



Activité de groupe 2 : Vers un mix énergétique pour le village d'Eklaugy

Les objectifs de l'activité sont les suivants :

- faire étudier un ensemble de documents concernant un mode de production d'énergie renouvelable par un groupe d'élèves. Il y a trois modes de production d'énergie renouvelable, donc trois groupes d'élèves.
- chaque groupe réalise une synthèse des documents étudiés afin de la présenter oralement à la classe.
- un quatrième groupe est chargé de proposer un plan d'installation de type mix énergétique pour le village à partir des synthèses des trois autres groupes.

Lien avec le programme :

- Savoirs : pour que soit mise en œuvre une adaptation efficace aux changements inéluctables et qu'en soit atténué l'impact négatif, les choix énergétiques supposent une compréhension globale du système Terre.
- Savoirs : ces choix doivent tenir compte de nombreux critères et paramètres : disponibilité des ressources et adéquation aux besoins, impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilité et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales. L'analyse de ces éléments conduit le plus souvent à une recherche de diversification ou d'évolution des ressources (mix énergétique).
- Savoir-faire : dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.

Objectifs notionnels :

- Principe de fonctionnement d'un panneau solaire, d'une éolienne, d'un méthaniseur et production d'énergie. Avantages et inconvénients de chaque méthode de production.
- Sur les bases des avantages et inconvénients de chaque méthode, principe et intérêts d'un mix énergétique d'un point de vue écologique, économique et social.

Objectifs méthodologiques :

- Extraire et organiser des informations à partir de documents (textes, schémas, photos, données chiffrées).
- Exploiter et interpréter des informations en faisant preuve d'esprit critique.
- Présenter oralement une synthèse de documents de manière argumentée, synthétique et cohérente.

Autres compétences mobilisables dans cette activité :

- Lire et comprendre des documents, relier ces documents entre eux, raisonner et réaliser une synthèse des informations données.

Groupe 1 : Experts en panneaux solaires

Présentation des documents

Document 1 : Principe de fonctionnement des panneaux solaires

Ce document explique comment un panneau solaire capte l'énergie radiative pour la transformer en énergie thermique et/ou électrique dans les panneaux solaires thermiques, photovoltaïques et hybrides.

Document 2 : Points forts et points faibles des panneaux solaires photovoltaïques

Ce document présente les points forts et les points faibles des panneaux photovoltaïques, permettant de montrer leur intérêt dans un mix énergétique et non dans une utilisation unique.

Document 3 : Fonctionnement d'un panneau photovoltaïque

Ce schéma explique le principe de production d'électricité continue d'un panneau photovoltaïque éclairé par un rayonnement solaire. Il montre les trois couches constituant un panneau : silicium et bore, jonction, silicium et phosphore, permettant cette production d'électricité par conversion du rayonnement solaire en courant alternatif. Ce document est en lien avec une vidéo détaillant le principe.

Groupe 2 : Experts en éoliennes

Présentation des documents

Document 4 : Dimension acoustique d'un projet éolien

Ce document présente, de manière chiffrée, la perception du bruit généré par une éolienne selon la distance qui la sépare du lieu de perception du bruit, en décibel (dB). Il compare les bruits générés par une éolienne à d'autres bruits de la vie courante.

Document 5 : Schéma de fonctionnement d'une éolienne

Ce schéma montre les principaux constituants d'une éolienne : pales, mât, nacelle (rotor, multiplicateur, alternateur). Ce document est en lien avec une vidéo en détaillant le principe.

Document 6 : Principe d'une éolienne

Le principe de fonctionnement d'une éolienne est expliqué en s'appuyant sur les principaux constituants schématisés dans le document 5 et en résumant les explications de la vidéo en lien avec le document 5.

Document 7 : L'éolien, une dégradation des paysages ?

Cette photo d'un parc éolien pose la question de la dégradation du paysage en lien avec cette installation. À chaque élève/observateur d'apporter sa réponse à cette question en argumentant.

Groupe 3 : Experts en méthanisation

Présentation des documents

Document 8 : Principe d'un méthaniseur

Ce document explique les principes de production d'énergie d'un méthaniseur : thermique, électrique, mécanique. Il montre l'intérêt d'un dispositif, qui, à lui seul est mixte !

Document 9 : Fonctionnement d'un méthaniseur

Ce schéma montre les principaux constituants d'un méthaniseur : cuve de méthanisation dans laquelle est déversée la matière qui va fermenter (production du biogaz), moteur à gaz, alternateur (production d'électricité), cuve de récupération du digestat (fertilisant).

Document 10 : Produire du carburant vert sur son exploitation, c'est possible

Ce document illustre l'exemple d'un agriculteur qui réussit à produire et à utiliser son carburant. Il montre ainsi des avantages de la méthanisation, à l'inverse du document précédent.

Document 11 : Les limites de la revalorisation

Cet extrait d'article présente des inconvénients de la méthanisation (coût de maintenance, quantité de matière première limitée selon les exploitations, obligation d'acheter cette matière première).

Groupe 4 : Experts en plan d'installation d'énergies renouvelables

Présentation des documents

Document 12 : Les fluctuations de la production d'électricité renouvelable

Ce document présente les effets des fluctuations des sources d'énergie renouvelable sur la production d'énergie électrique : température, précipitations, durée d'ensoleillement, état des troupeaux, récoltes, etc.

Document 13 : Les fluctuations de la consommation d'énergie

Ce texte résume les fluctuations de la consommation d'énergie électrique : saisons (chauffage, climatisation), conditions économiques (des crises engendrent de moindres consommations), etc. La maison bioclimatique a une architecture tenant compte de son environnement afin d'adapter sa consommation.

Document 14 : Émissions des gaz à effet de serre selon la source d'énergie

Ce document donne les valeurs (minimum, médiane, maximum) en kWh des émissions équivalent CO₂ selon les sources d'énergie (charbon, éoliens, gaz, hydraulique, nucléaire, photovoltaïque). Il montre que le charbon et le gaz sont les principaux émetteurs de CO₂.

Document 15 : Le village d'Eklaugy

Cette photographie illustre la commune fictive d'Eklaugy, accompagnée d'une légende précisant son ensoleillement selon les périodes de l'année et de la journée, ainsi que les vents la balayant. Ce document permettra au groupe 4 de proposer un mix énergétique tenant compte de ses particularités.

Suggestions de réponses aux indicateurs de réussite

Groupe 1 :

1. Après avoir visionnée la vidéo, le résumé des notions décrivant les constituants d'un panneau solaire, peut se faire de la façon suivante :

« Un panneau solaire est constitué :

- d'une plaque de silicium ;
- d'une plaque de silicium enrichie en atomes de phosphore, qui possèdent un surplus d'électrons par rapport aux atomes de silicium, et qui est placée au-dessus de la première ;
- d'une plaque de silicium enrichie en atomes de bore, qui possèdent un déficit d'électrons par rapport aux atomes de silicium, positionnée en-dessous de la première.

La plaque enrichie en phosphore constitue la borne négative d'une pile tandis que la plaque enrichie en atome de bore constitue la borne positive d'une pile. Chacune est reliée à un fil, constituant ainsi un circuit électrique.

Les élèves exposent oralement ce résumé en s'appuyant sur le schéma du document 2.

2. Les élèves expliquent alors oralement le fonctionnement du panneau solaire en s'appuyant toujours, pour chaque phrase d'explication, sur le schéma du document 2 :

« Lorsque la plaque de silicium est exposée au rayonnement solaire, les électrons des atomes de silicium s'agitent. Pour créer un courant électrique, il faut créer d'un côté un surplus d'électrons et de l'autre un déficit d'électrons. Ces conditions sont obtenues grâce aux atomes de phosphore, possédant un surplus d'électrons par rapport au silicium, qui sont placé sur la couche supérieure de silicium. Et sur la couche inférieure du silicium sont placés des atomes de bore qui possèdent un déficit d'électrons. On a alors la configuration d'une pile : d'un côté la borne négative avec un surplus d'électrons et de l'autre, la borne positive avec un déficit d'électrons. Les deux bornes sont reliées par un fil conducteur. Lorsque le circuit est fermé et que de la lumière arrive sur les panneaux, alors du courant est créé. ».

Les élèves peuvent ensuite se munir d'une cellule photovoltaïque utilisée en TP d'électricité, si le laboratoire en dispose, pour montrer la conversion de l'énergie lumineuse en courant électrique lorsque cette cellule est éclairée, en la reliant à un petit circuit électrique qui contiendrait soit une DEL, soit un petit moteur, afin de constater que la DEL s'éclaire et que le moteur tourne.

Ils exposent enfin les avantages et inconvénients des panneaux solaires en reprenant les arguments du document 3. Ils peuvent ajouter quelques arguments supplémentaires en s'appuyant sur l'article complet dont est extrait le document 3 :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis-ademe-sur-solaire-photovoltaïque-2013.pdf>

3. Les élèves doivent développer l'idée que le panneau solaire s'inscrit parfaitement dans un mix énergétique avec les arguments suivants :

- un panneau solaire capte l'énergie radiative du Soleil et la transforme en énergie thermique et/ou électrique seulement s'il est éclairé ;
- ainsi, son fonctionnement est très dépendant des conditions climatiques (ensoleillement et saison) ;
- il peut être de toutes tailles et se positionner dans n'importe quel lieu.

Le village d'Eklaugy peut positionner des panneaux solaires dans des zones publiques pour alimenter le réseau, et dans des zones privées, comme les toits des maisons, pour produire de manière propre et faire des économies.

Groupe 2 :

1. Les élèves réalisent un schéma d'un alternateur : ils peuvent très facilement trouver un schéma sur internet. Ils peuvent également se munir d'un alternateur de bicyclette, si le laboratoire de l'établissement en dispose. L'idéal est d'en avoir un démonté et un relié à une petite ampoule électrique. Les constituants de l'alternateur, puis son fonctionnement peuvent alors être décrits :

« L'alternateur est constitué d'un aimant mobile, le rotor, et d'une bobine constituée d'un enroulement de fil de cuivre, le stator. Lorsque le rotor est en mouvement, il génère un courant électrique dans la bobine. Un transformateur, situé après l'alternateur, élève la tension produite dans l'alternateur. L'électricité est alors acheminée par câbles souterrains ou sous-marin. Puis, la tension sera encore élevée pour être transportée sur les lignes très hautes tensions du réseau. »

2. Après avoir étudié le document 6 et visionné la vidéo en lien, les élèves peuvent résumer le fonctionnement de l'éolienne et l'exposer oralement en s'appuyant sur le schéma du document 5 :

« L'hélice, appelée rotor, composée généralement de trois pales, se met à tourner sous l'effet d'un vent d'au moins 10 km/h. La nacelle sur laquelle elle est fixée s'oriente toujours pour être face au vent. Les pales pivotent pour capter un maximum de vent. Si le vent dépasse 90 km/h, l'éolienne s'arrête automatiquement de fonctionner pour des raisons de sécurité. Dans la nacelle, l'hélice fait tourner un axe. Sa vitesse de rotation n'étant pas suffisante pour générer de l'électricité, un multiplicateur augmente cette vitesse et la transmet à un second axe qui fait à son tour tourner un alternateur. L'alternateur transforme l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique. Un transformateur, situé après l'alternateur, élève la tension produite dans l'alternateur. L'électricité est alors acheminée par câbles souterrains ou sous-marin. Puis, la tension sera encore élevée pour être transportée sur les lignes très hautes tensions du réseau. »

Les élèves peuvent alors utiliser l'alternateur de bicyclette. En faisant tourner le galet de l'alternateur de la bicyclette, ils montrent que le galet qui tourne représente les pales reliées au rotor et au multiplicateur. L'énergie mécanique fournie par la main représente l'énergie mécanique fournie par le vent aux pales. L'ampoule qui s'allume illustre ainsi clairement le fait que l'éolienne produit de l'électricité.

Les élèves exposent ensuite les avantages et inconvénients des éoliennes après réflexion et en effectuant éventuellement quelques recherches, ainsi qu'en s'appuyant sur le document 4 :

- avantages : non polluant, pas de gaz à effet de serre, pas de déchets toxiques ou radioactifs, peu d'emprise au sol, coûts de production et d'installation en diminution depuis plusieurs années ;
- inconvénients : ne fonctionne que lorsqu'il y a du vent, mais pas trop non plus, impact sonore, visibilité dans le paysage.

3. Les élèves doivent développer l'idée que l'éolien s'inscrit parfaitement dans un mix énergétique avec les arguments suivants :

- une éolienne capte l'énergie mécanique du vent et la transforme en énergie électrique seulement s'il y a du vent ;
- ainsi, son fonctionnement est très dépendant des conditions climatiques (vent et saison) ;
- elle peut se positionner facilement, bien que pas trop proche des habitations.

Le village d'Eklaugy peut positionner des éoliennes loin des habitations, mais à proximité du village qui reçoit du vent, afin d'alimenter le réseau et ainsi, en plus de produire de manière propre, de faire des économies.

Groupe 3 :

1. Après avoir étudié le document 8 et visionné la vidéo en lien, les élèves peuvent faire un résumé des constituants et du fonctionnement d'un méthaniseur et l'exposer oralement en s'appuyant sur le schéma du document 9 :

« Un méthaniseur est composé d'une cuve appelée digesteur dans laquelle est placée la matière organique à fermenter, d'un moteur à gaz qui fait tourner un alternateur qui produit l'électricité. Il contient également un réservoir permettant de récupérer le digestat, fertilisant.

De la matière organique (déjection animale ou matière végétale) est placée dans un digesteur fermé hermétiquement, appelé aussi réservoir à biogaz. La fermentation de la matière organique produit du biogaz utilisé pour faire fonctionner un moteur à gaz, relié à un alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique, pouvant alimenter toute l'installation agricole ou être envoyée au réseau. Le digestat, produit résiduel créé par la fermentation, est réutilisé comme engrais naturel, pouvant être exploité directement sur l'installation agricole. »

2. Les élèves exposent oralement le fonctionnement d'un méthaniseur, comme décrit ci-dessus, en s'appuyant sur le schéma du document 9.

Ils exposent ensuite les avantages et inconvénients d'un méthaniseur en s'appuyant sur les documents 10 et 11 et en effectuant éventuellement quelques recherches supplémentaires.

On pourra s'appuyer sur l'article suivant :

<https://www.fournisseurs-electricite.com/guides/environnement/methanisation>

Avantages :

- une double valorisation de la matière organique et de l'énergie ;
- une diminution de la quantité de déchets organiques à traiter et, par conséquent, un allègement des coûts des autres filières de traitement des déchets ;
- une diminution des émissions de gaz à effet de serre par substitution de l'utilisation des énergies fossiles ;
- un traitement possible des déchets organiques graisseux ou très humides, non compostables en l'état ;
- une limitation des émissions d'odeurs du fait de digesteur hermétique et de bâtiments clos équipés de traitement d'air.

Inconvénients :

- les déchets entrants doivent être disponibles sur la durée afin de créer une filière rentable et pérenne ;
- la valorisation énergétique possible du biogaz doit être utilisée préférentiellement sur site, en local, en cas de cogénération. En effet, l'injection dans le réseau de gaz naturel peut être compliquée ou impossible ;
- l'incinération et/ou le stockage des déchets non dangereux pour les fractions de déchets non organiques ne pouvant pas être méthanisées doivent être pris en compte ;
- le compostage pour traiter les déchets ligneux mal adaptés à la méthanisation doit être envisagé, ainsi que la mise en place d'un traitement des excédents hydriques du processus pour les grosses installations ;
- l'utilisation du digestat peut conduire à une réelle substitution énergétique et à une valorisation agronomique.

3. Les élèves doivent développer l'idée que la méthanisation s'inscrit parfaitement dans un mix énergétique avec les arguments suivants :

- la méthanisation est un mix énergétique à elle seule, car elle recycle la matière organique non utilisable (déchets végétaux et déjection animale voire humaine), produit de l'électricité pour alimenter l'installation agricole et/ou le réseau, et produit des engrais ;
- elle fait partie d'une exploitation agricole qui peut alors être quasiment autonome énergétiquement ;
- Eklaugy peut bénéficier de l'énergie produite par une ou plusieurs exploitations agricoles installée sur sa commune.

Groupe 4 :

1. Les facteurs influençant la production et la consommation annuelles d'énergie sont les suivants :

Type de production	Production	Consommation
Photovoltaïque	- Durée d'ensoleillement	- Conditions climatiques : hiver froid (besoin de chauffer), été chaud (besoin de climatisation)
Hydraulique	- Zone de stockage d'eau - Précipitations - Température	- Conditions économiques : période de crise (économie)

Éolien	- Régularité des vents	d'énergie : moindre consommation de lumière, chauffage, de cuisson, de bain, etc.) ; période faste (consommation sans restriction)
Méthanisation	- État des troupeaux - État des récoltes	

2. Les dépendances de chaque source de production, traduisant leurs inconvénients, sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Type de production	Inconvénients (dépendances)
Photovoltaïque	- Ensoleillement
Hydraulique	- Précipitations - Lieu : bassins de stockage de l'eau, inclinaison des canaux de conduit d'eau sur les turbines
Éolien	- Régularité des vents
Méthanisation	- État des troupeaux - État des récoltes - Conditions climatiques qui influent sur l'état des troupeaux et des récoltes

3. Les choix énergétiques possibles pour le village d'Eklaugy sont un mix des installations suivantes :

- des panneaux photovoltaïques du côté de la vallée le plus exposé au soleil (pour la production d'électricité) ;
- des panneaux solaires sur les toits des maisons, du côté de la vallée le plus exposé au soleil (pour le chauffage domestique) ;
- des éoliennes le long du couloir le plus exposé au vent (pour la production d'électricité)
- un ou plusieurs méthaniseurs regroupant, éventuellement, plusieurs exploitations agricoles, minimisant ainsi les coûts d'installation et d'entretien (pour la production d'électricité et de biocarburants pour les déplacements des personnes) ;

La présence d'eau n'est pas stipulée à proximité du village (lac, bassin de stockage, rivière, torrent, etc.). Ainsi, on ne sait pas si le village peut accueillir une installation hydraulique, bien que dans une zone montagneuse, ce type d'installation soit courant.

Ce mix énergétique permettrait au village d'Eklaugy, à long terme, d'être indépendant énergétiquement en produisant son énergie de manière écologique et durable.

La question des coûts d'investissement est un facteur déterminant dans ces choix. Il reste à les étudier.