



# **Tout ce que sait le lutin ENIX**

**Explications sur le jeu**

## ***Impressum***

### ***Texte et mise en page***

Annuscha Schmidt, Dipl. Arch. ETH  
Architektur & Projektmanagement  
CH-8142 Uitikon Waldegg

et

Max Blatter, Dipl. Ing. ETH und NDS FH  
Energie-Atlas GmbH  
CH-4142 Münchenstein

### ***Illustrations***

Anna Katharina Mathez  
CH-4657 Dulliken

### ***Traduction française***

Fabienne Juilland  
CH-1922 Salvan

### ***Copyright***

© 2004

Société suisse pour l'énergie solaire (SSES)

Postfach

CH-3000 Bern 14

[www.sses.ch](http://www.sses.ch)

## ***Introduction***

On peut jouer avec ENIX sans avoir lu cette brochure. Mais un jour viendra sûrement où jeunes et moins jeunes voudront en savoir plus. Quelle est l'importance des six énergies renouvelables que sont le soleil, le vent, les vagues, l'eau, la biomasse et la géothermie ? Que représentent exactement les 72 cartes Action et quel est le rapport entre les dessins et ces six sources d'énergie ?

ENIX, le lutin, a couché par écrit ses connaissances dans cette brochure. Chaque type d'énergie fait l'objet d'une brève présentation. Les photos des cartes Action appartenant aux différents types d'énergie sont ensuite décrites. Que vous consultiez cette brochure pendant le jeu ou que vous la lisiez par la suite, ENIX le lutin en est convaincu : on peut apprendre en s'amusant !

## ***Table des matières***

Soleil	4
Vent	10
Vagues / marées / courants marins	15
Hydroélectricité	19
Biomasse	23
Géothermie	28

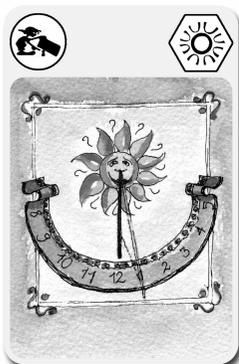
Les différentes explications sont classées en fonction du nombre de point des cartes. Le symbole → renvoie aux explications données pour d'autres illustrations.

---

## Soleil



Les scientifiques étudient encore le fonctionnement d'un dispositif mis en œuvre par le Soleil depuis des milliards d'années : le réacteur de fusion. Une petite partie de la matière solaire est transformée en énergie par la fusion de noyaux atomiques, conformément à la loi découverte par Albert Einstein :  $E=m \cdot c^2$ . Seule une petite partie de l'énergie dégagée parvient jusqu'à la Terre. Elle permettrait cependant de couvrir dix mille fois la consommation d'énergie de l'humanité prévue pour 2100. Par ailleurs, une partie de ce rayonnement solaire est convertie en d'autres formes d'énergies renouvelables : le vent, l'hydroélectricité, la biomasse.



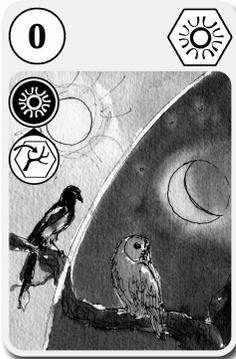
---

### Cadran solaire (symbole « ENIX le lutin »)

Jadis, on déterminait l'heure en fonction de l'emplacement du soleil : lorsqu'il se trouve exactement au Sud, il est midi. On a introduit plus tard le temps solaire moyen (heure locale) qui compense les différences saisonnières. On a ensuite créé les fuseaux horaires. Dans chacun de ceux-ci, l'heure est la même partout. Les cadrans solaires sophistiqués tiennent compte de tous ces points et atteignent une précision allant jusqu'à la fraction de minute !

---

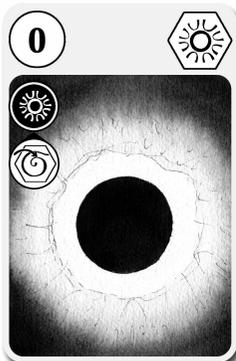
### Jour et nuit (phénomène naturel)



„Qu'est-ce qui est le plus important : le soleil ou la lune ?“  
– „La lune, car elle brille la nuit ; pendant la journée, il fait de toute façon clair...“ – Nous savons évidemment qu'il n'en va pas ainsi : sans soleil, il n'y aurait pas de jour. Mais c'est la Terre qui est à l'origine de l'alternance du jour et de la nuit : comme elle tourne une fois sur son axe en l'espace de 24 heures, nous nous trouvons alternativement dans la lumière du soleil ou côté ombre.

---

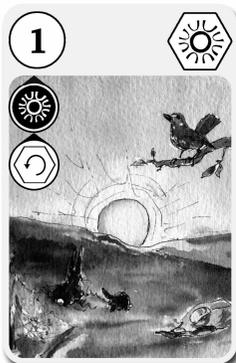
### Eclipse totale de Soleil (phénomène naturel)



Tous les 18 mois environ, l'ombre portée par la lune dessine sur la Terre une bande pouvant atteindre 200 kilomètres de large sur des milliers de kilomètres de long. Dans cette zone, le Soleil est complètement caché pendant un bref laps de temps. Lors des éclipses totales de Soleil, on peut observer et étudier ce qu'on appelle la couronne solaire, ce que l'on ne peut faire depuis la Terre, en temps normal, que dans certaines limites. La dernière éclipse totale de Soleil en Europe date du 18.8.1999.

---

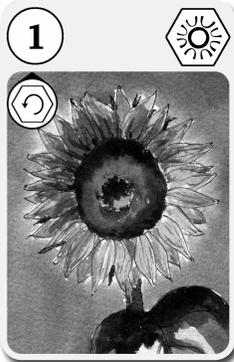
### Lever de soleil (phénomène naturel)



Le soleil se lève à l'est. A ce moment-là, un grand nombre d'oiseaux ont commencé à chanter. Le soleil monte au-dessus de l'horizon ; il est encore rouge en raison de la dispersion de la lumière dans l'atmosphère de la Terre. Depuis le moment où l'on voit apparaître le limbe solaire, il faut deux bonnes minutes avant d'apercevoir entièrement le soleil. Tout près de l'horizon, il nous paraît plus grand que lorsqu'il est haut dans le ciel. Mais ce n'est qu'une impression, ce qu'on appelle une illusion d'optique.

---

### **Tournesol** (utilisation des ressources de la nature)



Le tournesol ne ressemble pas seulement à un soleil : comme n'importe quelle plante contenant de la chlorophylle, il utilise aussi l'énergie du rayonnement solaire pour sa propre croissance. De plus, sa fleur suit la course du soleil. La plante a tendance à stocker côté ombre une matière responsable de la régulation de la croissance. Cette partie de la tige pousse donc plus rapidement que la partie ensoleillée, si bien que la fleur s'incline vers le soleil.

---

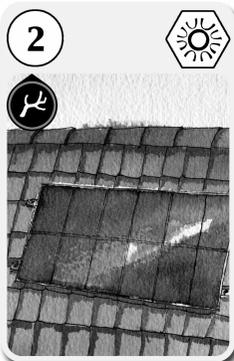
### **Sécher du foin** (utilisation des ressources de la nature)



Le foin est constitué de fourrage vert que l'on a fait sécher pour le conserver et qui sert à nourrir le bétail en hiver. Pendant les jours suivant le fauchage, l'herbe est retournée à plusieurs reprises avec une faneuse pour qu'elle sèche mieux : env. 60 kilos d'eau doivent s'évaporer de 100 kilos de fourrage vert. Après le fanage, on forme des alignements de foin séché appelés andains.

---

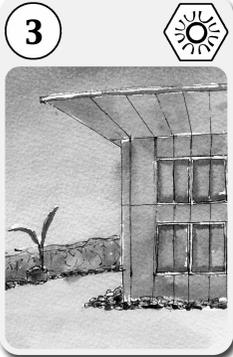
### **Panneaux photovoltaïques** (exploitation technique)



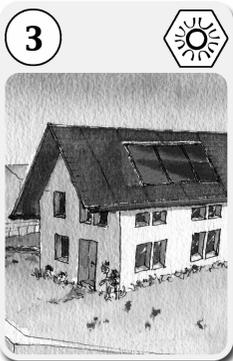
Les panneaux photovoltaïques sont composés de cellules solaires. Ce sont des plaques minces construites dans un matériau dit semi-conducteur, la plupart du temps du silicium, la matière dont on fait les „puces“ pour les processeurs d'ordinateurs. L'incidence de la lumière du soleil libère des porteurs de charge électrique dans le semi-conducteur. De l'énergie électrique est ainsi produite à partir de la lumière. Les cellules solaires actuelles sont des produits durables (garantie habituelle: 20 ans).

---

### Architecture solaire (exploitation technique)



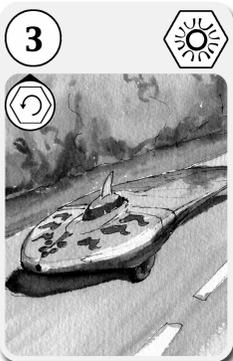
L'architecte conçoit la maison de façon à exploiter de manière optimale la chaleur du soleil. Les maisons solaires ou „maisons passives“ ont généralement de grandes fenêtres orientées au Sud qui permettent une bonne pénétration du soleil en hiver, mais qui l'atténuent en été, lorsque le soleil est plus haut dans le ciel. Des dalles et des murs en brique, béton ou torchis accumulent la chaleur et procurent un climat d'habitation équilibré.



---

### Maison avec capteur solaire (exploitation technique)

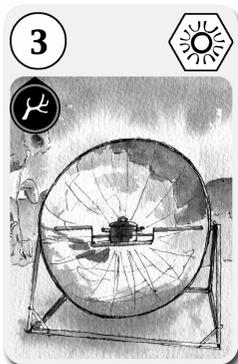
Les capteurs solaires sont constitués d'une tôle d'absorbant noire traversée par des tuyaux. Un mélange d'eau et de glycol résistant au gel y circule et absorbe la chaleur du soleil. Ce mélange transmet sa chaleur à un réservoir d'eau. Le capteur solaire fournit ainsi une part importante de l'eau chaude nécessaire pour se doucher, faire la vaisselle ou la lessive. Le capteur peut aussi être combiné à une installation de chauffage.



---

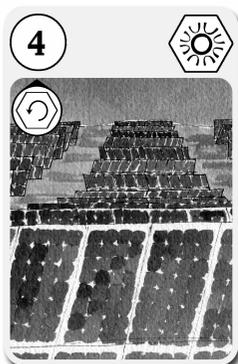
### Véhicule solaire (exploitation technique)

Les véhicules solaires sont en quelque sorte la „formule 1“ des véhicules électriques : on peut tester sur eux de nouvelles technologies qui pourront ensuite être appliquées sous une forme adaptée dans les véhicules de tous les jours. Les véhicules électriques conçus pour un usage quotidien ne comportent pas de cellules solaires, ou seulement quelques-unes. On recharge leurs batteries à une prise électrique – par exemple avec du „courant vert“ tiré de → centrales photovoltaïques.



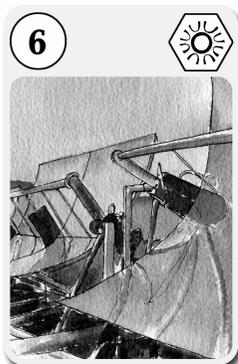
### Appareil de cuisson solaire (exploitation technique)

L'appareil de cuisson solaire représenté ici est construit sur le principe de la concentration : une surface réfléchissante en forme de miroir parabolique concentre les rayons du soleil dans un foyer où l'on fixe une marmite noire. Un mécanisme simple permet d'ajuster en continu le miroir en fonction de la position du soleil. Ces appareils de cuisson solaires atteignent des températures supérieures à 300°C, plus élevées que celles des simples boîtes à cuisson solaire.



### Centrale photovoltaïque (exploitation technique)

Une centrale photovoltaïque est composée de milliers de cellules solaires (→ panneaux photovoltaïques). Sa puissance est indiquée en „Kilowatt peak“ (en anglais, peak = pic). Il s'agit de la puissance qui peut être produite dans des conditions optimales (ciel dégagé, incidence à angle droit du soleil sur les cellules solaires). La puissance effective est fonction de l'alternance jour-nuit, du rythme des saisons et des conditions atmosphériques.



### Centrale thermoélectrique solaire (exploitation technique)

Une centrale thermoélectrique solaire produit de l'électricité de manière détournée, via la chaleur. Il existe différents types de construction, dont le système suivant: des éléments réfléchissants concentrent la lumière du soleil sur un tube absorbeur contenant de l'huile. Cette huile amenée à haute température chauffe à son tour un générateur de vapeur. La vapeur ainsi produite entraîne une turbine à vapeur, qui actionne à son tour une génératrice produisant de l'électricité.

---

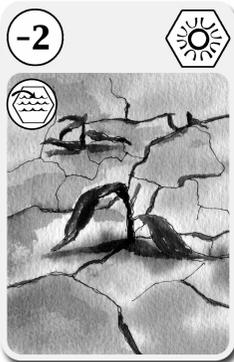
### Transpiration due à la chaleur (effet préjudiciable)



Transpirer est bon pour la santé, mais cela peut être désagréable. Cela sert d'abord à réguler la chaleur du corps. La sueur s'évapore sur la peau et apporte un effet de refroidissement. Cet effet est favorisé par un vent léger, mais aussi par des vêtements absorbants (burnous en laine des peuples du désert) – On peut aussi transpirer pour des raisons psychologiques („sueur d'angoisse“).

---

### Sécheresse (effet préjudiciable)



La sécheresse résulte d'un manque de pluie et de longues périodes de chaleur. Elle fait faner les plantes. Les membres de la commission de l'IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) de l'ONU mettent en garde contre les famines que pourrait entraîner le changement climatique : on verrait une diminution du rendement agricole en Asie ; en Australie et en Nouvelle-Zélande, l'eau pourrait venir à manquer. Des millions de personnes seraient touchées.

---

### Coup de soleil (effet préjudiciable)



Le coup de soleil est une inflammation de la peau, voire une brûlure, causée par les ultraviolets (UV) contenus dans la lumière du soleil, à la suite d'une trop longue exposition au soleil. Il survient lorsque la pigmentation de la peau, qui fait normalement écran contre les rayons UV-A et les rayons UV-B - plus chargés en énergie - n'est pas suffisante. Les personnes à la peau claire sont particulièrement sujettes aux coups de soleil, mais tous les types de peau ont intérêt à éviter les expositions trop prolongées, qui peuvent être à l'origine de cancers de la peau.

---

---

## Vent



*Le vent naît d'abord des différences de chaleur apparaissant à la surface de la Terre - il constitue donc un produit de transformation de l'énergie solaire. – Les systèmes des vents à l'échelle planétaire sont dus à la différence de rayonnement solaire entre les régions polaires, tempérées et tropicales. Ils sont aussi fortement influencés par la rotation de la Terre. Mais il existe aussi des systèmes des vents régionaux, comme les vents montagne-vallée ou les vents terre-mer le long des côtes. Ils résultent du fait que les flancs de montagne se réchauffent et se refroidissent plus vite que les vallées ; il en va de même pour la terre par rapport à la mer.*

---

## Aigle (symbole « ENIX le lutin »)



Le roi des oiseaux plane au-dessus des montagnes : l'envergure de ses ailes permet à l'aigle - dont le poids peut atteindre 4,5 kg - de tirer profit du moindre courant d'air ascendant pour s'élever, en accomplissant de grands cercles. Cet oiseau de proie, qui chasse les petits mammifères et les oiseaux, se caractérise également par des pattes garnies de plumes, des serres vigoureuses et un bec crochu et puissant.

---

### Dunes de sable (phénomène naturel)



Le vent soulève et entraîne du sable fin. Lorsque le vent s'apaise, le sable se dépose sur des obstacles comme des collines, des pierres ou de simples touffes d'herbe. Mais il existe aussi des dunes libres sur des surfaces ouvertes dépourvues de végétation.

---

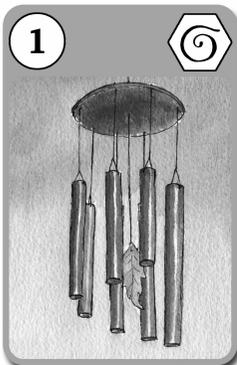
### Chute des feuilles (phénomène naturel)



Dans les zones climatiques tempérées et froides, les feuillus perdent leur parure en automne. Les feuilles se détachent à un point précis en laissant une petite cicatrice. – La chute des feuilles a l'avantage pour l'arbre de lui faire perdre moins de liquide par évaporation. Il ne risque ainsi pas de mourir de soif en hiver lorsque le sol est gelé.

---

### Carillon à vent (utilisation des ressources de la nature)



Les tubes métalliques de diverses longueurs produisent un ensemble harmonieux de sons de différentes hauteurs. Le vent fait s'entrechoquer les tubes ou fait bouger un balancier en bois qui va percuter à son tour les tubes métalliques.

---

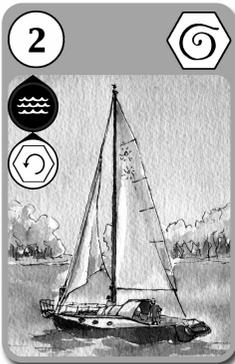
### Sécher du linge (utilisation des ressources de la nature)



Que se passe-t-il quand on fait sécher de la lessive à l'air libre ? L'eau s'évapore à la surface du linge et elle est absorbée par l'air. Le vent évacue cet air humide. Pour que cela fonctionne, il faut donc du vent et l'air ne doit pas être saturé d'humidité. Par ailleurs, le linge sèche mieux par temps chaud car l'air chaud peut absorber plus d'humidité que l'air froid.

---

### Bateau à voile (utilisation des ressources de la nature)



Le vent souffle dans la voile et entraîne le bateau. Mais comment se fait-il que celui-ci puisse aussi avancer transversalement au vent ou quasiment face au vent ? Le dessous du bateau est muni d'un aileron fixé dans le sens de la longueur, qu'on appelle la dérive, et qui empêche le bateau de dériver. En réglant correctement la voile, on peut donc tenir le cap souhaité avec pratiquement n'importe quel vent.

---

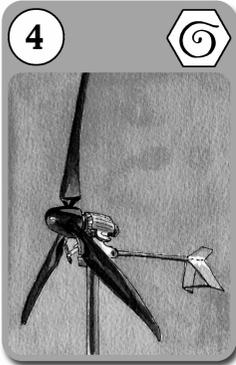
### Moulin à vent (exploitation technique)



Les moulins à vent sont connus depuis le premier millénaire avant J.-C. Ils produisaient alors de l'énergie motrice mécanique. Ils pouvaient actionner une meule pour moudre des céréales ou servir à puiser de l'eau. Les grandes ailes des moulins à vent peuvent tirer profit de vents modérés.

---

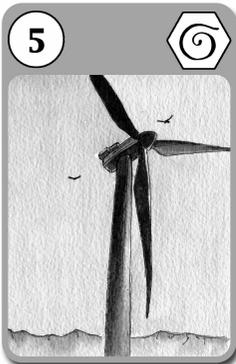
**Turbine éolienne pour vents faibles** (exploitation technique)



Les turbines éoliennes pour vents faibles peuvent tirer parti de vents relativement modestes : une vitesse annuelle moyenne de 2,5 à 4,5 m/s suffit pour permettre une exploitation intéressante. – Le mât de ces petites installations n'excède pas 20 m. Relativement discrètes, elles s'intègrent bien dans le paysage. Leur électricité peut être injectée dans le réseau ou approvisionner des bâtiments qui ne sont pas raccordés au réseau.

---

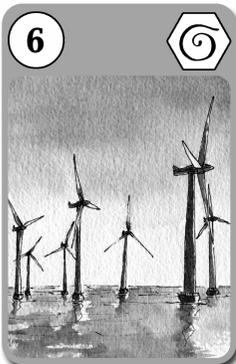
**Grande turbine éolienne** (exploitation technique)



Les grandes turbines éoliennes conviennent bien aux endroits où il souffle des vents de 5 m/s et au-delà, en moyenne sur l'ensemble de l'année. Il s'agit d'installations dont le mât peut aller jusqu'à 100 m. Elles ponctuent le paysage de leurs hautes silhouettes. A l'instar des villes ou d'autres constructions techniques, elles sont les témoins de l'emprise humaine sur le paysage. Leur électricité est injectée dans le réseau public.

---

**Parc éolien off-shore** (exploitation technique)



Cette expression anglaise désigne un groupe de turbines éoliennes aménagées en mer, à quelque distance de la côte. En règle générale, les conditions de vent y sont encore meilleures que sur la côte. Cela justifie des frais plus élevés pour les fondations sous-marines et le câble électrique à poser au fond de la mer.

---

### Tempête (effet préjudiciable)



Selon l'échelle des vents de l'amiral britannique Sir Francis Beaufort, nous parlons d'un fort coup de vent à partir d'une force 9 (et d'une tempête à partir d'une force 10). Cela correspond à des vents supérieurs à 75 km/h (21 m/s), pouvant déjà occasionner des dégâts. – Lors de tempêtes, les pales d'hélice de turbines éoliennes sont "mises en drapeau", ce qui les protège de tout dommage.

---

### Tornado, ouragan, typhon (effet préjudiciable)



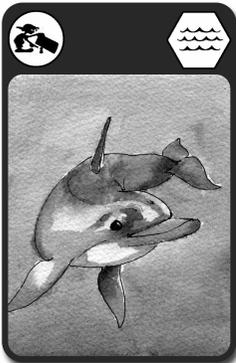
Les trombes et les cyclones dévastateurs se forment de la même manière que les dépressions anodines sous nos latitudes : les vents sont déviés par la rotation de la Terre jusqu'à former un tourbillon dans le sens contraire des aiguilles de la montre dans l'hémisphère nord, dans le sens des aiguilles de la montre dans l'hémisphère sud. Des vents supérieurs à 200 km/h (55 m/s) peuvent emporter des voitures. Cependant, les vents restent faibles dans l'„œil“ du cyclone.

---

## **Vagues, marées, courants marins**



*Il s'agit de plusieurs phénomènes différents : 1.) Les **vagues** sont produites par le souffle du vent à la surface de la mer ; il n'est pas rare qu'elles soient aussi hautes que des maisons. 2.) L'énergie des **marées** provient de la rotation de la Terre (→ marée (flux et reflux). 3.) Les **courants marins permanents** – comme le Gulf Stream – naissent de la même manière que le vent : les mers polaires et tropicales présentent des températures différentes, ce qui entraîne la formation de courants compensatoires.*



---

### **Dauphin** (symbole « ENIX le lutin »)

Les dauphins sont des mammifères marins très sociables et extrêmement intelligents. La légende veut qu'après sa naissance, Aphrodite, la déesse grecque de l'amour, ait été amenée à terre par un dauphin. Selon certains récits, des dauphins auraient effectivement sauvé des êtres humains de la noyade.

---

### Vagues concentriques (phénomène naturel)



Une goutte d'eau touche la surface de l'eau ou bien nous lançons une pierre dans l'eau. Dans les deux cas, ce mouvement entraîne un déplacement d'eau, qui cause une légère élévation du niveau de l'eau tout autour de ce point, puis plus loin et ainsi de suite : il se forme ainsi une vague qui s'étend en cercles concentriques et s'affaiblit progressivement.

---

### Étang avec une légère houle (phénomène naturel)



Ces vagues sont causées par le vent, comme les grandes vagues de la mer. Par vent faible et régulier, il se forme des séries de vagues linéaires. Différents motifs géométriques peuvent se former, selon la force du vent, l'étendue et la forme de l'étang. – On pourrait passer des heures à les observer, surtout quand le paysage se reflète dans l'étang !

---

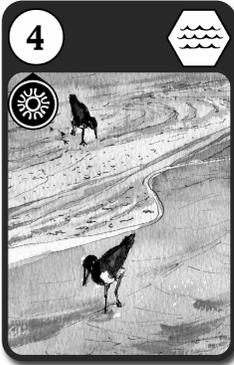
### Surf (utilisation des ressources de la nature)



Le surf a son origine en Polynésie : le surfeur ou la surfeuse se laisse porter vers la rive par le ressac en se tenant debout sur une planche. La planche de surf est en balsa ou en matière plastique. Elle fait 2,50 à 2,80 m de long sur environ  $\frac{1}{2}$  m de large. Le but est de se laisser porter le plus longtemps possible par la crête d'une vague. – Lorsque le surf est muni d'une voile, on parle de planche à voile.

---

### **Marée (flux et reflux)** (phénomène naturel)



La force d'attraction de la Lune ne s'exerce pas de la même façon sur toute la surface de la Terre : elle est plus importante sur la face dirigée vers la Lune et plus faible sur la face opposée. La surface des océans se déforme et présente un renflement du côté de la Lune et du côté opposé . – Par ailleurs, les marées freinent très légèrement la rotation de la Terre. Les jours y gagnent quelques fragments de seconde sur des millénaires !

---

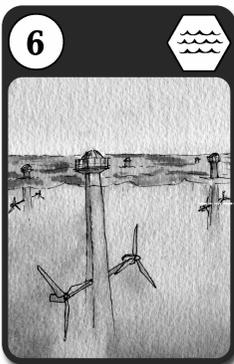
### **Déferlante** (phénomène naturel)



Par vent fort ou lorsque la vague s'échoue sur la plage, la crête de la vague peut se briser en roulant. Ces grosses lames peuvent être dangereuses et faire chavirer ou envahir les petites embarcations en emportant des êtres humains.

---

### **"Eoliennes sous-marines"** (exploitation technique)



Les pales d'hélice que l'on voit sur la carte se trouvent sous la mer et exploitent l'énergie des courants marins. Il peut s'agir de mouvements de marées (flux et reflux) ou de courants permanents. Ces installations peuvent être construites de façon à ne pas entraver la circulation des navires, au contraire des → centrales marémotrices classiques.

---

### Centrale marémotrice (exploitation technique)



Dans une centrale marémotrice classique, l'eau est accumulée près du canal d'embouchure d'un cours d'eau. On exploite alors la différence de niveau d'eau résultant du flux et du reflux, comme on le ferait avec un bassin d'accumulation. Malheureusement, les endroits convenant à l'aménagement de ces centrales sont souvent des ports importants où un barrage entraverait fortement la circulation des navires. La seule centrale marémotrice construite jusqu'ici en Europe fonctionne depuis 1966 à l'embouchure de la Rance (Bretagne, France).

---

### Ressac (phénomène naturel)



Par ressac, on entend le choc des vagues sur la côte. Les vagues peuvent venir se briser sur une plage plate ou heurter abruptement un écueil. Dans les deux cas, le ressac libère de l'énergie, perceptible dans le mugissement produit par les vagues, et transporte du sable, voire du matériel rocheux, modifiant ainsi le paysage côtier.

---

### Raz-de-marée (effet préjudiciable)



Les raz-de-marée se produisent lorsque la marée est renforcée par un vent violent se dirigeant de la mer vers la terre. Un raz-de-marée est encore plus dangereux quand il se produit une marée de vive eau. C'est ainsi qu'on appelle la marée lorsque le Soleil, la Lune et la Terre sont alignés et que la force d'attraction du Soleil renforce celle de la Lune (contraire : marée de morte eau). (→ marée (flux et reflux)).

---

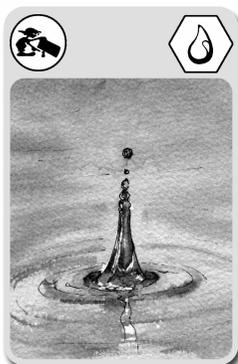
## Hydroélectricité



*Le soleil est un élément clef du cycle de l'eau : l'action du soleil fait s'évaporer de grandes quantités d'eau, en particulier à la surface de la mer. Cette humidité est transportée par le vent sous forme de nuages et se dépose ailleurs sous forme de pluie. Quand l'eau de pluie tombe en altitude, par exemple dans les Alpes, elle contient ce qu'on appelle de l'énergie potentielle : en redescendant dans les vallées et jusqu'à la mer, elle peut être utilisée pour produire de l'énergie. – Les pays montagneux qui reçoivent suffisamment de précipitations (Suisse, Autriche, Nouvelle-Zélande, Pérou, etc.) conviennent donc particulièrement bien à l'exploitation de l'hydro-électricité.*

---

### Goutte d'eau (symbole « ENIX le lutin »)



L'eau est certainement le liquide qui a fait l'objet du plus grand nombre de recherches. Malgré une formule chimique relativement simple - H<sub>2</sub>O - l'eau possède de nombreuses propriétés étonnantes : le fait qu'elle ait un poids maximal à +4°C empêche les lacs de geler complètement. Les chercheurs et chercheuses s'interrogent encore sur la „mémoire“ de l'eau. Quoi qu'il en soit, l'eau joue un rôle décisif dans la naissance de la vie. – Sachons apprécier la beauté d'une simple goutte d'eau !

---

### Chute d'eau (phénomène naturel)



Nous parlons de chute d'eau lorsqu'un ruisseau ou une rivière se jette du haut d'un versant escarpé. Les escarpements et les versants abrupts de ce type sont produits par l'érosion (usure du matériel rocheux par le vent, l'eau ou les glaciers), ou par des mouvements de la croûte terrestre. – Il est tentant d'exploiter l'énergie des grandes chutes d'eau. Il faudrait toutefois préserver les valeurs naturelles uniques.

---

### Roue à eau (utilisation des ressources de la nature)



La petite roue à eau trouve sa place dans le sac à dos de tous les enfants. Vite montée, la voilà bientôt qui barbote dans le ruisseau entre deux fourches ou bien calée sur des cailloux plats. Que l'eau tombe d'en haut sur les aubes ou entraîne la roue par le bas, la petite roue hydraulique continue de tourner et peut faire fonctionner un marteau ou un manège. A la maison, elle peut être entraînée par un tuyau d'arrosage ou par l'eau d'un arrosoir.

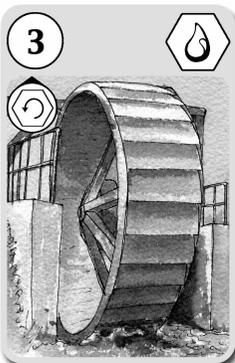
---

### Roue hydraulique mue par le dessous

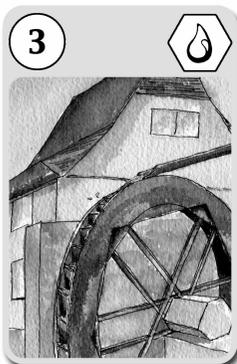
et

### Roue hydraulique mue par le dessus

(exploitation technique)

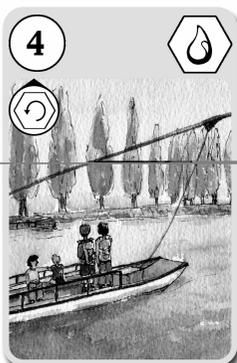


Depuis longtemps déjà – les premières installations datent de 200 ans avant J.-C. –, on a développé des procédés techniques pour exploiter l'énergie de l'eau. On a construit des roues hydrauliques dans un ruisseau de façon que l'eau fasse tourner la roue hydraulique par le



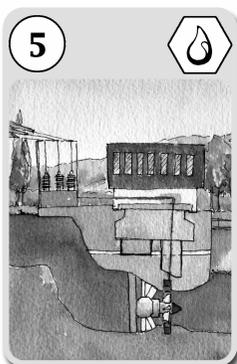
bas. On a aussi dérivé l'eau par dessus la roue, la plupart du temps dans un canal en bois : on parle alors de roue hydraulique mue par le dessus.

Dans les deux cas, les machines étaient entraînées par des courroies. Les anciens moulins, scieries, etc. se trouvent donc souvent sur un ruisseau ou une rivière. On a appris plus tard à transporter l'énergie sous forme d'électricité.



#### **Bac mû par le courant** (exploitation technique)

Le bac représenté sur la carte n'a pas besoin de moteur. Il est fixé à un câble, attaché à son tour à un autre câble tendu à travers la rivière, au-dessus de l'eau, et sur lequel il coulisse. Le conducteur ou la conductrice du bac fixe le câble à un levier à bâbord ou à tribord – donc sur le côté gauche ou le côté droit du bateau. Le bac traverse la rivière légèrement en biais par rapport au courant qui le pousse dans la direction souhaitée.



#### **Centrale électrique au fil de l'eau** (exploitation technique)

Une centrale électrique au fil de l'eau exploite l'énergie de l'eau s'écoulant dans le cours d'eau. Un barrage est souvent construit à cette fin. L'eau passe à travers une ou plusieurs turbines (le dessin représente une turbine bulbe) ; chaque turbine entraîne une génératrice produisant de l'électricité. – Avec leurs barrages, les centrales électriques au fil de l'eau peuvent aussi contribuer à la protection contre les crues (→ inondations).

---

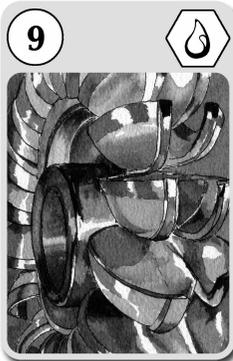
### Lac d'accumulation (exploitation technique)



L'eau qui se trouve dans le lac d'accumulation (artificiel, dans la plupart des cas), peut être vidée au besoin et produire ainsi du courant électrique dans une ou plusieurs centrales. Le lac est rempli par des affluents naturels, et par de l'eau amenée dans des galeries, ou par de l'eau pompée depuis une station inférieure. Ce dernier procédé permet de stocker l'énergie excédentaire pour pouvoir l'utiliser ultérieurement.

---

### Turbine Pelton (exploitation technique)



La turbine Pelton utilise l'énergie cinétique de l'eau qui chute d'une grande hauteur : de l'eau est propulsée depuis une ou plusieurs buses sur les aubes en forme de godet et entraîne la roue à augets. La turbine Pelton est utilisée dans les centrales hydroélectriques présentant des hauteurs de chute très importantes et des courants peu forts, et souvent combinées avec un lac d'accumulation.

---

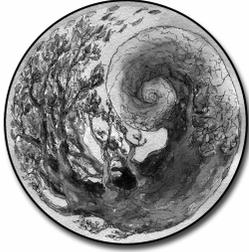
### Inondation (effet préjudiciable)



Des pluies prolongées ou la fonte rapide des neiges peuvent entraîner le débordement de cours d'eau. Les réservoirs naturels et artificiels qui retiennent l'eau temporairement offrent une protection contre les inondations. On peut citer l'exemple des forêts alluviales, qui peuvent et doivent être inondées de manière sporadique, mais aussi des barrages de centrales hydroélectriques. De plus, l'eau de pluie devrait pouvoir s'infiltrer dans le sol des agglomérations au lieu de filer dans les canalisations.

---

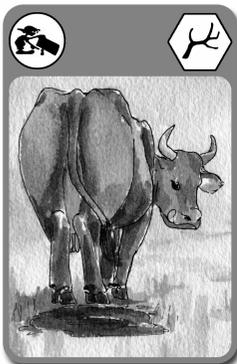
## Biomasse



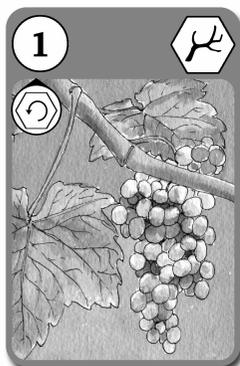
*Par biomasse, on entend la matière composant les êtres vivants : les plantes, les corps des animaux et des êtres humains, mais aussi ce qu'ils éliminent. Un grand nombre de substances végétales - le bois, les huiles - sont combustibles et peuvent ainsi fournir de l'énergie. D'autres substances – comme les déjections des animaux ou des êtres humains ou encore des déchets de plantes non ligneux – peuvent fermenter et produire un gaz combustible. – Au bout du compte, toute la biomasse provient des plantes : elles utilisent grâce à leur chlorophylle l'énergie solaire pour produire des substances riches en énergie comme le glucose (un glucide) et l'amidon.*

---

### **Bouse de vache** (symbole « ENIX le lutin »)



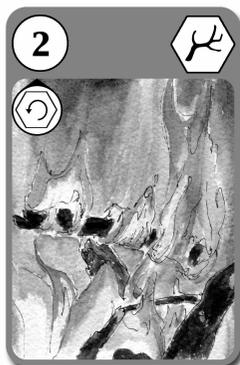
Qui n'a encore jamais marché dans l'une de ces bouses molles et "odorantes" au cours d'une randonnée ? Mais même ce type de biomasse peut se révéler très utile - comme engrais, ou pour produire du biogaz. En outre, nos ancêtres utilisaient les bouses de vache et le crottin de cheval comme combustible.



---

### **Grappe de raisin** (utilisation des ressources de la nature)

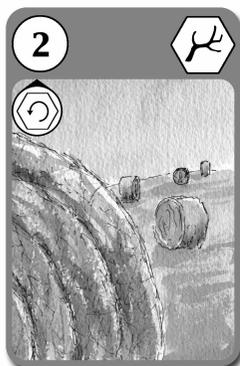
La culture de la vigne montre particulièrement bien le rapport existant entre l'ensoleillement et la formation de biomasse : les bonnes années pour le vin sont presque toujours des années particulièrement ensoleillées. Il se forme alors beaucoup de sucre dans les raisins – le viticulteur (vigneron) parle de degrés Öchsle élevés. C'est pourquoi on plante la vigne de préférence sur les versants sud, orientés de manière optimale face au soleil.



---

### **Feu** (utilisation des ressources de la nature)

Que se passe-t-il dans un feu de bois ? La chaleur libère sous forme de gaz les hydrocarbures combustibles présents dans le bois. Ils sont brûlés par l'oxygène de l'air et forment du CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) et de la vapeur d'eau. La lueur jaune des flammes vient des particules de suie brûlantes. Le charbon de bois qui subsiste s'éteint peu à peu en dégageant de la chaleur pendant plusieurs heures. A la fin, il reste un petit tas de substances minérales incombustibles : les cendres.



---

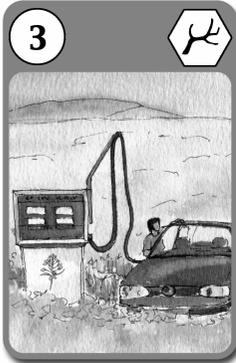
### **Balle de paille** (exploitation technique)

La „paille“ désigne la tige des céréales quand le grain en a été séparé par le battage. Dans les régions céréalières, il est possible d'utiliser cette paille comme combustible. Une balle pressée de 1,3 m × 1,2 m × 2,3 m a un contenu énergétique d'environ 2'000 kWh, ce qui correspond à 200 litres de mazout.

---

---

### Production d'huile de colza (exploitation technique)



Le colza est une plante à fleurs jaunes appartenant à la famille des crucifères. En pressant ses graines, on obtient une huile qui sert de base à des lubrifiants pour moteurs, à des huiles hydrauliques, à des peintures et des détergents, mais dont on peut aussi tirer un carburant similaire au diesel. Ce processus engendre des sous-produits : de la glycérine et des tourteaux de colza, qui peuvent servir de fourrage.

---

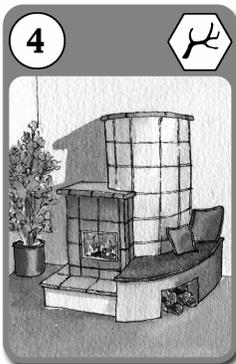
### Bûches (exploitation technique)



Les bûches sont du bois de feu provenant essentiellement d'éclaircies pratiquées dans les forêts. Elles sont fournies en morceaux de 33 cm ou 50 cm de long, soit sous forme de rondins soit déjà fendues (en quartiers). Il faut qu'elles soient bien sèches pour qu'on puisse les brûler sans problème. Elles devraient donc être entreposées deux ans au moins à un endroit protégé de la pluie, avant d'être utilisées.

---

### Poêle en catelles (exploitation technique)



Un poêle en catelles s'installe dans la partie habitation d'un logement et transmet directement sa chaleur à l'air ambiant. On l'alimente généralement avec des → bûches. Il tient son nom des carreaux de céramique qui le recouvrent. Ceux-ci servent d'accumulateurs et dégagent de la chaleur encore longtemps après que le feu s'est éteint.

---

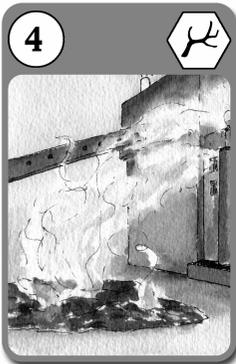
### **Pellets** (exploitation technique)



Les pellets ont à peu près la même taille qu'une longue pilule. Ils sont composés de sous-produits de bois non-traité (déchets de bois provenant de forêts, copeaux de rabotage, de sciage) qui sont broyés, comprimés et moulés pour former de petits rouleaux. Les pellets sont brûlés dans des installations de chauffage entièrement automatisées. Contrairement aux → plaquettes de bois, ils ont l'avantage de présenter une forme et une taille régulières, ce qui réduit les risques de dérangement de l'installation de chauffage.

---

### **Fermentation de la biomasse** (exploitation technique)



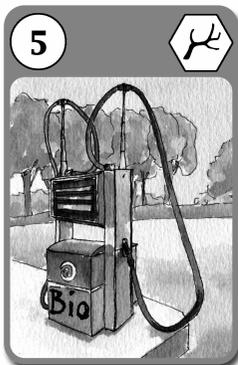
On peut faire fermenter toutes sortes de matières sans apport d'oxygène : des déchets végétaux frais, des déjections animales, des déchets d'abattoirs, des restes de repas, etc. Cette fermentation produit ce qu'on appelle du biogaz, présentant une composition similaire à celle du gaz naturel et offrant les mêmes possibilités d'utilisation. Le biogaz permet, en effet, de se chauffer, de faire fonctionner des véhicules ou de produire de l'électricité. – Ce processus produit un compost que l'on peut utiliser comme engrais.

---

### **Plaquettes de bois** (exploitation technique)

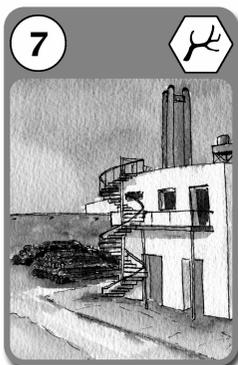


Le bois de feu peut être déchiqueté à la machine pour produire ce qu'on appelle des plaquettes. Comme certaines de ces déchiqueteuses sont mobiles, ce travail peut aussi se faire directement en forêt. – Les chauffages consommant des plaquettes de bois fonctionnent de manière entièrement automatisée. On peut les régler de façon à brûler sans dommage des plaquettes fraîches, qui n'ont subi aucun séchage préalable (chauffages à plaquettes vertes).



### Station-service pour le biodiesel (exploitation technique)

Le biodiesel est produit à partir d'huile de colza (→ production d'huile de colza). Une surface cultivée d'un hectare (10'000 m<sup>2</sup>) fournit environ 1'100 litres de biodiesel par récolte. Cela suffit pour couvrir la consommation annuelle d'un véhicule individuel privé. – A noter : le biodiesel a pratiquement les mêmes caractéristiques que le diesel conventionnel, il peut donc être utilisé dans n'importe quel moteur diesel.



### Centrale thermique au bois (exploitation technique)

Le bois permet aussi de produire de l'électricité. La méthode la plus simple consiste à créer de la vapeur avec une chaudière alimentée au bois et d'entraîner ainsi une turbine à vapeur. La chaleur produite est utilisée pour chauffer des maisons proches (au moyen d'un réseau thermique). Elle peut aussi être injectée dans un grand réseau de chauffage à distance.



### Feu de forêt (effet préjudiciable)

Les feux de forêt peuvent résulter de coups de foudre, d'un autoallumage de la végétation forestière desséchée, d'une négligence humaine ou être provoqués de manière intentionnelle. Ils ont de graves conséquences écologiques, surtout en été, lorsque la couche d'humus est détruite jusqu'au sol minéral. Les feux de forêt surviennent la plupart du temps pendant des périodes de sécheresse ; ils sont extrêmement dangereux pour les êtres humains et les animaux en raison de la rapidité avec laquelle ils se propagent.

---

## Géothermie



Comme à l'intérieur du Soleil, des noyaux d'atome libèrent de l'énergie à l'intérieur de la Terre. Là, il ne s'agit pas d'un phénomène de fusion : des noyaux d'atome relativement lourds comme des noyaux d'uranium se désintègrent en noyaux plus légers. Au cours de ce processus, une partie de la matière est également convertie en énergie, conformément à la formule d'Einstein  $E=mc^2$ . C'est pour cette raison que, dans la croûte terrestre, la température augmente de  $3^{\circ}\text{C}$  en moyenne tous les  $100\text{m}$ . – La quantité d'énergie qui rayonne à la surface de la Terre depuis ses profondeurs correspond à la consommation d'énergie totale de la planète prévue pour 2100.

---

### Dragon (symbole « ENIX le lutin »)



Le dragon est une créature fabuleuse née de l'esprit humain. Il personnifie souvent le mal que devront vaincre les héros de légendes, recevant pour récompense l'amour d'une belle princesse. Toutefois, d'autres récits évoquent la sagesse des dragons, qui peut être très utile aux êtres humains.

---

### Geyser (phénomène naturel)



Ce mot islandais désigne des sources d'eau très chaude présentes dans des régions volcaniques. Les geysers émettent par intermittences des jets d'eau et de vapeur. L'eau ou la vapeur se met à jaillir lorsque la pression de la vapeur dépasse un certain seuil. Des matières minérales se déposent autour de ces sources, formant ce qu'on appelle des concrétions. On trouve notamment des geysers en Islande, dans le parc de Yellowstone (aux Etats-Unis), en Nouvelle-Zélande, au Kamtchatka (Russie) et au Japon.

---

---

### **Cave enterrée** (utilisation des ressources de la nature)



Une pièce aménagée sous terre compense les variations de température annuelles et journalières : en hiver, elle est plus chaude et en été plus fraîche que l'air extérieur. Elle convient donc particulièrement bien à la maturation et au stockage de vin, de fromage et de diverses autres marchandises.

---

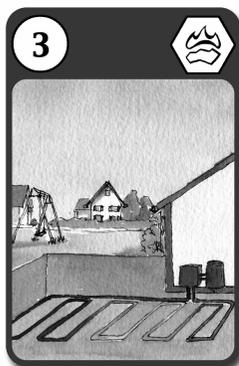
### **Bain thermal** (utilisation des ressources de la nature)



Une source thermale est une source chaude à très chaude, contenant souvent des substances minérales aux vertus curatives. On connaît les bains thermaux depuis le 5ème siècle avant J.-C. Ils constituent souvent des lieux de rendez-vous appréciés. Ainsi à Rome dans l'Antiquité ou aujourd'hui encore en Islande.

---

### **Registre géothermique** (exploitation technique)



Le registre géothermique exploite le même phénomène que la → cave enterrée. Il se compose de tuyaux posés assez profondément dans la terre pour résister au gel (au moins 1,30 m). On peut par exemple y rafraîchir de l'air destiné à une installation d'aération, en été, et le préchauffer en hiver. Il peut aussi servir à préchauffer de l'eau amenée à une pompe à chaleur (→ maison avec sonde géothermique).

---

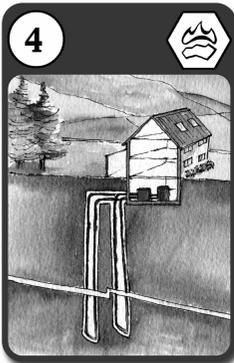
### Source brûlante (phénomène naturel)



Dans les régions volcaniques, il n'est pas rare de rencontrer des sources extrêmement chaudes. Elles sont parfois soufrées, comme l'indiquent les dépôts sédimentaires jaune soufre qui les entourent et une odeur typique d'œufs pourris (provenant de l'hydrogène sulfuré). A noter : A Reykjavík, la capitale de l'Islande, la majeure partie des maisons sont raccordées à un réseau de chauffage à distance, qui tire sa chaleur de sources d'eau chaude.

---

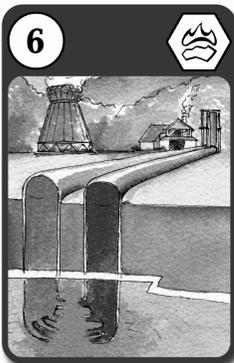
### Maison avec sonde géothermique (exploitation technique)



On fait circuler de l'eau dans un trou de 50 m à 100 m au moins, obtenu par forage. L'eau légèrement tempérée par la chaleur de la terre est conduite à une pompe à chaleur. Cette pompe fonctionne à l'électricité ou au gaz et prélève la chaleur de l'eau. Cette chaleur sert à chauffer la maison, de préférence par un chauffage au sol, car celui-ci peut fonctionner à basse température.

---

### Centrale géothermique (exploitation technique)

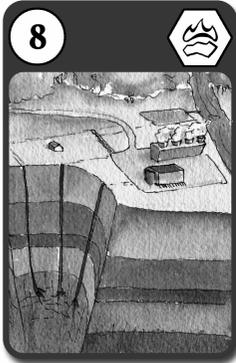


On trouve notamment des centrales géothermiques en Islande et en Italie. Elles utilisent des sources extrêmement chaudes où l'eau sous pression ou la vapeur atteignent des températures bien supérieures à 100°C. De l'électricité est produite au moyen de turbines à vapeur.

---

### Deep Heat Mining = Hot Dry Rock

(exploitation technique)



Ces expressions anglaises signifient littéralement „minage chaleur profonde“ et „roche chaude sèche“. Les centrales fonctionnant selon ce principe ne dépendent pas de sources d'eau chaude et peuvent aussi être construites dans des régions non volcaniques. On pompe de l'eau à plusieurs kilomètres de profondeur à travers de la roche fissurée et très chaude. La chaleur de l'eau qui arrive en retour est exploitée au moyen d'une turbine à vapeur.

---

### Epanchement de lave (effet préjudiciable)



La lave est de la roche fondue et incandescente parvenant à la surface de la terre lors d'une éruption volcanique. Selon la viscosité de la lave, les fragments de lave éjectés par le volcan, qu'on appelle des bombes, vont prendre les formes les plus diverses : bombe en fuseau, formée par une masse de lave fluide qui a tourné sur elle-même en se refroidissant, bombe en croûte de pain, formée par un fragment de lave visqueuse, bombe en bouse de vache, formée par un fragment plastique.

---

### Eruption volcanique (effet préjudiciable)



Les éruptions volcaniques impliquent toujours des dangers pour les êtres humains et les animaux : le parcours de la coulée de lave dévastatrice est souvent imprévisible ; le volcan peut émettre des vapeurs et des cendres toxiques ; la fonte de glaciers qu'il entraîne parfois, peut provoquer une inondation. Aucun autre événement naturel ne peut modifier un paysage aussi rapidement. C'est à la fois unique et fascinant et les régions volcaniques sont donc souvent des pôles d'attraction pour la recherche et le tourisme.

