En effet, les élèves doivent organiser leur travail sur 3 séances, et c'est à l'issue de ces séances que le besoin des séances 4 et 5 se fera sentir.

Temps de réflexion sans document et mise en commun (20 minutes)

L'enseignant laisse alors les groupes d'élèves mener leur propre réflexion sur le défi, sur une durée annoncée de 10 minutes. Il passe dans les groupes pour s'informer sur ce qui se dit, davantage que pour orienter la réflexion des élèves. Néanmoins, si les idées des élèves sont peu diverses, il peut stimuler leur réflexion par des questions ciblées, telles que « On peut manger les nouilles crues ? Et les noix ? Comment faire cuire les nouilles ? ».

Après une dizaine de minutes, il organise une mise en commun à l'échelle de la classe, en recensant au tableau les propositions des groupes et en encourageant les autres groupes à donner leur avis sur ces propositions :

- On pourrait faire un feu avec une partie des nouilles pour faire cuire le reste des nouilles dans l'eau. Et puis, on mange les noix.
- Pourquoi pas, les nouilles, c'est bien sec, un peu comme des brindilles de bois, alors peut-être que ça brûle ...

- Mais est-ce que ça va suffire si on brûle, mettons, la moitié des nouilles, pour faire cuire l'autre moitié ?
- Il faudrait mettre juste assez d'eau, pour ne pas avoir à trop chauffer.
- Il faudrait protéger du vent.
- Nous, on voulait plutôt faire brûler les noix, mais on ne sait pas si ça marche.
- Bah, les noix ça brûle pas ! Les coquilles, oui, mais là, on a juste l'intérieur des noix, la partie qui se mange.

Note pédagogique :

- Nous fournissons ces échanges fictifs entre élèves à titre indicatif. Toutes ces propositions ont été effectivement faites par des élèves d'une même classe, mais sous une forme moins organisée et moins progressive.
- L'enseignant n'a pas à influencer la discussion, sauf pour défendre des groupes dont les idées sont jugées absurdes par le reste de la classe (« on pourra quand même essayer », « peut-être que c'est une bonne idée », « toutes les idées valent la peine d'être envisagées ») ou pour relancer les échanges s'ils s'essoufflent (« le groupe ... avait fait une proposition que je n'ai pas encore entendue », etc.).

Temps de réflexion avec documents à l'appui et préparation de la séance 2 (20 minutes)

L'enseignant annonce qu'il va fournir deux documents pour aider les élèves à poursuivre leur réflexion. D'ici la fin de la séance, chaque groupe devra avoir établi, à l'écrit, un plan d'action pour la prochaine séance, qui sera expérimentale. L'enseignant distribue la Fiche 2 et les élèves prennent connaissance des documents.

Note pédagogique :

- Les groupes arrivent à tirer plus ou moins d'informations des documents : beaucoup de groupes constatent que les noix sont plus riches en lipides que les nouilles, ou que la valeur énergétique des noix est supérieure à celle des nouilles. Mais ils sont susceptibles d'en tirer des conclusions différentes : les noix, huileuses, doivent bien brûler et on peut peut-être s'en servir comme combustible ou/ autant manger les noix puisqu'elles sont très énergétiques.
- Rares sont les groupes qui exploitent spontanément les valeurs numériques des documents et se lancent dans des quantifications. L'un des rôles de l'enseignant est de poser des questions ouvertes qui encouragent la quantification, mais les élèves doivent pouvoir progresser à leur rythme et mener leur propre réflexion. Ce n'est pas grave du tout si la quantification n'a pas lieu à ce stade.

Note scientifique :

- La définition de la calorie donnée dans le document 2 de la Fiche 2 est imprécise. En effet, il ne faut pas tout à fait la même quantité d'énergie pour élever la température de 1 g d'eau – dégazée – de 4,5 à 5,5°C (cette quantité est la calorie à 4°C notée cal_4), de 14,5 à 15,5°C (cal_{15}) ou encore de 19,5 à 20,5°C (cal_{20}). La calorie moyenne, elle, est définie comme un centième de la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de 1 gramme d'eau dégazée entre 0°C et 100 °C à pression atmosphérique normale :

cal_4	cal_{15}	cal_{20}	cal_{moy}
$\approx 4,204 \text{ J}$	$4,1855 \pm 0,0005 \text{ J}$	$\approx 4,182 \text{ J}$	$\approx 4,190 \text{ J}$

Conclusion (5 minutes)

L'enseignant conclut la séance en aidant les élèves à se projeter dans la future séance expérimentale. Il leur donne notamment des recommandations liées à la sécurité : vous avez le projet de faire brûler des nouilles ou des noix. Donc pour la prochaine séance, habillez-vous avec des vêtements en coton et ayez de quoi attacher vos cheveux s'ils sont longs.

Fiche 1. Opération survie : un défi à résoudre (1/2)

Vous participez à un stage de préparation à la survie, et votre instructeur vous propose le défi suivant :

« Au cours d'une expédition hivernale dans la toundra, vous vous retrouvez seul, bloqué plusieurs jours par le mauvais temps. La nuit tombe et vous vous préparez pour votre dernier bivouac, avec un sentiment mêlé d'espoir et d'abattement. Vous avez en effet réussi à joindre les secours, qui arriveront probablement demain matin à la faveur d'une amélioration de la météo. Mais pour augmenter vos chances de passer la nuit – sans gelures et surtout sans mourir de froid –, vous devez vous alimenter. Or, vos provisions sont pratiquement épuisées et vous n'avez plus de carburant pour faire fonctionner votre réchaud :

- concernant vos provisions : les seules denrées comestibles qui vous restent sont 50 g de noix, 250 g de nouilles de blé à cuisson rapide et 1,5 L d'eau liquide.
- concernant le carburant : votre briquet s'allume encore, mais il est presque vide. Il n'y a pas de possibilité de trouver du bois ou de la tourbe pour préparer un feu. Vous avez déjà fait brûler ces derniers jours tout le matériel combustible qui ne vous était pas indispensable : vos emballages alimentaires, votre livre de poche, et même votre paire de chaussettes en laine de rechange ! »

Défi :

Déterminez comment, dans cette situation, vous pourriez tirer le meilleur parti de vos maigres ressources pour vous alimenter.

Consigne :

Par groupes de 3 à 5 élèves, vous devez résoudre ce défi en 3 séances de 55 minutes :

- Séance 1 : réflexion, étude de documents, établissement d'un plan d'action pour la séance 2.
- Séance 2 : expérimentation et prise de note sur les conditions expérimentales et les résultats.
- Séance 3 : préparation d'une affiche pour présenter votre démarche (raisonnement et expériences), les résultats obtenus et vos conclusions, mise en commun, conclusion.



Vous participez à un stage de préparation à la survie, et votre instructeur vous propose le défi suivant :

« Au cours d'une expédition hivernale dans la toundra, vous vous retrouvez seul, bloqué plusieurs jours par le mauvais temps. La nuit tombe et vous vous préparez pour votre dernier bivouac, avec un sentiment mêlé d'espoir et d'abattement. Vous avez en effet réussi à joindre les secours, qui arriveront probablement demain matin à la faveur d'une amélioration de la météo. Mais pour augmenter vos chances de passer la nuit – sans gelures et surtout sans mourir de froid –, vous devez vous alimenter. Or, vos provisions sont pratiquement épuisées et vous n'avez plus de carburant pour faire fonctionner votre réchaud :

- concernant vos provisions : les seules denrées comestibles qui vous restent sont 50 g de noix, 250 g de nouilles de blé à cuisson rapide et 1,5 L d'eau liquide.
- concernant le carburant : votre briquet s'allume encore, mais il est presque vide. Il n'y a pas de possibilité de trouver du bois ou de la tourbe pour préparer un feu. Vous avez déjà fait brûler ces derniers jours tout le matériel combustible qui ne vous était pas indispensable : vos emballages alimentaires, votre livre de poche, et même votre paire de chaussettes en laine de rechange ! »

Défi :

Déterminez comment, dans cette situation, vous pourriez tirer le meilleur parti de vos maigres ressources pour vous alimenter.

Consigne :

Par groupes de 3 à 5 élèves, vous devez résoudre ce défi en 3 séances de 55 minutes :

- Séance 1 : réflexion, étude de documents, établissement d'un plan d'action pour la séance 2.
- Séance 2 : expérimentation et prise de note sur les conditions expérimentales et les résultats.
- Séance 3 : préparation d'une affiche pour présenter votre démarche (raisonnement et expériences), les résultats obtenus et vos conclusions, mise en commun, conclusion.

Fiche 2. Opération survie : un défi à résoudre (2/2)

Consigne :

Utilisez les 2 documents ci-dessous pour aller plus loin dans votre réflexion sur le défi et établir un plan d'action pour la séance expérimentale.

Doc. 1 – Valeur énergétique et modalités de préparation des noix et des nouilles de blé aux œufs

Les noix et les nouilles de blé sont des aliments dont la consommation apporte beaucoup d'énergie à l'organisme. Contrairement aux noix, les nouilles ne peuvent pas être consommées telles quelles : elles nécessitent une préparation. Vous avez veillé à emporter des nouilles à cuisson rapide, qu'il suffit de réhydrater quelques minutes dans de l'eau chaude : 4 minutes dans une eau à 95°C, selon les recommandations du fabricant, ou environ 10 minutes dans une eau à 80°C.

Lors de la digestion, des molécules complexes présentes dans les noix et les nouilles (protéines, glucides, lipides) sont transformées en molécules plus petites appelées nutriments. Les nutriments sont acheminés jusqu'aux cellules, qui en tirent de l'énergie en les dégradant très progressivement en dioxyde de carbone et en eau. Cette transformation des nutriments a le même bilan chimique et le même bilan énergétique (appelé valeur énergétique dans les tableaux ci-dessous) que leur combustion complète dans le dioxygène, même si le processus en jeu n'est pas une combustion.

	Pour 100 g de cerneaux de noix
Valeur énergétique	698 kcal soit 2918 kJ
Protéines	14,7 g
Glucides (dont fibres)	12,8 g (2 g)
Lipides	63,8 g
Eau	8,5 g

Extrait du tableau d'information nutritionnelle imprimé sur un sachet de noix.

1 kcal = 1000 cal (voir doc. 2)

	Pour 100 g de nouilles de blé aux œufs
Valeur énergétique	362 kcal soit 1534 kJ
Protéines	12,5 g
Glucides	70,0 g
Lipides	3,0 g
Eau	8,5 g

Extrait du tableau d'information nutritionnelle imprimé sur un paquet de nouilles de blé aux œufs à cuisson rapide.

1 kcal = 1000 cal (voir doc. 2)

Doc. 2 – Joule et calorie, des unités de mesure d'énergie

La calorie est une unité de mesure d'énergie, fréquemment utilisée dans le domaine des sciences de la nutrition. On définira ici la calorie comme la quantité d'énergie nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 g (soit 1 mL) d'eau liquide. La calorie ne fait pas partie du système international (SI) d'unités : l'unité d'énergie du SI est le Joule (J), et la correspondance entre calorie et Joule est la suivante : 1 cal ≈ 4,18 J (ou 1 J ≈ 0,24 cal).

Séance 2. Opération survie : phase expérimentale

Discipline dominante	SVT et/ou SPC
Résumé	En groupes réduits, les élèves testent l'efficacité de la stratégie qu'ils ont mise au point en séance 1, grâce à une approche expérimentale. Ils réorientent leur stratégie si nécessaire, et cherchent à l'évaluer de façon quantitative.
Planning	<ul style="list-style-type: none"> • Rappel de la situation : 5 minutes • Expérimentation et prise de note sur les conditions expérimentales et les résultats : 40 minutes • Rangement : 10 minutes
Matériel	<p>Pour la classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le même matériel que celui présenté à la séance précédente comme étant disponible dans la situation de survie, rassemblé pour mémoire sur un chariot • Un point d'eau • Une ou plusieurs balances précises à 0,1 g voire 0,01 g • Des éprouvettes graduées de différents formats, entre lesquelles les élèves pourront choisir • Des éléments de popote de randonnée en aluminium (fond, couvercle, assiette, poignée), entre lesquels les élèves pourront choisir • Des cerneaux de noix (100 g) • Des nouilles de blé à cuisson rapide (250 g) • Des gants anti-chaleur • Du papier aluminium <p>Pour chaque groupe d'élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Du matériel présenté comme étant disponible pour expérimenter (mais non disponible dans la situation de survie) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Un thermomètre sonde à affichage numérique ○ Une balance précise à 1 g (optionnel, selon le nombre de balances plus précises disponibles pour la classe) ○ Un trépied, sans grille métallique ○ Une pince en bois (s'il n'y a pas suffisamment de poignées de popotes) ○ Un bouchon de liège et une aiguille de couture fine (pouvant servir de support pour la combustion des noix) ○ Une plaque de carrelage (pour protéger les paillasses lors des combustions) <p>Pour chaque élève :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Une blouse de chimie ou une chemise en coton ○ Un élastique pour attacher les cheveux ○ Une paire de lunettes de protection

Situation déclenchante (5 minutes)

L'enseignant demande aux élèves de reprendre leurs notes de la séance précédente. Ils vont maintenant pouvoir expérimenter, pour tester les stratégies auxquelles ils ont pensé et choisir celle qui s'avère la meilleure. Il leur rappelle que le chariot montre le seul matériel disponible dans la situation de survie, et précise que pour expérimenter, les élèves ont accès à davantage de matériel : il présente le matériel collectif (éprouvettes, éléments de popote, balances, etc.) et le matériel dont dispose chaque groupe. En particulier, il explique que les aiguilles et les bouchons de liège peuvent servir de support pour les échantillons à faire brûler.



Utilisation d'un demi-bouchon de liège et d'une aiguille (non disponibles dans la situation de survie) comme support pour les noix à faire brûler.

Il leur demande de respecter les consignes de sécurité :

- porter les équipements de protection individuelle ;
- se déplacer dans le calme ;
- réaliser les expériences sur des supports bien stables – et non pas directement sur les pailles – et sous contrôle permanent ;
- faire des essais sur de petites quantités, au moins dans un premier temps.

Et bien sûr, chaque groupe doit garder trace de ce qu'il fait.

L'enseignant ouvre les fenêtres et la porte de la salle pour ventiler, et signale le début de l'activité.

Activité : expérimentation (50 minutes)

L'enseignant laisse les groupes libres de tâtonner, de faire des essais. En effet, dans un premier temps, les élèves ont besoin de répondre à certaines de leurs interrogations de façon qualitative : peut-on mettre le feu à des nouilles ? Et à des noix ? Leur combustion se maintient-elle bien ? Ils ont aussi besoin de concevoir leur montage expérimental : comment peut-on s'arranger pour maintenir un récipient contenant de l'eau au-dessus des pâtes ou des noix en combustion ? Des questions quantitatives se posent enfin : quelle quantité d'eau faut-il pour immerger toutes les pâtes ? Quelle élévation de température peut-on obtenir pour cette quantité d'eau, en faisant brûler juste une noix ? Ou juste une petite quantité de pâte ?

L'enseignant passe de groupe en groupe, vérifie la stabilité des montages, encourage les essais, incite les élèves à tirer des conclusions de ces essais. Il recommande aux élèves de garder mémoire de ce qu'ils font, car cela va les aider à avancer, et cela leur sera utile pour préparer leur poster. Si besoin, il pose des questions pour encourager la quantification : combien d'eau avez-vous mis ? Quelle était la température de départ de l'eau ? Vous connaissez la masse de cette noix ?

Quinze minutes avant la fin de la séance, il annonce que les élèves ont 5 minutes pour faire leurs derniers essais, puis qu'il faudra ranger. Les dix dernières minutes permettent de ranger et de nettoyer les pailles.

Conclusion

L'enseignant félicite les élèves pour tous ces essais, et rappelle que la séance suivante sera consacrée à la mise au propre des résultats, pour partage à l'échelle de la classe.

Séance 3. Opération survie : phase de communication des résultats

Discipline dominante	SVT et/ou SPC
Résumé	Chaque groupe fait la synthèse de sa démarche et de ses résultats, sous la forme d'un poster. Une mise en commun permet de comparer les stratégies et d'insister sur la nécessité d'une approche quantitative.
Planning	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation d'affiches synthétisant la démarche et les résultats de chaque groupe : 20 minutes • Mise en commun : 20 minutes (par exemple, deux groupes identifiés par l'enseignant comme représentatifs présentent leur démarche en 5 minutes chacun et 10 minutes sont prévues pour les échanges entre les groupes qui présentent et la classe). • Discussion et préparation de la séance 4 : 10 min • Rangement : 5 min
Matériel	<p>Pour la classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des aimants pour afficher les posters <p>Pour chaque groupe d'élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une feuille de format A2 (ou deux feuilles A3 assemblées) • Des marqueurs de différentes couleurs
Durée	55 minutes

Situation déclenchante

L'enseignant annonce le déroulé de la séance : les groupes ont 20 minutes pour préparer leurs posters, puis il y aura une mise en commun. Certains groupes seront sollicités pour présenter leur poster en 5 minutes, et la classe pourra poser des questions.

Activité : préparation des posters (20 minutes)

L'enseignant donne quelques consignes pour la conception des posters : ils devront pouvoir être vus de loin (donc, écrire peu et gros, faire des schémas et/ou des tableaux de résultats, et une courte conclusion).

Pendant que les élèves travaillent, l'enseignant passe de groupe en groupe, encourage la quantification, et fait des choix pédagogiques pour la mise en commun. Il peut par exemple décider de désigner deux groupes – choisis pour avoir eu des démarches différentes – qui présenteront leur poster et répondront aux questions du reste de la classe. Ou alors, si de nombreux groupes ont eu une démarche quantitative, il peut organiser une galerie d'affiches dont les élèves prennent connaissance, avec pour mission de comparer l'efficacité des différents groupes : « Quel groupe prétend pouvoir tirer le plus d'énergie des aliments disponibles (noix et pâtes), et quelle a été sa stratégie ? ».

Mise en commun (20 minutes)

L'enseignant anime la mise en commun selon les modalités qu'il a décidées précédemment. Il laisse au maximum les élèves interagir entre eux, et participe quand il le juge absolument nécessaire, de préférence par des questions ouvertes.

Conclusion (10 minutes)

L'enseignant demande aux élèves s'ils sortent de ces 3 séances avec des réponses claires au défi, ou s'ils ont encore des investigations à mener. Les élèves concluent probablement que :

- les noix sont un meilleur carburant que les nouilles (ces dernières ayant tendance à charbonner et à s'éteindre).
- quelques noix peuvent suffire à faire chauffer suffisamment d'eau pour immerger les nouilles et les faire cuire. Il est donc possible de manger toutes les nouilles (250 g) et quasiment toutes les noix (50 g moins celles utilisées pour faire cuire les nouilles).
- ils ne savent pas si cette stratégie est vraiment la meilleure, mais en tout cas, elle semble bonne.
- ils ne savent pas exactement combien de noix ils doivent utiliser au minimum.

L'enseignant annonce que la classe va encore consacrer deux séances à ce défi, pour aller plus loin dans la quantification. Quelques élèves manipuleront à la paillasse du professeur, donc s'habiller de nouveau avec du coton.

Séance 4. Opération survie : phase de quantification

Discipline dominante	SPC ou mathématiques
Résumé	Les élèves sont guidés vers une démarche quantitative plus construite. D'une part, ils anticipent la quantité d'énergie maximale que l'on peut espérer récupérer en faisant brûler 1 g de noix. D'autre part, ils réalisent collectivement une expérience bien contrôlée. Ils comparent les résultats de cette expérience à ceux qu'ils avaient anticipés, ce qui pose de nouvelles questions.
Planning	<ul style="list-style-type: none"> • Re-exploitation quantitative des documents fournis en séance 1 et mise en commun : 30 minutes • Réalisation d'une expérience bien contrôlée : 15 minutes • Discussion sur l'écart constaté : 10 minutes
Matériel	<p>Pour la classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le même matériel que celui présenté à la séance précédente comme étant disponible dans la situation de survie, rassemblé pour mémoire sur un chariot • Un point d'eau • Une balance précise à 0,1 g voire 0,01 g • Une éprouvette graduée de 100 mL • Un jeu d'éléments de popote de randonnée en aluminium (fond, couvercle, assiette, poignée) pouvant contenir 100 mL d'eau • Quelques cerneaux de noix • Deux gants anti-chaueur • Du papier aluminium • Un thermomètre sonde à affichage numérique • Un trépied, sans grille métallique • Un bouchon de liège et une aiguille de couture fine (pouvant servir de support pour la combustion des noix) • Une plaque de carrelage (pour protéger la paillasse lors de la combustion) • Une blouse de chimie • Un élastique pour attacher les cheveux • Une paire de lunettes de protection <p>Pour chaque groupe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un gros feutre <p>Pour chaque élève :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fiche 3 (le haut de la Fiche seulement dans un premier temps, et les coups de pousse, un par un, pour les groupes qui en ont besoin)
Durée	55 minutes

Situation déclenchante

L'enseignant rappelle aux élèves qu'aujourd'hui, on va aller plus loin dans l'approche quantitative.

Activité : anticiper un résultat expérimental (20 minutes)

Dans un premier temps, l'enseignant distribue à chaque élève le haut de la Fiche 3, dont la consigne leur demande :

- de visualiser mentalement une expérience très semblable à celle qu'ils ont réalisée en séance 2, mais avec une masse de noix à faire brûler de 1 g et un volume d'eau à chauffer de 100 mL;
- de réutiliser les documents de la Fiche 2 (distribuée à la séance 1) pour déterminer précisément l'élévation de température de l'eau à laquelle on peut s'attendre, et donc la température que l'eau doit pouvoir atteindre.

Les élèves doivent donc anticiper un résultat expérimental, en s'appuyant sur les données quantitatives des documents. Ils travailleront par groupes, mais ils doivent d'abord essayer de résoudre le problème seuls pendant 10 minutes. Ils auront ensuite 10 minutes de travail de groupe.

La Fiche 3 propose des « coups de pouce » que l'enseignant peut distribuer un par un, seulement pour les groupes en difficulté. Il laisse ainsi la possibilité que des groupes soient aidés sur une partie du raisonnement, mais soient autonomes sur le reste.

Note pédagogique :

- Le fait que le résultat anticipé soit un majorant de la température qui serait effectivement obtenue expérimentalement n'est volontairement pas précisé aux élèves. Cela émergera de la comparaison du résultat anticipé et attendu.

Mise en commun (10 minutes)

Pour la mise en commun, l'enseignant demande à un groupe de partager au tableau sa démarche et ses résultats. Il choisit de préférence un groupe qui a trouvé un résultat erroné, car cela donnera à ce groupe la possibilité de mieux comprendre l'activité. L'enseignant prend le temps que le raisonnement soit écrit complètement en français, comme cela est fait dans les coups de pouce :

D'après le document 1, 100 grammes de cerneaux de noix ont une valeur énergétique de 698 kilocalories, soit 698 000 calories. On peut en déduire que 1 gramme de cerneaux de noix a une valeur énergétique de 6980 calories.

D'après le document 2, avec une quantité d'énergie de 1 calorie, on peut élever la température de 1 gramme d'eau de 1 °C. La même quantité d'énergie peut permettre d'élever la température de 100 g d'eau de 0,01 °C. »

Puisque la combustion complète de 1 gramme de noix dégage une énergie thermique de 6980 calories, et puisque 1 calorie permet d'élever la température de 100 mL d'eau de 0,01°C, alors en faisant brûler 1 g de noix, on doit pouvoir élever de $6980 \times 0,01 = 69,80$ °C la température de 100 mL d'eau, soit pratiquement 70°C.

Si l'eau est à 20°C au départ, sa température pourra alors atteindre 89,8°C (soit quasiment 90°C).

Activité : réaliser collectivement une expérience contrôlée (15 minutes)

L'enseignant propose de voir si on arrive aux résultats anticipés en faisant l'expérience à la paillasse du professeur, collectivement. Il fait participer des élèves à la mise en place de l'expérience : mesure d'un volume de 100 mL d'eau, sélection d'un fragment de cerneau de noix de 1 g exactement, mesure de la température de la pièce et de la température initiale de l'eau, initiation de la combustion de la noix, suivi de la température de l'eau pendant tout le processus (remplissage en direct d'un tableau de mesures indiquant le temps depuis le début de la combustion de la noix et la température de l'eau), représentation graphique des données.

Un exemple de montage :

Le thermomètre numérique est maintenu pointe thermosensible dans 100 mL d'eau, sans contact entre le thermomètre et le fond du récipient.



Le récipient est maintenu juste au-dessus d'un fragment de noix de masse 1g, dont la combustion est lancée à l'aide d'un briquet.



Les résultats obtenus à l'aide de ce montage :

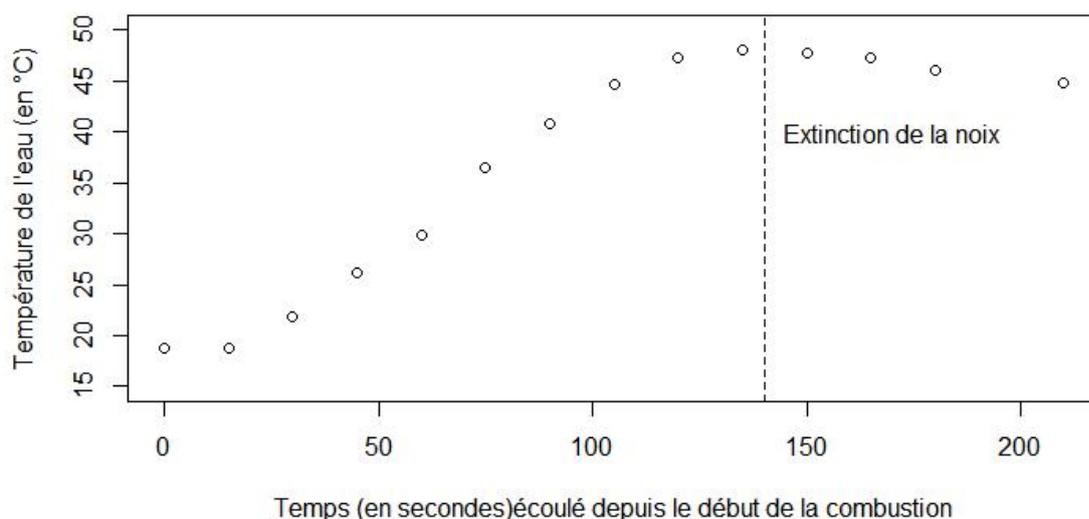
Temps (en secondes) écoulé depuis le lancement de la combustion	Température (en °C) de l'eau
0	18,8
15	18,8
30	21,9
45	26,1
60	29,9
75	36,5
90	40,8

Temps (en secondes) écoulé depuis le lancement de la combustion	Température (en °C) de l'eau
105	44,6
120	47,2
135	48,1
150*	47,8
165	47,2
180	46,0
210**	44,8

* Extinction de la noix à 140 secondes

** Masse de noix résiduelle : 0,11 g

Une représentation graphique de ces résultats :



Effet de la combustion de 1g de noix sur la température de 100 mL d'eau

La classe synthétise les résultats : l'eau avait initialement une température de 18,8°C, et sa température a été au maximum de 48,1°C. La température s'est donc élevée de $(48,1 - 18,8) = 29,3$ °C. Cela correspond à un apport d'énergie thermique à l'eau de $29,3 \times 100 = 2930$ calories seulement, au lieu des 6980 calories que l'on pouvait espérer.

Discussion : comment expliquer l'écart entre résultat anticipé et observé ? (10 minutes)

L'enseignant demande aux élèves où sont, d'après eux, passées les calories « manquantes ». Les élèves peuvent proposer, avec des formulations plus personnelles :

- que la combustion de la noix n'ayant pas été complète (la masse résiduelle de noix est de 0,11 g soit 11% de la masse initiale), une partie de l'énergie qu'on pouvait potentiellement récupérer est encore sous forme chimique.
- qu'on a aussi un peu chauffé l'air et le récipient en aluminium : toute l'énergie dégagée par la combustion ne s'est pas retrouvée stockée sous forme thermique dans l'eau. Ces pertes ont pu se faire directement, ou par refroidissement de l'eau au contact de l'air au cours de l'expérience.
- qu'on a aussi perdu de l'énergie sous forme de lumière (ensuite absorbée par les murs, qui s'en sont trouvés très légèrement chauffés).
- que la noix contient de l'eau qu'il a fallu faire changer d'état, ce qui est très coûteux en énergie.

L'enseignant insiste sur la conservation de l'énergie (aucune énergie n'a été perdue, mais l'énergie a changé de forme), et parle du rendement de l'expérience : ce qui nous intéresse, c'est de chauffer cette eau, et non pas l'air ou les murs de la pièce. On pouvait potentiellement récupérer 6980 calories, on n'en a récupéré que 2930. Cela correspond à un rendement de $2930/6980 \times 100 \approx 42\%$.

Conclusion

La classe conclut la séance sur l'importance d'essayer d'anticiper les résultats expérimentaux quand on peut le faire, et de réaliser des expériences bien contrôlées, en effectuant des mesures. La comparaison entre ce que l'on anticipe comme résultat et ce que l'on observe effectivement est souvent riche d'enseignements : elle consolide notre vision des choses lorsque les deux concordent, et pointe de nouvelles choses à explorer lorsque les deux sont en désaccord.

Fiche 3. Opération survie : une approche quantitative (1/2)

Consigne :

Visualisez l'expérience suivante : vous avez 100 mL d'eau, dont la température est de 20°C. Vous placez cette eau dans un récipient, juste au-dessus d'un morceau de noix de 1 g. Vous mettez le feu à ce morceau de noix.

Réutilisez les documents 1 et 2 de la Fiche 2 (distribuée à la séance 1) pour déterminer précisément, dans cette expérience :

- de combien de degrés Celsius la température de l'eau est susceptible de s'élever ;
- quelle valeur la température de l'eau est donc susceptible d'atteindre.



Coup de pouce n° 1

Le document 1 de la Fiche 2 vous dit que :

« grammes de cerneaux de noix ont une valeur énergétique de calories. »

Vous pouvez en déduire que :

« 1 gramme de cerneaux de noix a une valeur énergétique de calories. »

Essayez maintenant de tirer une information pertinente du document 2, un peu de la même façon.



Coup de pouce n° 2

Le document 2 de la Fiche 2 vous dit que :

« Avec une quantité d'énergie de 1 calorie,
on peut élever la température de gramme d'eau de °C. »

Vous pouvez en déduire que :

« Avec une quantité d'énergie de 1 calorie,
on peut élever la température de 100 g d'eau de °C. »

Essayez maintenant de combiner les informations tirées des documents 1 et 2 pour répondre au problème posé.



Coup de pouce n° 3

Puisque la combustion complète de 1 gramme de noix dégage une énergie thermique de 6980 calories, et puisque 1 calorie permet d'élever la température de 100 mL d'eau de 0,01°C,

alors en faisant brûler 1 g de noix, on doit pouvoir élever de °C la température de 100 mL d'eau.

Si l'eau est à 20°C au départ, sa température pourra alors atteindre °C.

Séance 5. Opération survie : phase de conclusion

Discipline dominante	SPC ou mathématiques
Résumé	Les élèves réinvestissent le travail de la séance 4 pour analyser des résultats expérimentaux. Ils en déduisent l'influence de certains paramètres expérimentaux sur le résultat. Ils sont alors en mesure de conclure le défi.
Planning	<ul style="list-style-type: none"> Analyse de différents résultats expérimentaux : 30 minutes Conclusion : 5 minutes
Matériel	Pour chaque élève : <ul style="list-style-type: none"> Fiche 4 Fiche 5
Durée	55 minutes

Situation déclenchante

L'enseignant annonce aux élèves qu'aujourd'hui, on va comparer finement des variations autour de la stratégie gagnante : faire brûler une partie des noix pour faire cuire les nouilles.

Activité : analyser différents résultats expérimentaux (20 minutes)

L'enseignant explique qu'il a refait des expériences semblables à celles de la dernière séance, en changeant légèrement les conditions. Il a rassemblé les résultats dans le tableau de la Fiche 4, qu'il distribue. Les élèves doivent calculer le rendement dans chaque cas, et proposer des explications sur l'origine des différences constatées.

Une discussion collective peut être envisagée au préalable sur l'écart de température que l'on peut attendre au maximum (pour un rendement théorique de 100%), notamment si les élèves sont jeunes ou si ce type d'approche est nouveau pour eux :

- On a déjà calculé que la combustion de 1 g de noix permet en théorie d'élever la température de 100 mL d'eau de + 69,8°C.
- Donc, la combustion de 1g de noix permet en théorie d'élever la température de 200 mL d'eau (soit 2 fois plus d'eau) de 34,9°C (écart de température réduit de moitié).
- Reste à déterminer l'écart de température maximal théorique pour les différentes masses de noix (tout simplement en multipliant 34,9 par la masse de noix en gramme).

La mise en commun permet de partager les résultats et observations suivants :

Masse de noix (en g)	Température des 200 mL d'eau (en °C)		Écart de température observé (en °C)	Écart de température maximal théorique (en °C)	Rendement (en %)
	initiale	maximale			
0,98	18,3	37,5	19,2	34,2	56
1,83	18,2	51,0	32,8	63,9	51
3,02	17,8	64,4	46,6	105,4 (mais ébullition)	44
3,98	17,8	76,7	58,9	138,9 (mais ébullition)	42

La classe constate que le rendement est d'autant plus faible que la masse de noix utilisée est importante. Autrement dit, l'élévation de température de l'eau mesurée n'est pas proportionnelle à la masse de noix utilisée pour la combustion. L'enseignant peut encourager les élèves à tracer l'écart de température maximal théorique en fonction de la masse de noix (droite passant par l'origine et de pente $34,9 \text{ °C/g}$ de noix) et à positionner les 4 points expérimentaux. Ces points ne sont pas alignés (non linéarité) et sont positionnés en dessous de la droite tracée précédemment. Ils sont même d'autant plus en dessous que la masse de noix est élevée : cela s'explique par davantage de pertes thermiques (directes, et via le refroidissement de l'eau) lorsque la flamme est grande, et lorsque l'eau est à température beaucoup plus élevée que la pièce.

Synthèse des notions abordées durant la séquence (20 minutes)

L'enseignant organise un moment de formalisation des notions que la séquence a permis de mettre en évidence. Il peut demander aux élèves de prendre quelques minutes pour rédiger individuellement ces notions et produire par la suite un écrit collectif. Pour compléter et renforcer leur acquisition, les notions devront faire l'objet d'un réinvestissement et d'un entraînement ultérieur dans des contextes similaires. Cette acquisition nécessitera également des mises en lien explicites lorsque les notions seront abordées dans de nouveaux contextes au cours d'autres séquences d'enseignement. Voici un exemple de trace écrite :

- La valeur énergétique des aliments (donnée par les tableaux d'information nutritionnelle) correspond à l'énergie de combustion complète de ces aliments dans le dioxygène.
- Certains aliments (comme les noix) brûlent mieux que d'autres (comme les nouilles).
- On peut utiliser l'énergie issue de la combustion d'un aliment pour élever la température d'une quantité d'eau. On transforme alors en partie l'énergie de combustion de l'aliment en énergie thermique de l'eau.
- La totalité de l'énergie de combustion n'est pas transférée à l'eau. Une partie est transférée au récipient et à l'air environnant qui voient leur température augmenter, ou est transformée en énergie lumineuse.
- Il est possible de prévoir des dispositifs permettant d'optimiser l'énergie transférée à l'eau : choix du matériau du récipient, forme du récipient, présence de couvercle, etc.
- Il existe différentes unités d'énergie. Le Joule noté J est l'unité d'énergie du système international. La calorie se définit comme la quantité d'énergie nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 g d'eau (1 g d'eau correspond à un volume d'eau de 1 mL).

Note scientifique :

Il n'est en réalité pas tout à fait correct de dire que la valeur énergétique des aliments (donnée par les tableaux d'information nutritionnelle) correspond à l'énergie de combustion complète de ces aliments dans le dioxygène. En réalité, la valeur énergétique des aliments correspond à leur énergie de combustion complète, à laquelle on retranche un certain nombre de pertes qui ont lieu dans l'organisme: pertes fécales, gazeuses, urinaires, etc.

Fiche 4. Opération survie : une approche quantitative (2/2)

Consigne :

Calculez le rendement des expériences décrites dans le document 3, puis **proposez** des explications aux différences de rendement constatées. **Préparez-vous** à en discuter avec le reste de la classe.

Doc. 3 – Quelques résultats expérimentaux

Voici des résultats expérimentaux obtenus effectivement en faisant brûler des fragments de cerneaux de noix sous un récipient contenant 200 mL d'eau, dans l'objectif d'élever la température de cette eau. Le montage utilisé était toujours le même.

Masse du fragment de cerneau de noix (en g)	Température initiale des 200 mL d'eau (en °C)	Température maximale atteinte par les 200 mL d'eau (en °C)
0,98	18,3	37,5
1,83	18,2	51,0
3,02	17,8	64,4
3,98	17,8	76,7



Consigne :

Calculez le rendement des expériences décrites dans le document 3, puis **proposez** des explications aux différences de rendement constatées. **Préparez-vous** à en discuter avec le reste de la classe.

Doc. 3 – Quelques résultats expérimentaux

Voici des résultats expérimentaux obtenus effectivement en faisant brûler des fragments de cerneaux de noix sous un récipient contenant 200 mL d'eau, dans l'objectif d'élever la température de cette eau. Le montage utilisé était toujours le même.

Masse du fragment de cerneau de noix (en g)	Température initiale des 200 mL d'eau (en °C)	Température maximale atteinte par les 200 mL d'eau (en °C)
0,98	18,3	37,5
1,83	18,2	51,0
3,02	17,8	64,4
3,98	17,8	76,7

Auteurs

Claire CALMET

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75 006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

