

**1 année TC Sciences de la matière**  
**Unité Découverte 2 D213**

**Les énergies renouvelables**

**Sommaire.**

**I- Généralités sur l'énergie**

- 1- Définition
- 2 – Histoire de l'énergie
- 3 - Unités de l'énergie
- 4 – formes de l'énergie

**II - Les énergies renouvelables :**

A - Définition

B - Différentes sources d'énergies renouvelables

- Energie solaire
  - photo-thermique
  - photovoltaïque
  - stockage de l'énergie solaire
- Energie éolienne
- Energie des océans
- Energie hydraulique
- Energie géothermique
- La bioénergie (biomasse)

C - Les énergies renouvelables dans le monde

## الطاقة المتجددة

تُعتبر الطّاقة مكوّناً أساسياً من مكوّنات الكون، تشتقّ الطّاقة عادةً من مصادر طبيعيّة وأخرى غير طبيعيّة، لذلك تقسم إلى نوعين رئيسيين هما:

- الطاقة المتجدّدة: وهي التي تعتمد على المصادر الطبيعيّة.
- وأخرى غير متجدّدة، وتعتمد على مصادر غير طبيعيّة، لكنّها تشكّلت مع الزّمن وتحت تأثير مجموعة من العوامل.

الطاقة المتجددة وهي نوع من أنواع الطّاقة التي لا تنضب ولا تنفد، وتشير تسميتها إلى أنّها كلما شارفت على الانتهاء تتواجد مجدّداً، ويكون مصدرها أحد الموارد الطبيعيّة، كالرياح، والمياه، والشّمس، وأهمّ ما يميزها أنّها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة، كونها لا تخلف غازات ضارّة كثاني أكسيد الكربون، ولا تؤثر سلباً على البيئة المحيطة بها، كما أنّها لا تلعب دوراً ذا أثر في مستوى درجات الحرارة.

**مميزات الطاقة المتجددة :** هناك مجموعة من الميّزات التي تتمتع بها الطاقة المتجدّدة، وتجعلها مصدراً مميّزاً للطاقة، وأهمّها:

- ❖ تتواجد الطّاقة المتجدّدة بشكل جيّد في كافّة أنحاء العالم.
- ❖ تعتبر الطّاقة المتجدّدة صديقة للبيئة ونظيفة.
- ❖ تتواجد بشكل دائم، وتكون قابلةً للتجدّد مرّة أخرى.
- ❖ يسهل استخدامها بالاعتماد على تقنيات وآليات بسيطة.
- ❖ تمتاز بأنّها طاقة اقتصادية جدّاً.
- ❖ تساعد على التّخفيف من أضرار الانبعاثات الغازيّة والحراريّة.
- ❖ تستخدم تقنيات غير معقّدة، ويمكن تصنيعها محلياً في الدّول النّامية.

**أنواع الطاقة المتجددة :** تأتي الطّاقة المتجدّدة من عدّة مصادر

➤ **الطّاقة الشمسيّة:** تُعتبر الأشعة الصّادرة من الشمس وما تحمله معها من حرارة وضوء مصدراً للطّاقة الشمسيّة؛ حيث استغلها الإنسان في مصالحه، وسخرهما بالاعتماد على وسائل وتقنيات تكنولوجيّة. ويمكن الاستفادة من الشّمس في توليد الطّاقة الحراريّة والكهربائيّة، فأما الطّاقة الكهربائيّة فيمكن توليدها من خلال الطّاقة الشمسيّة باستخدام المحرّكات الحراريّة، وألواح الخلايا الضوئيّة الجهديّة، والمحوّلات الفولتوضويّة.

➤ **طاقة الرياح:** يلجأ الإنسان إلى الاعتماد على توربينات الرياح لاستخراج الطاقة من الرياح، وتوليد الطاقة الكهربائية منها، كما تستخدم طاقة الرياح لإنتاج الطاقة الميكانيكية فيما يُسمى بطواحين الهواء.

➤ **الطاقة المائية:** يستخدم هذا النوع من الطاقة في استغلال الطاقة المائية لتوليد الطاقة الكهربائية، وتعتبر طاقة نظيفة للغاية، وذات انتشار واسع. وفي عملية استغلال هذه الطاقة يتم الاعتماد كلياً على الطاقة الكامنة في مياه السدود، أو طاقة الوضع، وتحويلها إلى طاقة حركية من خلال سقوط الماء وانسيابه من أعلى إلى أسفل، لتتم إدارة توربينات التوليد، فيبدأ المولد الكهربائي بالدوران، وبالتالي يعمل على إنتاج الطاقة الكهربائية.

➤ **طاقة الحرارة الأرضية:** أن درجة حرارة المياه التي يتم استخراجها من باطن الأرض هي المحدد الرئيسي لمدى كفاءة محطات الطاقة الحرارية الأرضية أثناء توليد الطاقة الكهربائية، ونتيجة انخفاض درجة حرارة الماء الذي يتم رفعه، فإن محطات استغلال الطاقة الحرارية الأرضية قد اتّسمت بانخفاض كفاءتها.

➤ **طاقة المحيطات:** يعتمد هذا النوع من الطاقة المتجددة على ظاهرتي المدّ والجزر، واللتان تحدثان تحت تأثير الجاذبية بين القمر والشمس، ودورة الكرة الأرضية حول محورها، ويتم استغلال هاتين الظاهرتين بالاعتماد على التيارات المخزنة في المياه خلال فترة حدوث ظاهرتي المدّ والجزر، وتُستخدم في كثير من الدول لتوليد الكهرباء، ويتم ذلك من خلال بناء السدود أو التوربينات، وذلك للاستغناء عن بعض الشيء عن محطات الطاقة الحرارية.

➤ **الطاقة الحيوية** (المعروفة بطاقة الكتلة الحيوية) هي استخدام المواد العضوية (نباتات، حيوانات الخ...) كوقود بواسطة تقنيات كجمع الغاز والتغويز (تحويل المواد الصلبة إلى غاز)، والاحتراق والهضم (للفضلات الرطبة). إذا ما تم استخدام الكتلة الحيوية بشكل مناسب فإنها تشكل مصدراً قيماً للطاقة المتجددة، لكن معظمها يعتمد على كيفية إنتاج وقود الكتلة الحيوية. تتضمن مصادر طاقة الكتلة الحيوية:

- الخشب
- النفايات الرطبة (مسالخ، الطعام وتصنيع الطعام)
- النفايات الصلبة المختلطة (النفايات المنزلية وبقايا النباتات و الحيوانات)

**1 - Définition** : l'énergie est un concept très difficile à décrire. Car, il s'agit de quelque chose d'abstrait. L'énergie ne peut pas être vue ou mesurée de façon directe. Son existence se manifeste uniquement par son action directe ou indirecte pour transformer (changer) l'état d'un système donné.

L'énergie est définie en physique comme la capacité d'un système à produire un travail<sup>1</sup>, entraînant un mouvement ou produisant par exemple de la lumière, de la chaleur ou de l'électricité.

L'énergie est une grandeur scalaire, déterminée par un nombre et une unité.

## **2 - Histoire de l'énergie :**

L'histoire de l'énergie est intimement liée à celle de l'humanité, ainsi qu'à l'histoire des inventions et des techniques nouvelles. Jusqu'au Moyen Âge, la force musculaire de l'homme et de l'animal constituent la source principale d'énergie. L'invention de l'arc pour la chasse constitue un progrès dans la maîtrise de cette énergie : il est possible d'emmagasiner celle-ci en tirant sur la corde et de la libérer brutalement en la lâchant. L'énergie du vent est progressivement utilisée pour voyager sur des bateaux à voiles. Pour moulinier le grain, on construit des moulins à vent, puis à eau. Le bois puis le charbon permettent le chauffage ; il devient alors possible de fabriquer la brique, le bronze ou le fer. À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, la machine à vapeur permet de monter de lourdes charges, notamment l'eau des puits des mines ; on l'utilise au XIX<sup>e</sup> siècle à nouveau pour voyager grâce aux locomotives.

Les moteurs au diesel, puis à l'essence sont inventés. L'énergie électrique est fabriquée à partir d'énergie hydraulique. Au XX<sup>e</sup> siècle, on invente l'énergie d'origine nucléaire.

### 3 - Unités de l'énergie :

- **Le joule** (unité S.I) : c'est le travail produit par une force de un (01) Newton dont le point d'application se déplace de un (01) mètre dans la direction de la force.
- **La calorie** : c'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un gramme d'eau pour augmenter sa température de 14,5 à 15,5 C° ; (1 cal = 4,18 joules).
- **Le wattheure (Wh)** : il correspond à l'énergie consommée (ou délivrée) par un système d'une puissance de un (1) Watt pendant une heure ; (1 Wh = 3600 joules).
- **L'électron volt** →  $1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19}$  joules

### 4 - Formes de l'énergie :

Il existe 5 différentes formes d'énergie :

- a - L'énergie mécanique
- b - L'énergie électrique
- c - L'énergie thermique
- d - L'énergie nucléaire
- e - L'énergie chimique

#### a - L'énergie mécanique

**Définition** : Est une quantité utilisée en mécanique classique pour désigner l'énergie emmagasinée lorsqu'une force extérieure agit sur un corps, elle dépend de la position et de la vitesse du corps.

L'énergie mécanique  $E_m$  est la somme de l'énergie cinétique  $E_c$  et l'énergie potentielle  $E_p$  :

- l'énergie potentielle : le travail de la force extérieure

- l'énergie cinétique est due à la vitesse

$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad E_p = m \cdot g \cdot z \quad \text{pesanteur} \quad E_p = \frac{1}{2}kx^2 \quad \text{ressort}$$

Exemple 1 : Quelle est l'énergie cinétique d'un véhicule de 1500 kg se déplaçant à une vitesse de 100 km/h?

$$m = 1500 \text{ kg} \\ v = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$$

Solution :

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \\ E_k = \frac{1}{2} \times 1500 \text{ kg} \times (27,8 \text{ m/s})^2$$

Exemple 2 :  $E_k = 5,79 \times 10^5 \text{ J} = 579 \text{ kJ}$  Quelle est l'énergie potentielle gravitationnelle de la voiture de l'exemple précédent, si elle est située sur un pont de 100 m de hauteur?

Réponse :  $E_p = mgh$

$$E_p = 1500 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m} \\ E_p = 1,47 \times 10^6 \text{ J} = 1,47 \text{ MJ}$$

## **b - L'énergie électrique :**

**Définition :** elle désigne toute énergie transférée ou stockée grâce à l'électricité. L'énergie électrique n'est pas une énergie primaire, c'est à dire qu'il faut une autre énergie pour la produire (mouvement mécanique, champs magnétique, ...). Cette énergie est utilisée directement pour produire de la lumière ou de la chaleur.

L'expression de l'énergie électrique est proportionnelle à la quantité de charge  $Q$  et au potentiel  $V$  :

$$E_{\text{él}} = Q \cdot V$$

D'autre part  $Q = I t$  ce qui donne

$$E_{el} = V \cdot I \cdot t$$

L'unité de mesure utilisée pour mesurer les grosses quantités d'énergie électrique est le kilowattheure (kWh)

$$1\text{kWh} = 10^3 \cdot 3600 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

On définit aussi la puissance électrique  $P_{el}$  :

$$P_{el} = \frac{E_{el}}{t}$$

La puissance électrique est définie aussi par :

$$P_{el} = V \cdot I = R \cdot I^2$$

R la résistance électrique

La loi de Joule définit le dégagement d'énergie dissipée sous forme de chaleur

$$E_{el} = R \cdot I^2 \cdot T$$

Exemple 3 : Quelle quantité d'énergie est dissipée à chaque seconde par une résistance de  $50 \Omega$  parcourue par un courant de  $0,3 \text{ A}$ ?

Votre dernier compte d'électricité indique que vous avez consommé  $5120 \text{ kW.h}$  au cours des 100 derniers jours. Quelle puissance moyenne, en watts, avez-vous utilisé au cours de cette période?

Réponse :  $E_{el} = R \cdot I^2 \cdot t$

$$E_{el} = 50 \times 0,3^2 \times 1 = 4,5 \text{ j}$$

$$P_{el} = \frac{E_{el}}{t} = \frac{5120 \times 1000}{100 \times 24} = 2133 \text{ w}$$

### c - L'énergie thermique

**Définition :** L'énergie thermique est l'énergie cinétique d'agitation microscopique d'un objet, qui est due à une agitation désordonnée de ses

molécules et de ses atomes. Sachant que dans tous les matériaux, les atomes ou les molécules sont en mouvement de vibration constant et continu.

La variation de température d'un corps de masse  $m$  qui échange de l'énergie thermique peut être exprimé avec la relation suivante:

$$Q = m \cdot C_m \cdot (T_f - T_i)$$

Exemple 4 : Calculer la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 300 litres d'eau de 20 à 100°C. Exprimer le résultat en Joule, kJoule, kWattheure.

On donne :  $C_m = 4,18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$

Réponse :  $Q = m C_m (T_f - T_i)$

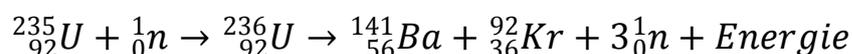
$$Q = 300 \times 4,18 \times 1000 (100 - 20) = 10^8 \text{ j}$$

$$Q = 10^5 \text{ kJ} \quad \text{et} \quad Q = \frac{10^5}{3600} = 27,77 \text{ kw.h}$$

#### d - L'énergie nucléaire :

**Définition :** L'énergie nucléaire est l'énergie associée à la force de cohésion des nucléons, la force nucléaire forte (protons et neutrons) au sein du noyau des atomes. Les transformations du noyau libérant cette énergie sont appelées réactions nucléaires.

**Origine de l'énergie nucléaire :** La liaison des protons et des neutrons par des forces nucléaires est la source de l'énergie nucléaire. Celle-ci peut être libérée de deux manières soit par une réaction nucléaire de fission (est le phénomène par lequel le noyau d'un atome lourd est divisé en plusieurs nucléides plus légers, généralement deux nucléides ou une réaction nucléaire de fusion (est une réaction nucléaire dans laquelle deux noyaux des atomes légers, en général d'hydrogène et ses isotopes (le deutérium et le tritium), se combinent pour former un noyau plus lourd. .



Exemple 5 : Désintégration de l'iode  $^{131}_{53}I$  au  $^{131}_{54}Xe$

- Ecrire l'équation de désintégration.
- Calculer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'iode en joule et en MeV. On donne :

Masses atomiques :  $M_I = 130,8770$  u.m.a  $M_{Xe} = 130,8754$  u.m.a  $M_{\text{électron}} = 0,00055$  u.m.a.  $1\text{u.m.a} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  Kg  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s



$$\Delta E = \Delta m c^2$$

$$\Delta E = (130,8754 + 0,00055 - 130,8770) \times 1,66 \cdot 10^{-27} \times 9 \cdot 10^{16}$$

$$\Delta E = 4,5 \cdot 10^{-11} \text{ j}$$

$$\Delta E = 2,8 \cdot 10^8 \text{ ev} = 280 \text{ Mev}$$

## e – L'énergie chimique

**Définition :** L'énergie potentielle chimique est une forme d'énergie potentielle associée à l'agencement structurel des atomes ou des molécules. Cet agencement peut résulter de liaisons chimiques entre les molécules. L'énergie chimique d'une substance peut être transformée en d'autres formes d'énergie par réaction chimique. Cette énergie de nature calorifique.

Exemple 6 : Un récipient renferme 75 kg d'eau à 15°C. On veut porter cette eau à la température de 100°C. A cette fin, on a brûlé 4,2 kg de charbon. Trouver la quantité de chaleur dégagée par la combustion du charbon. On sait qu'un gramme de charbon dégage en brûlant 33,60 kJ

Réponse :  $Q = 4,2 \cdot 1000 \times 33,6 = 141,12 \cdot 10^3 \text{ kj}$

# Les énergies renouvelables

**1-Définition :** les énergies renouvelables sont celles qui se produisent de manière continue et qui sont inépuisables à une échelle humaine. Dans cette catégorie, on trouve différentes formes d'énergies, à savoir :

- L'énergie solaire الطاقة الشمسية
- L'énergie éolienne طاقة الرياح
- L'énergie hydraulique الطاقة المائية
- L'énergie des océans طاقة المحيطات
- L'énergie géothermique الطاقة الحرارية الجوفية
- L'énergie de biomasse طاقة الفضلات

Les énergies renouvelables participent à la lutte contre l'effet de serre et les rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, elles n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Les énergies renouvelables connaissent un développement important depuis les années 1990, qui s'inscrit dans les politiques de lutte contre le réchauffement climatique

## 2 – Les différents types de l'énergie renouvelables :

### 2-1 : L'énergie solaire :

Le soleil (réacteur nucléaire) émet un spectre de rayonnement électromagnétique (E, H) très étendu (rayons cosmiques, gamma, X, UV, IR, μ-onde s, ondes radios). Ce rayonnement arrive à la terre à travers l'espace sous forme de quanta d'énergie autrement dit sous forme de photons. Chaque photon (grain d'énergie), porte une énergie donnée par la relation de Planck :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ou ( $\lambda=c.T=c/\nu$ ),  $h$  est la constante de Planck,  $\nu$  la fréquence,  $c$  la vitesse de la lumière dans le vide,  $\lambda$  la longueur d'onde de la lumière émise.

Naturellement, ces photons réagissent avec l'atmosphère (par absorption et dispersion) et la surface de la terre.

**La densité surfacique d'énergie** (ou énergie surfacique) est la quantité d'énergie associée à une unité de surface. Cette densité dépend du jour de l'année :

$$E_{\text{Sol}} = 1367 \times (1 + 0,0334 \times \text{Cos}(360 \times (j - 2,7206) / 365,25)), \text{ en W/m}^2$$

La valeur moyenne de cette densité est de  $1361 \text{ W/m}^2$

L'exploitation de l'énergie solaire se fait de façon directe ou indirecte :

- L'énergie solaire photothermique ( الطاقة الشمسية الحرارية ) qui utilise directement la chaleur transmise par le rayonnement.
- L'énergie solaire photovoltaïque ( الطاقة الشمسية الضوئية الكهربائية ) qui utilise le rayonnement lui-même pour le transformer en énergie électrique.

#### - **Energie solaire photothermique :**

Lorsqu'on éclaire la surface d'un corps par un rayonnement solaire, La lumière est totalement absorbée à la surface et on observe l'échauffement de ce corps. L'énergie photonique se transforme en agitation moléculaires et donc en chaleur (se propage dans tous le corps) ce qui se traduit dans la plus part du temps par une augmentation de température de ce corps.

- La conversion se fait un capteur photothermique, qui permet de récupérer l'énergie solaire avant de la transformer en chaleur. Celle-ci peut être utilisée directement ou indirectement.
- L'utilisation directe sert à chauffer les locaux ou de l'eau sanitaire par le moyen des panneaux solaires chauffants et chauffe-eau solaire, ou même pour cuire des aliments (four solaire pour la cuisine)

### Exemple 7 : Utilisation de l'énergie solaire photothermique:

L'eau chaude de certains foyers est ainsi obtenue en utilisant des panneaux thermiques solaires. Le débit du fluide caloporteur circulant à l'intérieur des tuyaux est  $D = 50 \text{ L/h}$ . L'eau entre à la température  $18^\circ\text{C}$  et sort à la température  $54^\circ\text{C}$ .

- Calculer l'énergie reçue par l'eau pendant une durée d'une heure. En déduire la puissance fournie par le panneau.
- Le panneau thermique solaire a pour surface  $S=2,6 \text{ m}^2$ . Calculer le rendement de ce pour une puissance lumineuse reçue de  $1000\text{w/m}^2$ .

**Données :** pour élever de  $1^\circ\text{C}$  la température de  $1\text{kg}$  (donc  $1\text{L}$ ) d'eau, il faut fournir une énergie de  $4,21 \text{ kJ}$  dans les conditions d'utilisation du panneau.

Réponse :

En 1 heure de temps,  $50 \text{ L}$  d'eau circulent dans le circuit sous le panneau, et reçoivent l'énergie du soleil par rayonnement. L'élévation de température de l'eau est :

$$Q = m C_m(T_f - T_i) = 50 \times 4,21 \times 36 = 7,6 \cdot 10^3 \text{ kJ} = 7,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

La puissance fournie par le panneau est

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{7,6 \cdot 10^6}{3600} = 2,1 \cdot 10^3 \text{ W} = 2,1 \text{ kW}$$

La puissance totale du panneau est :

$$P_{\text{tot}} = 1000 \times 2,6 = 2,6 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Le rendement de ce panneau est :

$$R = \frac{P}{P_{\text{tot}}} = \frac{2,1 \cdot 10^3}{2,6 \cdot 10^3} = 0,81 \quad 81\%$$

## - **Energie solaire photovoltaïque**

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons liés sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque interne.

L'énergie est apportée par les photons qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique sous l'action d'un champ électrique intrinsèque qui règne au niveau de la zone dite de jonction. Ce courant continu de micro-puissance calculé en watt crête peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur. L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries ou en électricité injectée dans le réseau de distribution de l'Etat.

Donc, l'énergie photovoltaïque se base sur l'effet **photoélectrique** pour créer un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique. Cette source de lumière peut être naturelle (soleil) ou-bien artificielle (une ampoule).

L'énergie photovoltaïque est captée par des cellules photovoltaïques, un composant électronique qui produit de l'électricité lorsqu'il est exposé à la lumière. Plusieurs cellules peuvent être reliées pour former un module solaire photovoltaïque ou un panneau photovoltaïque. Une installation photovoltaïque connectée à un réseau d'électricité se compose généralement de plusieurs panneaux photovoltaïques, leur nombre pouvant varier d'une dizaine à plusieurs milliers

**L'effet photoélectrique :** C'est l'émission d'électrons par un matériau soumis à l'action de la lumière. On distinguera alors deux effets : des électrons sont éjectés du matériau (émission photoélectrique) et une modification de la conductivité du matériau (photoconductivité, effet photovoltaïque)

Après l'absorption du photon par l'atome, le photoélectron émis a une énergie

$$E_e = E_{ph} - E_{lia} \quad E_{lia} \text{ c'est l'énergie de liaison de l'électron à l'atome}$$

$$E_{ph} = h \cdot \nu \text{ hypothèse posée par Planck.}$$

$h$  constante de Planck =  $6,62 \times 10^{-34}$  j.s et  $\nu$  fréquence  $s^{-1}$ . =  $c/\lambda$

**Exemple 1 :** On éclaire une plaque de cuivre ( $E_{lia} = 4,7$  eV) avec de la lumière ultraviolette  $\lambda = 200$  nm. On désire déterminer la vitesse maximale des photoélectrons. (La masse de l'électron est  $9,11 \cdot 10^{-31}$  kg).

**Solution :**  $E_e = E_{ph} - E_{lia}$

$$\frac{1}{2} mv^2 = 6,62 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} - 4,7 \times 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$\frac{1}{2} mv^2 = 2,425 \cdot 10^{-19}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 2,425 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

**Exemple 2 :** Une pompe a été installée afin de remonter l'eau d'un puits. Le moteur de cette pompe est alimenté lors de son fonctionnement par une batterie d'un panneau solaire photovoltaïque.

Dans la zone concernée, la puissance lumineuse reçue par mètre carré de surface terrestre vaut  $1,4 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Le panneau solaire, de surface  $S = 2,0 \text{ m}^2$ , convertit au maximum 15 % de cette puissance lumineuse en puissance électrique. Quelle est la puissance lumineuse reçue par le panneau solaire photovoltaïque. En déduire la puissance électrique maximale fournie par le panneau solaire photovoltaïque.

**Solution :**

La puissance lumineuse reçue par le panneau solaire photovoltaïque est :

$$P_L = 1400 \times 2 = 2800 \text{ W}$$

La puissance électrique maximale fournie par le panneau solaire photovoltaïque est :

$$P_{el} = 2800 \times 0,15 = 420 \text{ W}$$

## **2 – 2 L'énergie éolienne :**

**Définition :** L'énergie éolienne est l'énergie du vent dont la force motrice est utilisée dans le déplacement de voiliers et autres véhicules ou transformée au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou dans un moulin à vent.

**Utilisation :** L'énergie éolienne est utilisée de trois manières :

- 1- Conservation de l'énergie mécanique : le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule ou tourner un moulin.
- 2-Transformation en force motrice (pompage de liquides, compression de fluides).
- 3- Production d'énergie électrique : Lorsque le vent se met à souffler, les forces qui s'appliquent sur les pales des hélices induisent la mise en rotation du rotor du générateur d'électricité.

### **Avantages et inconvénients de l'énergie éolienne :**

- L'énergie éolienne est une énergie renouvelable qui ne nécessite aucun carburant, ne crée pas de gaz à effet de serre, ne produit pas de déchets toxiques ou radioactifs.
- L'énergie éolienne produit de l'électricité éolienne : sans dégrader la qualité de l'air, sans polluer les eaux (pas de rejet dans le milieu aquatique, pas de pollution thermique), sans polluer les sols.
- La production éolienne d'électricité suit notre consommation d'énergie : le vent souffle plus souvent en hiver, cette saison étant celle où la demande d'électricité est la plus forte.
- Des effets sur le paysage (esthétique), problème de bruit, d'interférences électromagnétiques.

**La durée de vie d'une éolienne :** La durée de vie d'une éolienne varie entre 20 et 30 ans. Les matériaux et mécanismes d'une éolienne, exposés aux vents et aux intempéries, subissent de fortes contraintes physiques. Les pièces finissent par s'user et se fragiliser, ce qui réduit les performances et la sécurité des machines.

**Exemple :**

Une éolienne a les caractéristiques suivantes :

- Diamètre de rotor : 100 m avec 3 pales,
- Coefficient d'efficacité  $C_p = 0,44$ .

Calculer la puissance captée par l'éolienne pour une vitesse de vent de 7 m/s puis pour une vitesse de vent de 10 m/s.

La masse volumique de l'air  $\rho = 1,225\text{kg/m}^3$ .

**Solution :**

La puissance théoriquement récupérable :

$$P = \frac{E_c}{t} = \frac{\frac{1}{2} M v^2}{t}$$

on pose  $m = \frac{M}{t}$  la masse du volume d'air traversant la surfa S pendant une seconde

$$P_T = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \rho V v^2 = \frac{1}{2} \rho S v^3$$

La puissance captée réellement :

$$P_R = P_T \cdot C_p$$

Donc : 
$$P_R = \frac{1}{2} C_p \rho S v^3$$

A.N. :

Pour  $v = 7\text{m/s}$  
$$P_R = 0,5 \cdot 0,44 \cdot 1,225 \cdot 3,14 \cdot 50^2 \cdot 7^3 = 726\text{kW}$$

Pour  $v = 10\text{m/s}$  
$$P_R = 0,5 \cdot 0,44 \cdot 1,225 \cdot 3,14 \cdot 50^2 \cdot 10^3 = 2116,65 \text{ kW}$$

## **2 - 3 L'énergie hydraulique**

**Définition :** L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chutes d'eau, cours d'eau. Ce mouvement peut être utilisé directement, par exemple avec un moulin à eau, ou plus couramment être converti, par exemple en énergie électrique dans une centrale hydroélectrique.

L'énergie hydraulique est en fait une énergie cinétique liée au déplacement de l'eau comme dans les cours d'eau ou l'utilisation d'une énergie potentielle comme dans le cas des chutes d'eau et des barrages.

### **L'électricité hydraulique ou hydroélectricité**

La production d'électricité hydraulique exploite l'énergie mécanique (cinétique et potentielle) de l'eau. Le principe utilisé pour produire de l'électricité avec la force de l'eau est le même que pour les moulins à eau de l'Antiquité. Au lieu d'activer une roue, la force de l'eau active une turbine qui déclenche un alternateur et produit de l'électricité.

### **Les avantages de l'hydroélectricité**

L'eau servant à produire l'énergie hydroélectrique est renouvelable et stockable : elle peut donc être utilisée en cas de pic de consommation puis réutilisée. Cette façon d'emmagasiner de l'énergie potentielle est d'autant plus efficace qu'une centrale hydroélectrique peut atteindre sa puissance maximale en quelques minutes.

Très efficace, l'hydroélectricité terrestre présente un bon rendement : 90 % de l'énergie de l'eau en mouvement est convertie en électricité. De plus, l'utilisation des centrales hydroélectriques n'émet pas de gaz à effet de serre, elle ne produit pas de déchets ou de pollution.

**Exemple :**

Une chute d'eau de 15,5m de haut débit 1,18m<sup>3</sup>/s. Elle fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur fournissant un courant d'intensité 500A.

La conversion d'énergie potentielle en énergie cinétique de rotation se fait avec un rendement  $r = 0,82$

- Quelle est la puissance mécanique fournie par l'eau ?
- Calculer la puissance mécanique reçue par l'alternateur.
- Calculer la f. é.m. De l'alternateur.

**Solution :**

La puissance mécanique (énergie potentielle gravitationnelle) :

$$P_p = \frac{Mgh}{t}$$

M : la masse de la qtté d'eau

m : la masse de la qtté d'eau par seconde

$$P_p = mgh$$

$$P_p = 1,18 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 15,5$$

$$P_p = 179,24 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La puissance mécanique reçue par l'alternateur :

$$P_c = P_p \cdot r$$

$$P_c = 179,24 \cdot 10^3 \times 0,82 = 146,72 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La force électromotrice de l'alternateur :

$$E = \frac{P}{I}$$

$$E = \frac{146,72 \cdot 10^3}{500} = 294 \text{ volts}$$

## **2- 4 La biomasse**

### **a- Définition :**

La biomasse représente l'ensemble de la matière organique, qu'elle soit d'origine végétale ou animale. Elle peut être issue de forêts, milieux marins et aquatiques, haies, parcs et jardins, industries générant des coproduits, des déchets organiques ou des effluents d'élevage.

Cette matière organique est la matière qui compose les êtres vivants et leurs résidus ayant pour particularité d'être toujours composée de carbone (du bois aux feuilles en passant par la paille, les déchets alimentaires, le fumier). Bref, une source d'énergie tirée de ce qui pousse et de ce qui vit !

La biomasse a plus d'un atout ! - D'abord, cette source d'énergie ne risque pas de s'épuiser, comme c'est le cas des énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz). En effet, quand la moindre goutte de pétrole met des millions d'années à se former dans le sous-sol, les arbres, eux, fabriquent 81 millions de mètres cubes de bois chaque année ! Mais surtout, elle dégage très peu de gaz à effet de serre. Bien sûr, tout comme le charbon ou le pétrole, lorsque des éléments de la biomasse brûlent, cela dégage du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le principal gaz responsable du réchauffement planétaire. La différence, c'est que la biomasse ne fait pas qu'émettre du CO<sub>2</sub>, elle en stocke aussi en poussant !

En effet, la combustion restitue la même quantité de dioxyde de carbone qui a été absorbée durant la croissance de la plante. Emission et absorption de CO<sub>2</sub> sont donc très proches dans le temps ce qui permet un bilan équilibré et un impact sur l'environnement presque nul. Ce qui n'est pas le cas pour les énergies fossiles car le carbone est relâché plusieurs centaines de millions d'années après son absorption...etc.

## **Utiliser la biomasse pour produire de l'énergie :**

- La première forme d'exploitation de la biomasse est tout simplement l'activité physique. La transformation des aliments en énergie musculaire.
- La technologie a aussi permis de développer d'autres formes d'exploitation de la biomasse, plus artificielles. Ces filières technologiques sont la combustion, la gazéification et la production de biocarburant.
- La combustion est la technique la plus simple et la plus ancienne de conversion de la biomasse en énergie. Cette transformation du bois (renommée à l'occasion bois-énergie) et des déchets agricoles.

## 2 - 5 L'énergie des océans

**Définition :** L'énergie marine provient de l'énergie potentielle, cinétique, thermique et chimique de l'eau de mer, qui peut servir à produire de l'électricité, de l'énergie thermique ou de l'eau potable. Des technologies très diverses peuvent être employées, comme les centrales marémotrices, les turbines sous-marines exploitant les marées et les courants océaniques, les échangeurs de chaleur fondés sur la transformation de l'énergie thermique des océans et divers systèmes qui tirent profit de l'énergie des vagues et des gradients de salinité.

Certaines de ces technologies se caractérisent par une forte variabilité de la production énergétique et des niveaux de prévisibilité (par ex. vagues, amplitude des marées et courants), alors que d'autres sont susceptibles d'être exploitées de façon quasi continue ou même contrôlable (par ex. l'énergie thermique des océans et le gradient de salinité). Près des côtes, l'amplitude des marées entre le niveau de basse mer et le niveau de haute mer peut dépasser dans certains sites 15 m (baie de Fundy au Canada). Et c'est cette énergie potentielle due à cette différence de hauteur qui est captée par les centrales marémotrices. Actuellement, le Royaume-Uni se positionne comme leader des technologies houlomotrices (طاقة الأمواج) et marémotrices (طاقة المد والجزر), c'est le premier pays au monde capable de lancer les premiers projets de production d'énergie marine à l'échelle commerciale.

### Les centrales marémotrices

Il faut donc installer un barrage pour créer et exploiter cette différence de hauteur d'eau. Le barrage est muni de "**pertuis**" (ouvertures بوابات) : lorsque la marée monte, ils sont ouverts et le niveau de l'eau monte dans le bassin. Dès que la mer redescend, on ferme les pertuis pour conserver l'eau. Puis, dès que la différence de hauteur entre le niveau du bassin et celui de la mer est suffisante,

on peut "libérer" l'eau du bassin en la dirigeant vers des turbines qui vont générer de l'électricité. Ainsi, l'énergie des marées est une énergie variable mais elle peut être prévue des années à l'avance. Comme pour les barrages fluviaux (قائم على ضفة النهر), c'est l'investissement qui coûte le plus cher dans une centrale marémotrice, le coût d'exploitation est en revanche très faible vu le peu de frais de maintenance. Enfin, l'énergie engendrée par les vagues et l'énergie thermique sont d'autres potentialités liées à l'exploitation de la mer.

Les centrales marémotrices ont des investissements lourds et un fonctionnement intermittent mais il n'y a pas de combustible, peu de frais d'exploitation, de maintenance et une forte disponibilité. La première et la plus puissante usine marémotrice au monde fut construite en France en 1966 dans l'estuaire (مصب) de La Rance avec une puissance de 240 MW. Les autres sont beaucoup plus petites puisque la plus importante après cette première se situe dans la baie de Fundy au Canada avec une puissance de 18 MW. Pourtant, les potentialités ne manquent pas dans le monde et s'élèveraient de 500 à 1000 TWh/an.

## 2-6 Energie géothermique

### a- Définition :

La géothermie est la chaleur présente à l'intérieur de la Terre. Elle est constituée à 30 % par la chaleur subsistant de son processus de création et à 70 % par les émissions radioactives des isotopes radioactifs. Si cette chaleur terrestre est exploitée pour produire de l'énergie, on parle alors d'énergie géothermique. L'énergie géothermique est une énergie sous forme de chaleur que l'on extrait des entrailles de la Terre.

La géothermie de moyenne et de haute énergie permet de capter dans le sous-sol terrestre des eaux et de la vapeur d'eau très chaude, utilisées dans des centrales spécifiques pour produire de l'électricité. Ces techniques ont aussi des applications industrielles.

### b- Les centrales géothermiques de moyenne énergie

Quand l'eau géothermale présente une température de 90 à 160 °C, elle peut être employée sous forme liquide dans la production d'électricité : c'est la géothermie de moyenne énergie. Cette technique fait appel à des centrales qui captent l'eau souterraine à travers des puits creusés dans le sol. Ainsi, les centrales géothermiques de moyenne énergie sont construites à proximité d'aquifères situés entre 2 000 et 4 000 mètres de profondeur. Dans les zones volcaniques, où les sous-sols renferment davantage de chaleur, les eaux utilisables par ces centrales se trouvent parfois à moins de 1 000 mètres de profondeur.

En se chauffant dans l'eau au contact des tuyaux pleins d'eau, ce liquide entre en ébullition et se vaporise. Le gaz ainsi obtenu fait tourner une **turbine** dont le mouvement produit de l'électricité. Ce gaz est ensuite refroidi et se liquéfie avant d'être réutilisé pour un nouveau cycle de production.

### **c- La géothermie de haute énergie en zone volcanique**

Si la température de l'eau géothermale dépasse 160 °C, cette eau peut servir directement, sous forme de vapeur, à faire tourner des turbines générant de l'électricité : on parle de géothermie haute énergie. Ce principe a été utilisé, dès 1913, dans la toute première centrale électrique géothermique de l'histoire, à Larderello (Italie).

## **Les énergies renouvelables dans le monde**

La demande globale pour les énergies renouvelables n'a cessé d'augmenter. La part des énergies renouvelables dans la consommation finale mondiale d'énergie était estimée en 2017 à 18,1 %, dont 7,5 % de biomasse traditionnelle (bois, déchets agricoles, etc.) et 10,6 % d'énergies renouvelables « modernes » : 4,2 % de chaleur produite par les énergies renouvelables thermiques (biomasse, géothermie, solaire).

3,6 % d'hydroélectricité.

2 % pour les autres renouvelables électriques (éolien, solaire, géothermie, biomasse, biogaz).

1 % pour les biocarburants; leur part dans la production d'électricité était estimée en 2018 à 26,2 %.

Suivant une étude de l'Agence internationale de l'énergie la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique mondial va bénéficier d'une croissance stratosphérique de 50% d'ici 2024.

Le photovoltaïque n'a pour autant pas retrouvé de croissance record en Chine, premier marché mondial mais l'Union européenne a compensé, notamment l'Espagne. Vietnam et Japon sont aussi en pleine activité, sous l'effet de mesures d'incitation, de même que l'Inde et les Etats-Unis.

"Le rythme de l'accélération sur le marché photovoltaïque en Chine reste la principale incertitude pour les estimations 2019", note le communiqué.

Côté éolien terrestre, 15% de croissance d'installations nouvelles sont prévus, notamment grâce à la Chine et aux Etats-Unis. L'essor de l'offshore devrait rester stable, à environ +5 gigawatts en 2019, portée par l'UE et la Chine.

## Les énergies renouvelables en Algérie

Production d'énergie primaire en Algérie par source (Mtep)

Source	1990	2000	2010	2014
Hydraulique	0,012	0,010	0,028	0,022
Biomasse-déchets	0,011	0,012	0,052	0,022