



SCÉNARIO NEGAWATT ET SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

Comprendre l'énergie à travers l'histoire

thématique : énergie et efficacité énergétique



Cofinancé par
l'Union européenne



Introduction

L'histoire de nos consommations énergétiques révèle une accélération depuis la révolution industrielle. Si un Européen consommait environ 15-25 GJ d'énergie par an au début du 19^e siècle, cette consommation a été multipliée par 6 à 10 selon les pays pour atteindre 100-200 GJ en 2020 (Eurostat, 2023). Cette augmentation s'explique par la mécanisation des tâches, l'électrification généralisée, le développement des transports motorisés et l'essor des équipements domestiques.

Le scénario Négawatt, élaboré par l'Association Négawatt depuis 2003, propose une approche méthodique pour concilier bien-être et réduction drastique de la consommation énergétique. Il s'articule autour de trois piliers complémentaires : la sobriété énergétique (réduire les besoins), l'efficacité énergétique (optimiser les usages) et les énergies renouvelables (décarboner l'approvisionnement). Le volet sobriété, au cœur de ce protocole, ne signifie pas privation mais questionnement de nos besoins réels et optimisation de nos usages.

Cette démarche revêt une importance cruciale face aux défis climatiques contemporains. Le GIEC (2022) souligne que les changements de comportement côté demande peuvent réduire les émissions de 5 à 20% d'ici 2030. En Europe, le plan REPowerEU (2022) et les scénarios de transition nationaux démontrent qu'une réduction significative de la consommation énergétique d'ici 2050 est possible tout en maintenant la qualité de vie, notamment par la réduction des inégalités d'accès aux services énergétiques entre pays et régions européennes.

L'objectif de ce protocole est d'amener les élèves à comprendre que la sobriété énergétique n'implique pas un retour à l'âge de pierre, mais une réflexion sur l'usage intelligent de l'énergie. En explorant les évolutions historiques de nos consommations et en analysant concrètement les leviers de sobriété dans deux domaines clés (transport et habitat), les élèves développeront une vision nuancée des possibilités d'action individuelle et collective pour construire un avenir énergétiquement sobre et socialement désirable, en phase avec les objectifs européens de neutralité carbone.

Disciplines



physique
histoire-géographie
mathématiques
technologie
éducation civique

Objectifs de développement durable

7 ÉNERGIE PROPRE
ET D'UN COÛT
ABORDABLE



11 VILLES ET
COMMUNAUTÉS
DURABLES



12 CONSOMMATION
ET PRODUCTION
RESPONSABLES



13 MESURES RELATIVES
À LA LUTTE CONTRE
LES CHANGEMENTS
CLIMATIQUES





L'activité en bref

Structure du protocole

Cette activité vise à démontrer que des modes de vie plus sobres énergétiquement sont non seulement possibles mais également porteurs d'innovations et d'améliorations de la qualité de vie. L'approche pédagogique s'appuie sur l'observation de notre environnement quotidien, l'analyse historique comparative et la réflexion prospective.

L'activité s'articule autour de quatre phases progressives:

1. **Phase 1 : Inventaire énergétique de notre environnement** - Les élèves identifient les usages énergétiques dans leur environnement immédiat (salle de classe, école, domicile) et reconstituent l'évolution historique de ces usages pour comprendre comment nos besoins se sont transformés.
2. **Phase 2 : Comparaison des consommations d'hier et d'aujourd'hui** - À travers l'analyse de données chiffrées et d'exemples concrets, les élèves mesurent l'évolution des consommations énergétiques pour des besoins identiques et identifient les facteurs d'augmentation.
3. **Phase 3 : Exploration des leviers de sobriété** - Les élèves explorent les possibilités de réduction des consommations dans les domaines du transport et de l'habitat, en distinguant les solutions techniques des changements comportementaux.
4. **Phase 4 : Réflexion sur les usages essentiels et les innovations positives** - Les élèves évaluent personnellement leurs propres usages énergétiques et identifient les innovations énergétiques qui leur semblent les plus remarquables et bénéfiques.

Cette progression permet aux élèves de développer une compréhension nuancée de la sobriété énergétique, en partant de l'observation concrète pour aboutir à une réflexion personnelle sur leurs propres modes de vie et les perspectives d'évolution souhaitable de notre société.

Pour bien démarrer

Durée : minimum 2 séances (adaptable sur 3-4 séances pour approfondir)

Niveau de difficulté : *Intermédiaire - Adaptable du cycle 3 (CM1-CM2-6ème) au lycée en ajustant la complexité des analyses et la profondeur des réflexions*



Matériel nécessaire :

- Phase 1 : Feuilles d'observation, appareils photos/smartphones pour documenter les usages énergétiques, accès à différents espaces de l'établissement
- Phase 2 : Tableaux de données sur les consommations énergétiques imprimés, calculatrices, graphiques et infographies historiques
- Phase 3 : Fiches d'activités sur transport et habitat, tableaux de données sur le mix énergétique, calculatrices ou tableurs simples, matériel pour créer des affiches (feutres, papier affiche), accès à des ressources documentaires
- Phase 4 : Fiches de réflexion individuelle, matériel pour présentation créative des innovations

Glossaire

Mots-clés et concepts	Définitions
Sobriété énergétique	Démarche qui consiste à réduire les consommations d'énergie par des changements de comportement, d'usage et d'organisation (individuelle et collective) tout en satisfaisant les besoins essentiels.
Efficacité énergétique	Amélioration du rendement énergétique des équipements et systèmes pour obtenir le même service avec moins d'énergie.
Scénario NégaWatt	Proposition de transition énergétique développée par l'Association NégaWatt, basée sur la trilogie sobriété-efficacité-renouvelables.
Besoin énergétique	Service que l'on souhaite obtenir (chauffage, déplacement, éclairage) distinct de la consommation d'énergie nécessaire pour l'obtenir.
Usage énergétique	Utilisation concrète de l'énergie pour un besoin spécifique (chauffer une pièce, alimenter un appareil, propulser un véhicule).
Consommation énergétique finale	Quantité d'énergie effectivement consommée par l'utilisateur final, après transformation et transport.
Intensité énergétique	Rapport entre la consommation d'énergie et l'activité économique, sociale ou le service rendu.
Résilience énergétique	Capacité d'un système à maintenir ses fonctions essentielles malgré les perturbations de l'approvisionnement énergétique.
Précarité énergétique	Situation où un ménage éprouve des difficultés à satisfaire ses besoins énergétiques élémentaires en raison de ressources insuffisantes ou d'un logement énergivore.
Mix énergétique	Répartition des différentes sources d'énergie dans la production d'électricité d'un territoire (nucléaire, renouvelables, fossiles).
Facteur de charge	Rapport entre la production réelle d'une installation et sa production théorique maximale (exprimé en %).
Optimisation sous contraintes	Méthode mathématique pour trouver la meilleure solution en respectant plusieurs limites simultanément.
Sources pilotables	Sources d'énergie dont la production peut être ajustée à la demande (nucléaire, gaz, hydraulique).
Sources intermittentes	Sources d'énergie dont la production dépend de conditions naturelles variables (éolien, solaire).



Protocole

Phase 1 - Inventaire énergétique de notre environnement



Contexte et description du problème à résoudre à cette étape : Notre quotidien est imprégné d'usages énergétiques souvent invisibles tant ils nous semblent naturels. Cette première phase invite les élèves à poser un regard analytique sur leur environnement immédiat pour prendre conscience de l'omniprésence de l'énergie dans nos activités. En partant de l'observation concrète des espaces qu'ils fréquentent quotidiennement, les élèves développent leur capacité à identifier et questionner les usages énergétiques, première étape indispensable pour comprendre les enjeux de sobriété.

Objectifs d'apprentissage : Identifier les usages énergétiques dans l'environnement quotidien. Reconstituer l'évolution historique des besoins et usages énergétiques. Développer un regard critique sur la "normalité" de nos consommations actuelles.

Conceptualisation



Question de recherche : Quels sont les différents usages énergétiques observables dans notre quotidien et comment les classer ?

- **Hypothèse :** Les usages énergétiques dans notre environnement sont plus nombreux que ce que l'on perçoit immédiatement, avec certains très visibles (éclairage, chauffage) et d'autres plus discrets (veille des appareils, ventilation).
- **Concepts clés :**
 - Usage énergétique : Utilisation spécifique de l'énergie pour répondre à un besoin (définition dans le contexte d'observation directe)
 - Fonction énergétique : Catégorie générale d'usage (permet la classification et l'analyse)
 - Besoin énergétique : Service final recherché (aide à distinguer l'essentiel du superflu)



Question de recherche : Quelles solutions techniques et organisationnelles ont-été utilisées dans l'histoire pour répondre aux besoins fondamentaux ?

- **Hypothèse :** Les sociétés pré-industrielles utilisaient des solutions moins énergivores mais plus contraignantes en temps et en effort humain.
- **Concepts clés :**
 - Substitution énergétique : Remplacement d'une forme d'énergie par une autre (permet de comprendre les transitions)
 - Efficacité énergétique : Rapport entre service rendu et énergie consommée (mesure les progrès techniques)
 - Sobriété structurelle : Organisation sociale minimisant les besoins énergétiques (éclaire les choix historiques)



Question de recherche : Quels facteurs techniques, économiques et sociaux ont conduit à l'augmentation et à la diversification de nos usages énergétiques ?

- **Hypothèse :** L'accès à une énergie abondante et peu chère a transformé nos modes de vie en créant de nouveaux besoins considérés aujourd'hui comme normaux.
- **Concepts clés :**
 - Effet rebond : Augmentation de la consommation suite à un gain d'efficacité (explique la croissance continue)

- Dépendance énergétique : Intégration de l'énergie dans tous les aspects de la vie (analyse les transformations sociétales)
- Normalité énergétique : Niveau de consommation considéré comme normal (questionne nos standards actuels)

Investigation par les élèves

1. Exploration de notre environnement énergétique



Objectif : Développer un regard analytique sur les usages énergétiques de notre environnement quotidien.

Les élèves, organisés par groupes, explorent différents espaces de l'établissement (salle de classe, couloirs, cantine, cour, bureaux administratifs) avec pour mission d'identifier tous les usages de l'énergie qu'ils peuvent observer. Ils utilisent une grille d'observation simple :

Lieu exploré :		Groupe :	
-----------------------	--	-----------------	--

Usage énergétique observé	Type d'énergie	Fonction/besoin satisfait	Fréquence d'usage
Éclairage LED au plafond	Électrique	Voir, travailler	Permanent en journée
Radiateur électrique	Électrique	Chauffer l'espace	Selon saison
Ordinateur portable	Électrique	Informé, communiquer	Plusieurs heures/jour
...

Chaque groupe explore un espace différent puis se retrouvent pour mettre en commun leurs observations. L'enseignant aide à catégoriser les usages identifiés selon quatre grandes fonctions :

- **Confort thermique** : chauffage, climatisation, ventilation
- **Éclairage et vision** : luminaires, écrans, projecteurs
- **Information et communication** : ordinateurs, téléphones, sonorisation
- **Déplacement et transport** : ascenseurs, véhicules, portails automatiques

Cette première exploration permet aux élèves de prendre conscience de la densité énergétique de leur environnement quotidien.

2. Voyage dans le temps : retrouver les "ancêtres"



Objectif : Comprendre l'évolution historique des moyens de satisfaire nos besoins fondamentaux.

Pour chaque usage énergétique identifié, les élèves cherchent collectivement comment le même besoin était satisfait avant l'avènement des technologies actuelles. Cette recherche peut s'appuyer sur leurs connaissances, des documents fournis par l'enseignant, ou de courtes recherches guidées.

Exemples de correspondances historiques :

Usage actuel	"Ancêtre" historique	Évolution observée
Éclairage électrique	Chandelles, lampes à huile, gaz	Intensité lumineuse $\times 1000$, disponibilité 24h/24
Chauffage central	Cheminée, poêle à bois	Confort uniforme, pilotage automatique
Ordinateur	Bibliothèque, courrier, calcul manuel	Vitesse de traitement $\times 10^6$, stockage quasi-infini
Ascenseur	Escaliers, rampes	Accessibilité, gain de temps
Réfrigérateur	Cave, garde-manger, salaison	Conservation longue durée, sécurité alimentaire

Cette mise en perspective historique aide les élèves à comprendre que nos besoins fondamentaux (se chauffer, s'éclairer, communiquer, se déplacer) restent constants, mais que les moyens pour les satisfaire ont été transformés par l'accès à l'énergie abondante et bon marché.

3. Réflexion sur les transformations

Les élèves réfléchissent collectivement aux questions suivantes :

- **Quels sont les gains apportés par ces évolutions ?** (confort, sécurité, rapidité, accessibilité)
- **Quels sont les nouveaux besoins créés ?** (dépendance au réseau, obsolescence, complexité)
- **Tous ces usages sont-ils indispensables ?** (différenciation essentiel/confort/luxe)

Cette réflexion prépare la phase suivante en questionnant la "normalité" de nos consommations actuelles.

Restitution et réflexion

L'inventaire énergétique a permis aux élèves de découvrir l'omniprésence de l'énergie dans leur environnement quotidien, souvent de manière invisible. Ils ont compris que nos besoins fondamentaux (se chauffer, s'éclairer, communiquer, se déplacer) restent constants dans l'histoire, mais que les moyens de les satisfaire ont été révolutionnés par l'accès à l'énergie abondante. Cette transformation a créé de nouveaux comforts mais aussi de nouvelles dépendances énergétiques. L'exploration directe des espaces familiers favorise l'engagement des élèves dans l'observation. La démarche comparative avec les solutions historiques aide à relativiser nos pratiques actuelles. Le travail de classification par fonctions structure la réflexion et facilite l'analyse critique des usages énergétiques.

Pour approfondir la réflexion et développer une compréhension plus nuancée des enjeux énergétiques, voici quelques questions clés à explorer collectivement :

- **Comment distinguer l'essentiel du superflu dans nos usages énergétiques ?** Analyse des fonctions vitales versus comforts supplémentaires. Réflexion sur les seuils de satisfaction des besoins. Questionnement sur les nouveaux "besoins" créés par la technologie.
- **Quels sont les gains et les pertes de nos transformations énergétiques ?** Comparaison des avantages (confort, sécurité, rapidité) et des inconvénients (dépendance, complexité, vulnérabilité) par rapport aux solutions historiques. Analyse des effets sur l'autonomie individuelle et collective.
- **Comment l'évolution de nos usages énergétiques transforme-t-elle notre rapport au temps et à l'espace ?** Impact de l'énergie sur l'organisation sociale et les rythmes de vie. Modifications des relations entre les générations et les savoirs traditionnels.
- **Quelles alternatives énergétiques pourrions-nous envisager pour l'avenir ?** Réflexion prospective sur l'évolution possible de nos usages. Imagination de scénarios de sobriété ou d'efficacité énergétique. Préparation à la quantification des consommations pour éclairer les choix futurs.

Phase 2 - Comparaison des consommations d'hier et d'aujourd'hui



Contexte et description du problème à résoudre à cette étape : Après avoir identifié l'évolution qualitative de nos usages énergétiques, cette phase quantifie ces évolutions pour mesurer concrètement l'ampleur des transformations. En manipulant des données chiffrées sur les consommations énergétiques, les élèves développent leur compréhension des ordres de grandeur et prennent conscience de l'accélération récente de nos besoins énergétiques.

Objectifs d'apprentissage: Quantifier l'évolution des consommations énergétiques. Comprendre les facteurs explicatifs de cette évolution. Développer sa capacité d'analyse critique des données énergétiques.

Conceptualisation



Question de recherche : Comment l'évolution technologique a-t-elle modifié l'efficacité énergétique des services essentiels au cours du temps ?

- **Hypothèse :** L'évolution technologique a créé des trajectoires divergentes : certains services sont devenus plus efficaces énergétiquement, tandis que d'autres ont vu leur consommation exploser malgré les gains d'efficacité, en raison de l'augmentation des volumes d'usage et de la création de nouveaux besoins.
- **Concepts clés :**
 - Efficacité énergétique historique : Évolution du rapport entre service rendu et énergie consommée sur le long terme (permet de mesurer les progrès techniques réels)
 - Intensité énergétique d'un service : Quantité d'énergie nécessaire pour obtenir une unité de service (éclairage, transport, chauffage) à une époque donnée
 - Substitution technologique : Remplacement d'une technologie par une autre pour le même service (révèle les choix techniques et leurs conséquences)



Question de recherche : Pourquoi certains services ont-ils vu leur consommation énergétique diminuer tandis que d'autres ont explosé ?

- **Hypothèse :** Les services qui existaient déjà avant l'ère industrielle (éclairage, chauffage, transport) ont bénéficié d'optimisations techniques, tandis que les services nouveaux (réfrigération, électronique) ont créé des postes de consommation inédits qui se sont généralisés.
- **Concepts clés :**
 - Services préexistants vs émergents : Distinction entre besoins historiques et besoins créés par la modernité (explique les trajectoires différenciées)
 - Effet de démocratisation : Généralisation d'un service initialement élitaire (multiplie l'impact énergétique global)
 - Création de besoins : Apparition de nouveaux services considérés comme indispensables (révèle l'évolution des standards de vie)



Question de recherche : Quelle est la relation entre progrès technique, confort de vie et consommation énergétique totale ?

- **Hypothèse :** Le progrès technique permet des gains d'efficacité locaux, mais l'augmentation du confort et la multiplication des usages génèrent une croissance globale de la consommation énergétique, créant un paradoxe entre optimisation et sobriété.
- **Concepts clés :**

- Paradoxe de l'efficacité : Situation où les gains d'efficacité sont compensés par l'augmentation des usages (questionne le rôle de la technologie dans la sobriété)
- Standards de confort : Niveau de service énergétique considéré comme normal à une époque donnée (révèle l'évolution des attentes sociales)
- Effet rebond historique : Augmentation de la consommation totale malgré l'amélioration de l'efficacité (met en lumière les limites du tout-technologique)

Investigation par les élèves

1. Analyse comparative des consommations



Objectif : Mesurer concrètement l'évolution des consommations énergétiques pour des besoins identiques.

Les élèves reçoivent un tableau comparatif des consommations énergétiques pour différents besoins, à différentes époques. Ils travaillent par binômes pour analyser ces données :

Besoin	1900	1950	2000	2020	Facteur d'évolution
Éclairage d'une pièce (1h)	Bougie : 0,01 kWh	Ampoule incandescente : 0,1 kWh	Ampoule halogène : 0,05 kWh	LED : 0,008 kWh	÷ 1,25
Chauffage d'un logement (an)	Bois : 15 000 kWh	Charbon : 12 000 kWh	Fioul : 20 000 kWh	Gaz + isolation : 8 000 kWh	÷ 1,9
Transport Paris-Lyon	Train à vapeur : 250 kWh	Train électrique : 80 kWh	Voiture : 45 kWh	TGV : 25 kWh	÷ 10
Lavage du linge (5kg)	Lavage manuel : 2 kWh (effort humain)	Machine à laver : 3 kWh	Lave-linge moderne : 1 kWh	Lave-linge A+++ : 0,6 kWh	÷ 3,3
Conservation aliments (an)	Cave naturelle : 0 kWh	Glacière : 100 kWh	Réfrigérateur : 800 kWh	Réfrigérateur A+++ : 150 kWh	× 150

Les élèves calculent les facteurs d'évolution et identifient les tendances :

- **Amélioration de l'efficacité** : Pour certains usages (éclairage, transport, chauffage), la technologie permet de consommer moins d'énergie pour le même service
- **Nouveaux besoins énergétiques** : Certains services (réfrigération, électronique) créent de nouveaux postes de consommation
- **Changement d'échelle** : La généralisation d'équipements autrefois rares multiplie la consommation totale

2. Débat : progrès ou surconsommation ?



Objectif : Développer un regard critique sur l'évolution de nos consommations énergétiques.

À partir des données analysées, l'enseignant organise un débat structuré autour de la question : "L'évolution de nos usages énergétiques représente-t-elle un progrès ou une dérive vers la surconsommation ?"



Arguments **progrès**

- Amélioration du confort et de la qualité de vie
- Gain de temps et d'efficacité
- Accès démocratisé à des services autrefois réservés aux élites
- Amélioration de la sécurité et de la santé



Arguments **surconsommation**

- Multiplication des équipements et des usages
- Création de besoins artificiels par la publicité
- Obsolescence programmée et renouvellement accéléré
- Impact environnemental et social de la production énergétique

L'enseignant aide les élèves à dépasser l'opposition binaire en introduisant la notion de **sobriété choisie** : il est possible de bénéficier des avantages du progrès technique tout en questionnant la nécessité de certains usages.

Pour aider les élèves à développer leur intuition des consommations énergétiques, l'enseignant peut présenter quelques repères simples :



- 1 kWh = énergie pour faire fonctionner : un réfrigérateur pendant 2 jours, un ordinateur portable pendant 10h, ou parcourir 5 km en voiture électrique
- Consommation moyenne d'un Français : 50 kWh par jour (tous usages confondus)
- 1 litre d'essence = 10 kWh : équivalent énergétique d'une journée de travail physique humain

Ces repères permettront aux élèves de mieux évaluer les enjeux dans les phases suivantes.

Restitution et réflexion

L'analyse comparative des consommations énergétiques a révélé aux élèves la complexité des trajectoires d'évolution technologique. Ils ont découvert que l'efficacité énergétique ne suit pas une progression linéaire : certains services (éclairage, transport) ont bénéficié d'optimisations remarquables, tandis que d'autres (réfrigération, électronique) ont créé des besoins énergétiques totalement nouveaux. Cette diversité d'évolutions explique pourquoi nos consommations globales continuent d'augmenter malgré les progrès techniques, illustrant le paradoxe entre efficacité locale et sobriété globale.

La manipulation de données chiffrées concrètes facilite la compréhension des ordres de grandeur énergétiques et développe l'esprit critique face aux discours sur le progrès technique. Le débat structuré permet aux élèves de dépasser les positions binaires pour construire une vision nuancée de l'évolution énergétique. L'introduction des repères quantitatifs (kWh, équivalences) donne aux élèves des outils d'évaluation qu'ils pourront mobiliser dans les phases suivantes.

Les élèves ont développé leur capacité d'analyse critique des données énergétiques et acquis une compréhension des mécanismes historiques qui ont façonné nos consommations actuelles. Ils maîtrisent désormais les ordres de grandeur essentiels et sont capables d'identifier les facteurs explicatifs des évolutions énergétiques (démocratisation, substitution technologique, création de besoins).

Pour approfondir la réflexion et développer une compréhension plus systémique des enjeux énergétiques, voici quelques questions clés à explorer collectivement :

- **Pourquoi l'efficacité énergétique ne suffit-elle pas à réduire nos consommations globales ?** Analyse de l'effet rebond et des mécanismes de compensation. Compréhension des limites du tout-technologique. Réflexion sur les conditions d'une efficacité énergétique véritablement sobre.
- **Comment les standards de confort évoluent-ils et qui les détermine ?** Exploration des processus sociaux de normalisation des usages énergétiques. Analyse du rôle de la publicité, des politiques publiques et des innovations dans la création de nouveaux besoins. Questionnement sur notre capacité collective à redéfinir ces standards.

- **Quels enseignements tirer des trajectoires énergétiques passées pour anticiper l'avenir ?** Identification des facteurs qui ont favorisé ou freiné certaines transitions énergétiques historiques. Application de ces enseignements aux défis actuels de la transition énergétique. Réflexion sur les leviers d'action pour orienter les évolutions futures.
- **Comment concilier progrès technique et modération énergétique dans nos choix individuels et collectifs ?** Exploration des conditions d'une innovation au service de la sobriété. Réflexion sur les critères d'évaluation des nouvelles technologies. Préparation à l'analyse concrète des leviers de sobriété dans les domaines du transport et de l'habitat.

Phase 3 - Exploration des leviers de sobriété



Contexte et description du problème à résoudre à cette étape : Fort de leur compréhension de l'évolution historique et quantitative de nos usages énergétiques, les élèves sont prêts à explorer concrètement les possibilités de sobriété. Cette phase se concentre sur des domaines représentatifs (transport, habitat, alimentation) qui représentent ensemble environ 60 à 70 % de la consommation énergétique finale des ménages européens selon les pays. L'objectif est de montrer que la sobriété ne signifie pas privation mais optimisation intelligente de nos usages.

Objectifs d'apprentissage : Identifier les leviers de sobriété dans le transport et l'habitat. Distinguer les solutions techniques des changements comportementaux. Évaluer la faisabilité et l'acceptabilité de différentes mesures de sobriété.

Conceptualisation



Question de recherche : Quels sont les leviers d'action disponibles pour réduire les consommations énergétiques sans dégrader la qualité de vie ?

- **Hypothèse :** La sobriété énergétique peut être atteinte par une combinaison de changements comportementaux, d'optimisations techniques et de réorganisations collectives, avec des potentiels d'économie variables selon les domaines et les contextes territoriaux.
- **Concepts clés :**
 - Sobriété énergétique : Réduction des consommations par modification des usages sans dégradation du service rendu (distingue de l'efficacité technique)
 - Levier comportemental vs structurel : Actions individuelles modifiables à court terme vs changements d'organisation nécessitant des transformations collectives
 - Seuil d'acceptabilité : Limite au-delà de laquelle les mesures de sobriété sont perçues comme une privation (détermine la faisabilité sociale)



Question de recherche : Comment les contraintes territoriales et socio-économiques influencent-elles les possibilités de sobriété énergétique ?

- **Hypothèse :** Les marges de manœuvre pour la sobriété énergétique varient fortement selon le contexte géographique (urbain/rural), les infrastructures disponibles (transports publics, réseaux) et les ressources économiques des ménages, créant des inégalités face à la transition.
- **Concepts clés :**
 - Contrainte territoriale : Limitation des choix énergétiques imposée par la géographie et les infrastructures (explique les différences d'options disponibles)
 - Inégalités de sobriété : Capacités différenciées à adopter des pratiques sobres selon les ressources et contextes (révèle les enjeux de justice sociale)
 - Seuil de sobriété subie vs choisie : Distinction entre contraintes économiques et choix délibérés de réduction (questionne l'aspect volontaire de la sobriété)



Question de recherche : Quelle est la relation entre solutions techniques (efficacité) et solutions comportementales (sobriété) dans la réduction des consommations ?

- **Hypothèse :** L'efficacité technique et la sobriété comportementale sont complémentaires mais peuvent aussi entrer en tension : les gains d'efficacité peuvent désinhiber les comportements sobres (effet rebond), tandis qu'une sobriété trop contraignante peut freiner l'adoption de solutions techniques.
- **Concepts clés :**

- Complémentarité efficacité-sobriété : Synergie entre amélioration technique et modification des usages (maximise les économies d'énergie)
- Effet rebond comportemental : Augmentation des usages suite à une baisse des coûts ou amélioration technique (limite l'impact des gains d'efficacité)
- Optimisation systémique : Recherche de l'équilibre optimal entre efficacité technique, sobriété comportementale et qualité de vie (guide les stratégies intégrées)

Investigation par les élèves

1. Atelier transport : repenser nos déplacements



Objectif : Explorer les possibilités de réduction des consommations énergétiques liées aux déplacements.

Les élèves analysent collectivement le "budget transport" d'une famille européenne type, puis explorent différents leviers de sobriété.



Situation de référence - Famille type européenne (2 adultes, 2 enfants, zone périurbaine)

- 1-2 voitures selon le pays (moyenne EU : 1,4 voiture/ménage)
- 15 000 à 30 000 km/an selon la géographie du pays
- Consommation : 5 à 8 L/100 km en moyenne
- 1 000 à 2 000 L de carburant/an = 10 000 à 20 000 kWh/an



Les élèves réfléchissent en petits groupes sur la faisabilité de ces différentes stratégies selon les contextes (urbain dense vs rural, transports publics développés vs limités) et imaginent le quotidien de familles types selon différents scénarios. Ils présentent ensuite leurs conclusions sous forme de "journée type" illustrant les adaptations nécessaires selon les spécificités territoriales.

Leviers de sobriété à explorer

Stratégie	Description	Économie potentielle	Conditions de réussite
Optimisation des trajets	Regroupement d'activités, planification	-20% kilométrage	Organisation familiale
Report modal	Vélo/transports publics pour certains trajets	-30% usage voiture	Infrastructures adaptées
Télétravail	2 jours/semaine pour un parent	-40% trajets domicile-travail	Accord employeur
Autopartage	Une seule voiture + autopartage ponctuel	-50% coûts fixes	Offre locale disponible
Proximité choisie	Déménagement plus près du travail	-70% trajets quotidiens	Opportunités immobilières

2. Atelier habitat : optimiser notre confort énergétique



Objectif : Identifier les possibilités de réduction des consommations énergétiques domestiques tout en préservant le confort.

Les élèves explorent les leviers de sobriété dans l'habitat à travers l'exemple d'une maison individuelle de 100 m² construite dans les années 1980.



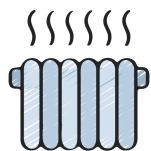
Situation de référence - Maison Martin

- Chauffage : 15 000 kWh/an (gaz)
- Eau chaude : 3 000 kWh/an (électrique)
- Électroménager : 3 500 kWh/an
- Total : 21 500 kWh/an



Les élèves calculent les économies potentielles et évaluent l'impact sur le confort quotidien. Ils créent un "guide de la sobriété énergétique domestique" avec des conseils pratiques et illustrés.

Leviers de sobriété par poste



Chauffage (70% de la consommation) :

- Réduction température : 19°C au lieu de 21°C → -15%
- Programmation/zonage : chauffer uniquement les pièces occupées → -20%
- Isolation comportementale : fermer volets, éviter surchauffe → -10%



Eau chaude (15% de la consommation) :

- Réduction durée douches : 5 min au lieu de 8 min → -35%
- Température chauffe-eau : 55°C au lieu de 60°C → -8%
- Installation économiseurs d'eau → -20%



Électroménager (15% de la consommation) :

- Débranchement appareils en veille → -10%
- Utilisation optimale (lave-linge plein, programmes courts) → -20%
- Séchage naturel du linge → -30% du poste séchage

3. Atelier alimentation : repenser notre consommation alimentaire



Objectif : Explorer les possibilités de réduction des consommations énergétiques liées à l'alimentation.

Les élèves pourraient analyser le "budget énergétique alimentaire" d'une famille type, avec :



Situation de référence - Consommation alimentaire type

- Transport des aliments : 2 000 kWh/an
- Réfrigération/Congélation : 1 500 kWh/an
- Cuisson : 1 000 kWh/an
- Gaspillage alimentaire : équivalent 800 kWh/an



Stratégie	Description	Économie potentielle	Conditions de réussite
Circuits courts	Achats locaux et de saison	-40% transport	Offre locale disponible
Anti-gaspillage	Meilleure gestion des stocks	-50% gaspillage	Planning des repas
Cuisson économe	Optimisation des cuissons	-30% énergie cuisson	Changement d'habitudes
Alimentation durable	Plus de végétal, moins transformé	-25% global	Apprentissage cuisine

Restitution et réflexion

L'exploration des leviers de sobriété a permis aux élèves de découvrir que la réduction des consommations énergétiques ne nécessite pas de renoncement au confort, mais plutôt une optimisation intelligente des usages. Ils ont compris que les possibilités d'action varient fortement selon les contextes territoriaux et socio-économiques, révélant les inégalités face à la sobriété énergétique. L'analyse des trois domaines (transport, habitat, alimentation) a montré que les solutions combinent systématiquement leviers techniques, comportementaux et organisationnels, avec des potentiels d'économie significatifs mais conditionnés par l'acceptabilité sociale et les infrastructures disponibles. L'approche par ateliers thématiques favorise l'appropriation concrète des enjeux et permet aux élèves de mesurer quantitativement l'impact de leurs choix. La création de "journées types" et de guides pratiques développe leur capacité à projeter les changements dans le quotidien. L'analyse comparative des contraintes territoriales aide à dépasser une vision uniforme de la sobriété pour comprendre la diversité des situations et des solutions possibles.

Les élèves maîtrisent désormais la distinction entre efficacité énergétique et sobriété, et sont capables d'identifier les leviers d'action dans leur propre contexte de vie. Ils ont développé leur compréhension des interdépendances entre choix individuels et contraintes structurelles, ainsi que leur capacité d'évaluation critique des mesures de sobriété selon des critères de faisabilité et d'acceptabilité.

Les élèves identifient collectivement les principes généraux de la sobriété énergétique qui ressortent de ces trois ateliers :

- **Questionnement des automatismes** : Ai-je vraiment besoin de ce trajet/cette température/cet achat ?
- **Optimisation de l'existant** : Comment mieux utiliser ce que j'ai déjà ?
- **Planification intelligente** : Comment organiser mes activités pour être plus efficace ?
- **Investissement dans l'efficacité** : Quels équipements permettent de réduire les consommations ?
- **Solutions collectives** : Comment mutualiser certains besoins (transport, chauffage, électroménager, achats alimentaires) ?

Pour approfondir la réflexion et développer une compréhension plus systémique des enjeux de sobriété, voici quelques questions clés à explorer collectivement :

- **Comment surmonter les obstacles structurels à la sobriété énergétique ?** Analyse des infrastructures et politiques publiques nécessaires pour démocratiser l'accès aux solutions sobres. Réflexion sur le rôle des collectivités territoriales et des entreprises. Exploration des mécanismes de solidarité pour réduire les inégalités face à la transition énergétique.
- **Quels sont les risques et limites des stratégies de sobriété ?** Identification des effets rebond potentiels et des seuils d'acceptabilité sociale. Analyse des tensions entre sobriété individuelle et besoins collectifs. Questionnement sur la durabilité des changements comportementaux dans le temps.
- **Comment articuler sobriété locale et enjeux globaux ?** Réflexion sur l'impact des choix individuels à l'échelle européenne et mondiale. Exploration des mécanismes de diffusion des pratiques sobres. Analyse de la cohérence entre actions locales et objectifs climatiques globaux.
- **Quelle vision personnelle de la sobriété énergétique construire ?** Préparation à l'auto-évaluation critique de ses propres pratiques. Réflexion sur l'équilibre souhaitable entre contraintes acceptées et qualité de vie préservée.

Phase 4 - Analyse critique et prospective des usages énergétiques



Contexte et description du problème à résoudre à cette étape : Cette phase finale invite les élèves à une analyse critique approfondie de leurs propres pratiques énergétiques et à une réflexion prospective sur les innovations technologiques. Au-delà d'une simple catégorisation des usages, les élèves sont amenés à comprendre les facteurs socioculturels qui influencent leurs choix énergétiques et à évaluer le potentiel transformateur des innovations émergentes dans une perspective de transition énergétique.

Objectifs d'apprentissage : Analyser de manière critique ses propres usages énergétiques en tenant compte des contextes sociaux et culturels. Évaluer le potentiel et les limites des innovations énergétiques dans une perspective systémique. Construire une vision personnelle argumentée de la sobriété énergétique et de la transition technologique.

Conceptualisation



Question de recherche : Dans quelle mesure nos choix énergétiques individuels sont-ils déterminés par des facteurs socioculturels et structurels plutôt que par des décisions rationnelles ?

- **Hypothèse :** Les usages énergétiques individuels résultent davantage de contraintes socio-économiques, de normes culturelles et d'infrastructures disponibles que de choix délibérés basés sur une analyse coût-bénéfice, créant des marges d'action variables selon les contextes.
- **Concepts clés :**
 - Déterminisme énergétique : Influence des structures sociales, économiques et techniques sur les choix individuels (révèle les limites de l'action individuelle)
 - Capital énergétique : Ensemble des ressources (économiques, culturelles, techniques) permettant d'accéder à des choix énergétiques durables (explique les inégalités face à la sobriété)
 - Habitus énergétique : Pratiques énergétiques intégrées et non-conscientes, transmises socialement (questionne la dimension automatique des consommations)



Question de recherche : Comment les innovations technologiques émergentes peuvent-elles transformer structurellement nos modes de vie sans créer de nouveaux effets rebond ?

- **Hypothèse :** Les innovations énergétiques ont un potentiel transformateur réel mais leur impact dépend de leur capacité à modifier les systèmes socio-techniques existants plutôt que de simplement améliorer l'efficacité des pratiques actuelles, ce qui nécessite une approche systémique de leur déploiement.
- **Concepts clés :**
 - Innovation de rupture vs incrémentale : Distinction entre technologies qui transforment les systèmes vs celles qui les optimisent (détermine le potentiel de transformation)
 - Transition socio-technique : Processus de changement impliquant simultanément technologies, pratiques sociales et institutions (explique les conditions de réussite des innovations)
 - Verrouillage technologique : Dépendance aux systèmes existants qui freine l'adoption d'alternatives (révèle les obstacles aux transitions)



Question de recherche : Quelle articulation entre action individuelle et transformation collective permet une transition énergétique efficace et socialement acceptable ?

- **Hypothèse :** La transition énergétique nécessite une cohérence entre engagements individuels et transformations structurelles : ni l'action individuelle seule ni les changements techniques imposés ne suffisent, mais leur combinaison dans des dynamiques collectives peut créer des cercles vertueux de changement.

- **Concepts clés :**
 - Cohérence multi-niveaux : Alignement entre actions individuelles, innovations techniques et politiques publiques (conditionne l'efficacité des transitions)
 - Engagement énergétique : Forme d'action citoyenne combinant pratiques personnelles et participation collective (dépassé la simple consommation responsable)
 - Démocratie énergétique : Participation citoyenne aux choix technologiques et aux orientations énergétiques (questionne les modes de gouvernance de la transition)

Investigation par les élèves

1. Audit énergétique personnel et analyse sociologique



Objectif : Réaliser un diagnostic complet de ses propres usages énergétiques et analyser les facteurs qui les déterminent.

Collecte de données personnelles : Chaque élève tient un journal énergétique (exemple imprimable disponible en annexe) détaillé pendant une semaine, en notant :

Jour/Heure	Usage énergétique	Durée	Contexte	Choix possible ?	Motivation du choix
Lundi 7h	Douche chaude	8 min	Pressé	Durée variable	Habitude + confort
Lundi 7h15	Sèche-cheveux	5 min	Seul	Oui/Non	Apparence sociale
Lundi 8h	Transport bus	25 min	Avec amis	Marche/vélo possible	Parents + météo
...

Quantification et catégorisation avancée : Les élèves calculent leurs consommations hebdomadaires par poste et les projettent sur l'année. Ils utilisent ensuite une grille d'analyse plus nuancée :

Usage	Consommation estimée (kWh/an)	Statut*	Marge de manœuvre	Facteurs contraignants
Transport domicile-collège	180	⚠️ Contraint	Faible	Distance, transport public limité, autorisation parentale
Chauffage chambre	800	⚠️ Partiellement contraint	Moyenne	Isolation logement, budget familial, confort minimal
Loisirs numériques	320	✓ Choix personnel	Forte	Habitudes, pression sociale, alternatives disponibles
Éclairage devoirs	45	✓ Nécessaire optimisable	Moyenne	Horaires imposés, équipement disponible

*Statuts :

- **Contraint** : Usage déterminé par des facteurs externes (infrastructure, revenus, logement)
- **Partiellement contraint** : Marge de manœuvre limitée mais existante
- **Choix personnel** : Usage déterminé principalement par des préférences individuelles
- **Nécessaire optimisable** : Usage indispensable mais perfectible

Analyse des déterminants socioculturels : Les élèves analysent les facteurs qui influencent leurs choix énergétiques :

Facteur d'influence	Impact sur mes usages	Exemple concret	Marge d'action personnelle
Revenus familiaux	Détermine équipements et isolation	Pas de climatisation → ventilateur	Nulle à court terme
Normes sociales de mon groupe	Influence durée douches, vêtements	Douches quotidiennes "normales"	Moyenne (négociation possible)
Infrastructure territoriale	Contraint modes de transport	Pas de piste cyclable sécurisée	Nulle individuellement
Équipements du logement	Détermine efficacité énergétique	Radiateurs électriques anciens	Faible (choix des parents)
Éducation énergétique reçue	Influence niveau de conscience	Connaissance consommation appareils	Forte (apprentissage continu)

2. Évaluation prospective des innovations énergétiques



Objectif : Analyser le potentiel transformateur des innovations énergétiques selon une approche systémique.

Les élèves travaillent par équipes pour analyser en profondeur une innovation énergétique selon une grille d'évaluation multidimensionnelle (disponible pour impression en annexe) :

A. Potentiel technique et économique

Critère	Évaluation	Justification
Maturité technologique (échelle 1-10)	___/10	État actuel du développement
Potentiel de réduction énergétique	___%	Économies par rapport aux technologies actuelles
Coût de déploiement (€/habitant)	___€	Investissements nécessaires pour généralisation
Délai de généralisation probable	___ans	Temps pour adoption massive

B. Impact sur les modes de vie

Aspect	Transformation attendue	Acceptabilité probable
Habitat	Exemple : Maisons autonomes en énergie	✓ Forte / ⚠ Moyenne / ✗ Faible
Transport	Exemple : Fin de la possession automobile	✓ Forte / ⚠ Moyenne / ✗ Faible
Travail	Exemple : Nouveaux métiers techniques	✓ Forte / ⚠ Moyenne / ✗ Faible
Loisirs	Exemple : Espaces verts urbains multipliés	✓ Forte / ⚠ Moyenne / ✗ Faible

C. Effets systémiques et risques

Dimension	Opportunités	Risques
Environnementale	Ex : Réduction empreinte carbone	Ex : Nouveaux besoins en matières premières
Sociale	Ex : Démocratisation accès énergie	Ex : Exclusion numérique, emplois supprimés
Économique	Ex : Nouveaux secteurs d'activité	Ex : Coûts de transition, obsolescence
Géopolitique	Ex : Indépendance énergétique	Ex : Nouvelles dépendances technologiques

Chaque équipe dispose de 2 heures pour :

1. **Rechercher des données fiables** sur leur innovation (sites institutionnels, rapports scientifiques, études prospectives)
2. **Compléter la grille d'évaluation** en justifiant chaque évaluation
3. **Identifier 3 conditions critiques** pour le succès de l'innovation
4. **Formuler un scénario d'adoption** (optimiste, pessimiste, réaliste)

Innovations à analyser

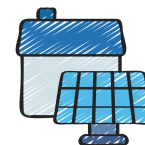
Équipe 1 : Véhicules électriques autonomes partagés



Équipe 2 : Bâtiments à énergie positive connectés (BEPOS+)



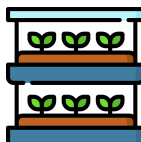
Équipe 3 : Réseaux électriques intelligents avec stockage distribué



Équipe 4 : Hydrogène vert pour l'industrie et le transport lourd



Équipe 5 : Agriculture verticale urbaine automatisée



Équipe 6 : Fusion nucléaire commerciale



3. Débat prospectif et construction de visions personnelles



Objectif : Confronter les analyses et construire une vision personnelle argumentée de la transition énergétique souhaitable.

Chaque équipe présente son innovation en 3 minutes selon le format :

- **Présentation technique** : En quoi consiste l'innovation ?
- **Potentiel transformateur** : Quels changements dans nos vies ?
- **Conditions de réussite** : Quels obstacles à surmonter ?

Les élèves circulent entre des "stands" où chaque équipe présente son travail de manière interactive. Ils notent leurs questions et évaluations sur les autres innovations.

Grille d'évaluation croisée

Innovation	M'enthousiasme car...	M'inquiète car...	Probabilité de réussite (/10)
Véhicules autonomes	_____	_____	____/10
Bâtiments BEPOS+	_____	_____	____/10
[...]	_____	_____	____/10

Il est possible d'organiser un débat pour clôturer la dernière phase autour des questions suivantes :

- 
- Question 1 : **"Faut-il privilégier les innovations qui transforment radicalement nos modes de vie ou celles qui les préservent ?"**
 - Arguments "transformation" : efficacité maximale, adaptation aux enjeux
 - Arguments "préservation" : acceptabilité sociale, continuité culturelle
 - Question 2 : **"Comment concilier innovation technologique et sobriété énergétique ?"**
 - Risque de l'effet rebond (plus d'efficacité → plus d'usage)
 - Complémentarité possible (technologies + changements comportementaux)
 - Question 3 : **"Qui doit décider des orientations technologiques ?"**
 - Légitimité démocratique vs compétence technique
 - Rôle des lobbies et des intérêts économiques

Restitution et réflexion

Cette phase finale a permis aux élèves de comprendre que leurs choix énergétiques individuels s'inscrivent dans un réseau complexe de déterminants socioculturels et structurels qui limitent leur autonomie décisionnelle. L'audit personnel leur a révélé l'ampleur des contraintes qui pèsent sur leurs pratiques énergétiques, dépassant largement les simples préférences individuelles. L'analyse prospective des innovations leur a donné des outils pour évaluer de manière critique les promesses technologiques, en distinguant les innovations de rupture des améliorations incrémentales et en identifiant les conditions systémiques nécessaires à leur réussite.

L'approche par audit personnel favorise une prise de conscience réflexive et non-culpabilisante des pratiques énergétiques. L'analyse prospective des innovations développe l'esprit critique face aux discours technologiques et renforce la capacité d'argumentation sur des sujets complexes. Le débat structuré permet aux élèves de confronter leurs visions et de construire des positions nuancées sur les enjeux de transition énergétique. La synthèse personnelle finale consolide les apprentissages en ancrant les connaissances dans un projet de vie cohérent.

Les élèves ont développé une compréhension systémique des enjeux énergétiques qui dépasse l'opposition simpliste entre responsabilité individuelle et contraintes structurelles. Ils maîtrisent une méthode d'évaluation prospective des innovations technologiques et sont capables de formuler une vision personnelle argumentée de leur rôle dans la transition énergétique. Ils ont acquis les bases conceptuelles nécessaires pour participer de manière éclairée aux débats énergétiques en tant que futurs citoyens.

Pour approfondir la réflexion et ouvrir des perspectives d'action citoyenne, voici quelques questions clés à explorer collectivement :

- **Comment transformer les contraintes structurelles identifiées en leviers d'action collective ?** Exploration des mécanismes de mobilisation citoyenne autour des enjeux énergétiques. Analyse du rôle des associations, des collectivités et des entreprises dans la création d'alternatives. Réflexion sur les conditions d'émergence de dynamiques territoriales de transition énergétique.
- **Quels outils démocratiques permettent aux citoyens d'influencer les choix technologiques et énergétiques ?** Découverte des instances de participation citoyenne (conseils de développement, conférences de consensus,

budgets participatifs). Analyse des expériences de démocratie énergétique en Europe. Réflexion sur les compétences citoyennes nécessaires pour participer aux débats techniques.

- **Comment concilier urgence climatique et acceptabilité sociale des transitions ?** Exploration des rythmes différenciés de changement selon les groupes sociaux et les territoires. Analyse des mécanismes de justice sociale dans la transition énergétique. Réflexion sur l'équilibre entre incitations, contraintes et accompagnement dans les politiques publiques.
- **Quelle contribution personnelle à la transition énergétique au-delà des gestes individuels ?** Identification des formes d'engagement citoyen accessibles aux jeunes (associations, projets scolaires, initiatives locales). Exploration des liens entre choix de formation/carrière et enjeux énergétiques. Construction d'une vision à long terme de son rôle dans la société énergétique de demain.

Cette phase conclut le protocole en donnant aux élèves les outils conceptuels et méthodologiques pour devenir des acteurs éclairés de la transition énergétique, capables d'articuler analyse critique, vision prospective et engagement personnel dans une démarche citoyenne cohérente.



Grille d'évaluation multidimensionnelle

Nom de l'élève :

Date:

A. Potentiel technique et économique

Critère	Évaluation	Justification
Maturité technologique (échelle 1-10)	___/10	
Potentiel de réduction énergétique	___%	
Coût de déploiement (€/habitant)	___€	
Délai de généralisation probable	___ans	

B. Impact sur les modes de vie

Aspect	Transformation attendue	Acceptabilité probable
Habitat		<input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
Transport		<input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
Travail		<input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible
Loisirs		<input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Faible

C. Effets systémiques et risques

Dimension	Opportunités	Risques
Environnementale		
Sociale		
Économique		
Géopolitique		



Analyse des usages

Nom de l'élève :

Date: du .../.../..... au .../.../.....

Usage	Consommation estimée (kWh/an)	Statut*	Marge de manœuvre	Facteurs contraignants

***Statuts :**

- **Contraint** : Usage déterminé par des facteurs externes (infrastructure, revenus, logement)
- **Partiellement contraint** : Marge de manœuvre limitée mais existante
- **Choix personnel** : Usage déterminé principalement par des préférences individuelles
- **Nécessaire optimisable** : Usage indispensable mais perfectible

Imprimer autant de feuilles que nécessaire pour analyser l'ensemble des usages