

Les énergies renouvelables et de récupération en Seine-et-Marne

Les énergies renouvelables

Au sens de la loi Grenelle I, les énergies renouvelables concernent : « les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz. La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets (par convention, 50 % des déchets sont considérés comme biodégradables) et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers ».

Les énergies de récupération

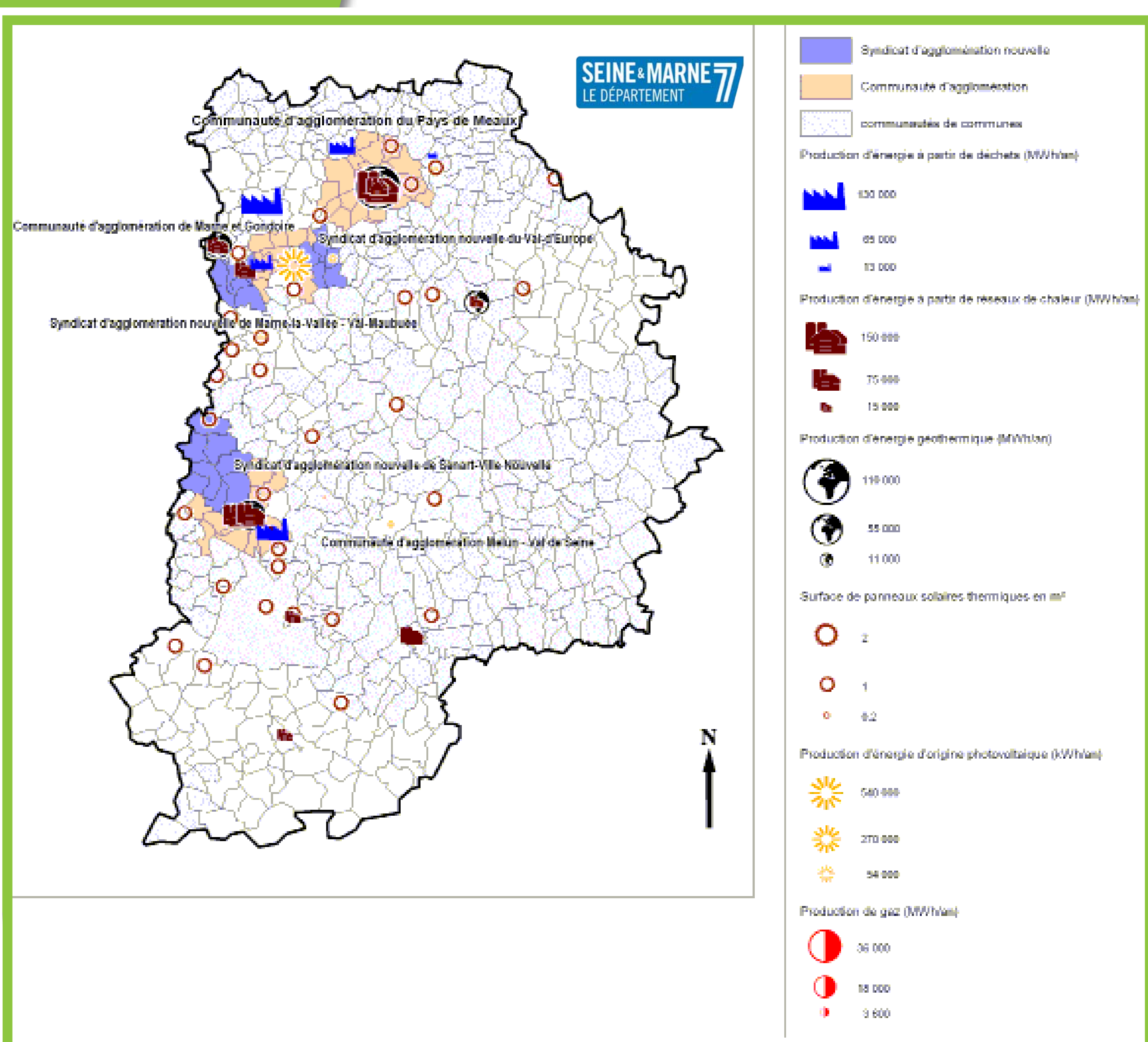
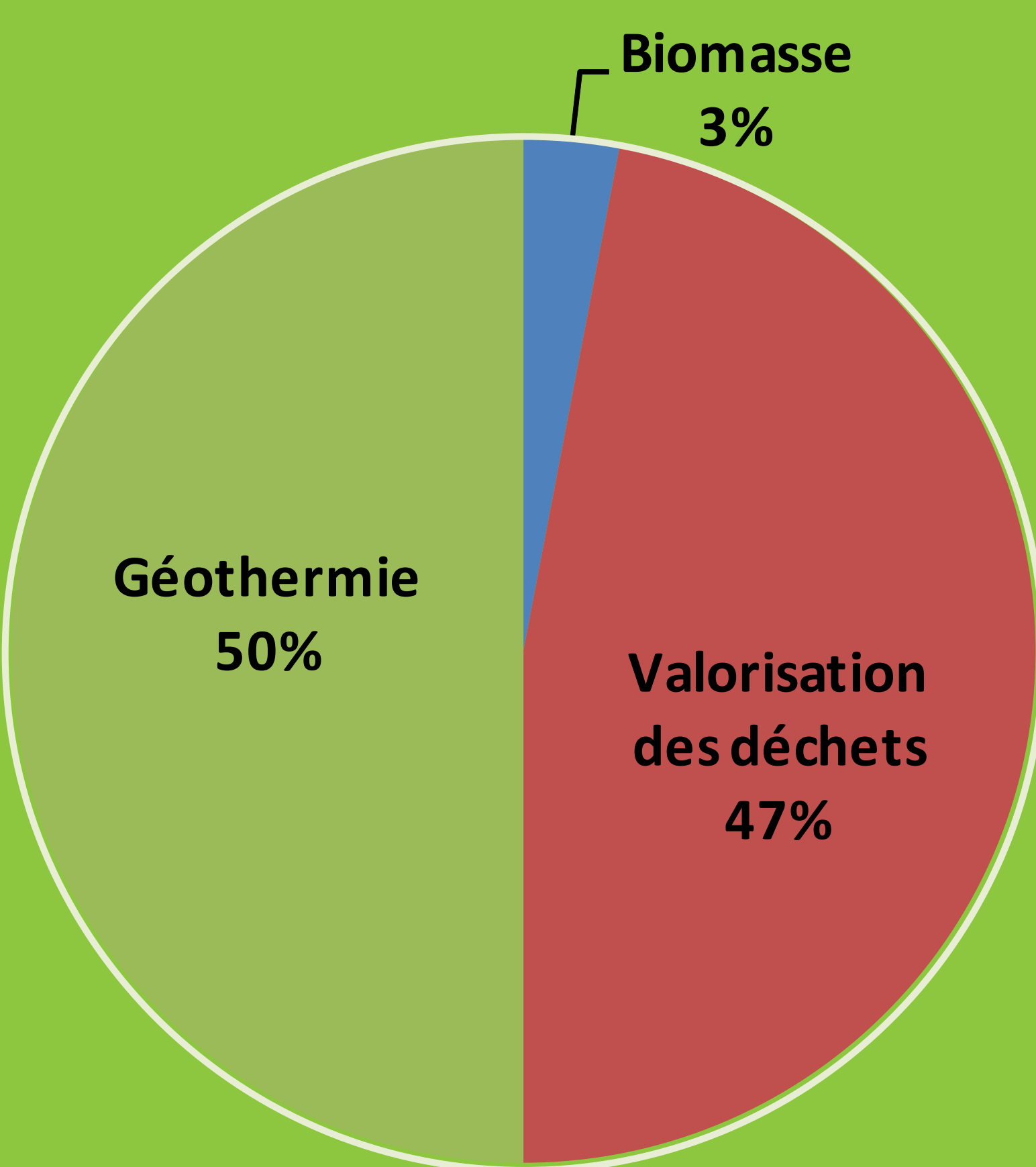
Les énergies récupérables, ou énergies fatales, désignent les quantités d'énergie inéluctablement présentes ou piégées dans certains processus ou produits, qui parfois — au moins pour partie — peuvent être récupérées ou valorisées, et qui, faute de l'être, « se perdent » dans la nature. Elles recouvrent notamment les déperditions d'énergie liées à la méthanisation ou l'incinération des déchets (fraction non biodégradable), aux processus industriels (sous forme de chaleur), aux data centers et plus généralement à tous les processus impliquant de la production de chaleur.

Le bilan de production d'énergie renouvelable en Ile-de-France est de 11 200 GWh en 2009, soit 4,7% de la consommation régionale de l'année.

Si l'on y ajoute la récupération d'énergie fatale, cela représente 5,4% de la consommation finale francilienne, et s'élève à 12 997 GWh en 2009.

> En Seine-et-Marne

Répartition de la production d'énergie d'origine renouvelable en Seine-et-Marne (ADEME/Conseil régional)



CONSEIL GÉNÉRAL DE SEINE ET MARNE



ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie



Qu'est-ce que l'énergie ?

➔ **Energie, le mot vient du grec « energia » qui signifie « force en action ».**

« **L'énergie est une grandeur qui caractérise la capacité d'un système à modifier l'état d'autres systèmes avec lesquels il entre en interaction** » (Larousse), c'est-à-dire sa propension à produire un travail ou de la chaleur.

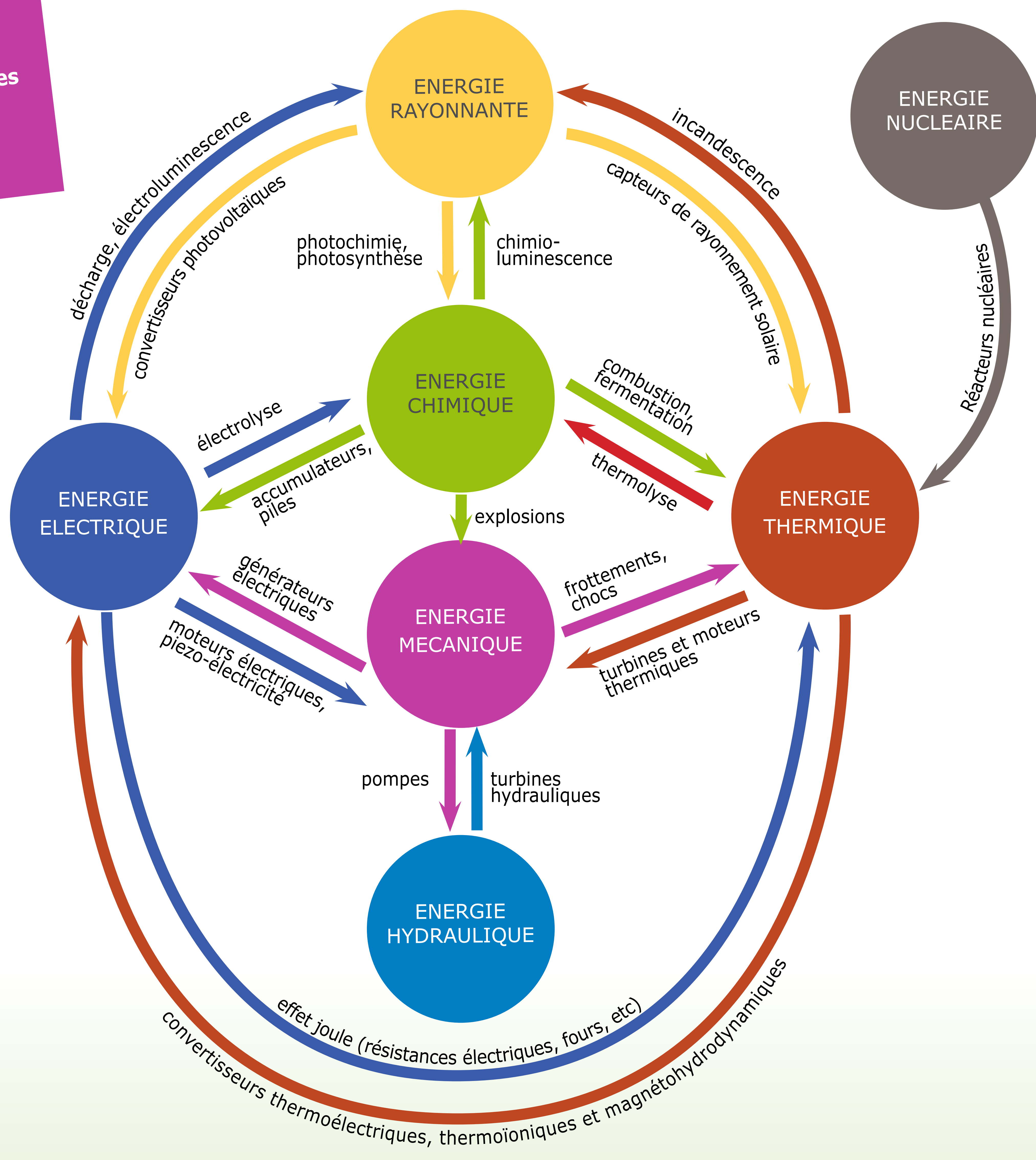
Elle se manifeste à chaque modification d'un système, comme : une montée ou une baisse de la température, un mouvement, une réaction chimique, un changement de forme.

- **L'énergie est un phénomène naturel**
Elle ne se crée pas, elle se transmet et se transforme.
- **L'énergie se mesure :**
L'unité de mesure internationale de l'énergie s'appelle le Joule, elle se note J.
 $E = mc^2$ soit $[J] = [kg] \cdot [m \cdot s^{-1}]^2$
ou encore, l'énergie est égale à la masse de l'objet multipliée par le carré de sa vitesse.
- Il existe d'autres unités :
 - **La calorie (Cal)** pour l'alimentation : 1 cal = 4,180 J
 - **Le Kilowattheure (kWh)** pour la consommation électrique : 1 kWh = 3,6 MJ (méga Joule)
 - **La Tonne équivalent pétrole (Tep)** pour les consommations d'énergie à grande échelle : 1 Tep = 41,8 GJ (giga Joule)

- **L'énergie sous toutes ses formes**
L'énergie utilisée par l'Homme peut se diviser en quatre grandes familles :
 - la chaleur
 - la force mécanique, et donc le mouvement
 - le courant électrique
 - le rayonnement lumineux
- Comme l'énergie se transforme, il est facile de passer de la chaleur au mouvement et au courant électrique ; mais chaque changement induit des pertes.
- L'énergie mécanique** désigne la somme des énergies cinétiques et potentielles contenues dans un système.
- L'énergie électromagnétique** désigne la combinaison d'énergie électrique et magnétique.

Le saviez-vous ?
L'énergie primaire correspond à l'énergie telle qu'elle existe dans la nature avant transformation par l'Homme.

Le saviez-vous ?
L'énergie grise est l'énergie cachée dans un produit, c'est-à-dire la somme des énergies nécessaires à sa production, sa fabrication, et son transport.



Le saviez-vous ?
• Une énergie est renouvelable quand la quantité disponible ne diminue pas à l'échelle de vie humaine.
• Le bois est considéré comme renouvelable car il se régénère en quelques décennies.

Les familles d'énergie :

Type	Énergie	Durabilité	Renouvellement
Flux	Vent Rayonnement solaire Force de l'eau	Inépuisable	Renouvelable
Stock	Bois	Epuisable	Renouvelable
Stock	Charbon Pétrole Uranium Gaz	Epuisable	Fossile

L'énergie une ressource précieuse pour le développement des sociétés humaines.

La facilité d'accès à l'énergie pour un peuple est corrélée à une augmentation de l'espérance de vie, une diminution de la mortalité infantile, un meilleur taux d'alphabétisation, une diminution du taux de natalité. De très fortes disparités d'accès à l'énergie subsistent dans le monde. Les ressources comme le pétrole, l'uranium et bien d'autres, s'épuisent progressivement.

Les énergies renouvelables sont souvent citées pour répondre aux interrogations de l'après pétrole et pour réduire les gaz à effet de serre. Ces énergies renouvelables qui ont accompagné le développement de l'homme jusqu'au début de la révolution industrielle ne représentent plus que 9% de la consommation énergétique française.

↳ L'énergie des origines ou la théorie du Big Bang

L'histoire de la Terre commence avec l'apparition du **Soleil**, la plus grande source d'énergie accessible.

Pourtant, l'énergie solaire représente moins de 0,1% de l'énergie utilisée par l'humanité dans son ensemble. Les plantes en utilisent environ 0,5% pour la photosynthèse.

Plusieurs formes d'énergie cohabitent sur Terre : elles ont permis le développement de la vie.

• Les forces gravitationnelles

Les forces gravitationnelles présentes dans l'univers expliquent la rotation de la Terre autour du Soleil. C'est l'énergie potentielle liée à la gravitation qui fait que l'eau présente dans notre atmosphère, retombe sous forme de précipitations, ou encore que les cours d'eau coulent du haut vers le bas.



• Le soleil

Le rayonnement solaire apporte des quantités considérables d'énergie. Il est à l'origine de la **photosynthèse** grâce à laquelle les plantes rejettent l'oxygène dans l'atmosphère. Elles ont ainsi rendu l'air "respirable". En brûlant, les plantes transmettent leur énergie sous forme de chaleur.



• La géothermie

L'âge du Soleil et de la Terre est de 4,6 milliards d'années environ. La Terre a stocké une partie de la chaleur de sa formation dans son cœur. Les éruptions volcaniques, les geysers et les sources chaudes en sont les témoignages.



• Le vent

L'énergie solaire, en réchauffant inégalement les masses d'air de l'atmosphère, est à l'origine du vent. **La chaleur est ainsi transformée en mouvement.**



• La biomasse

L'ensemble de la matière fabriquée par les êtres vivants est appelée biomasse. C'est une source importante de stockage d'énergie.



• L'électricité

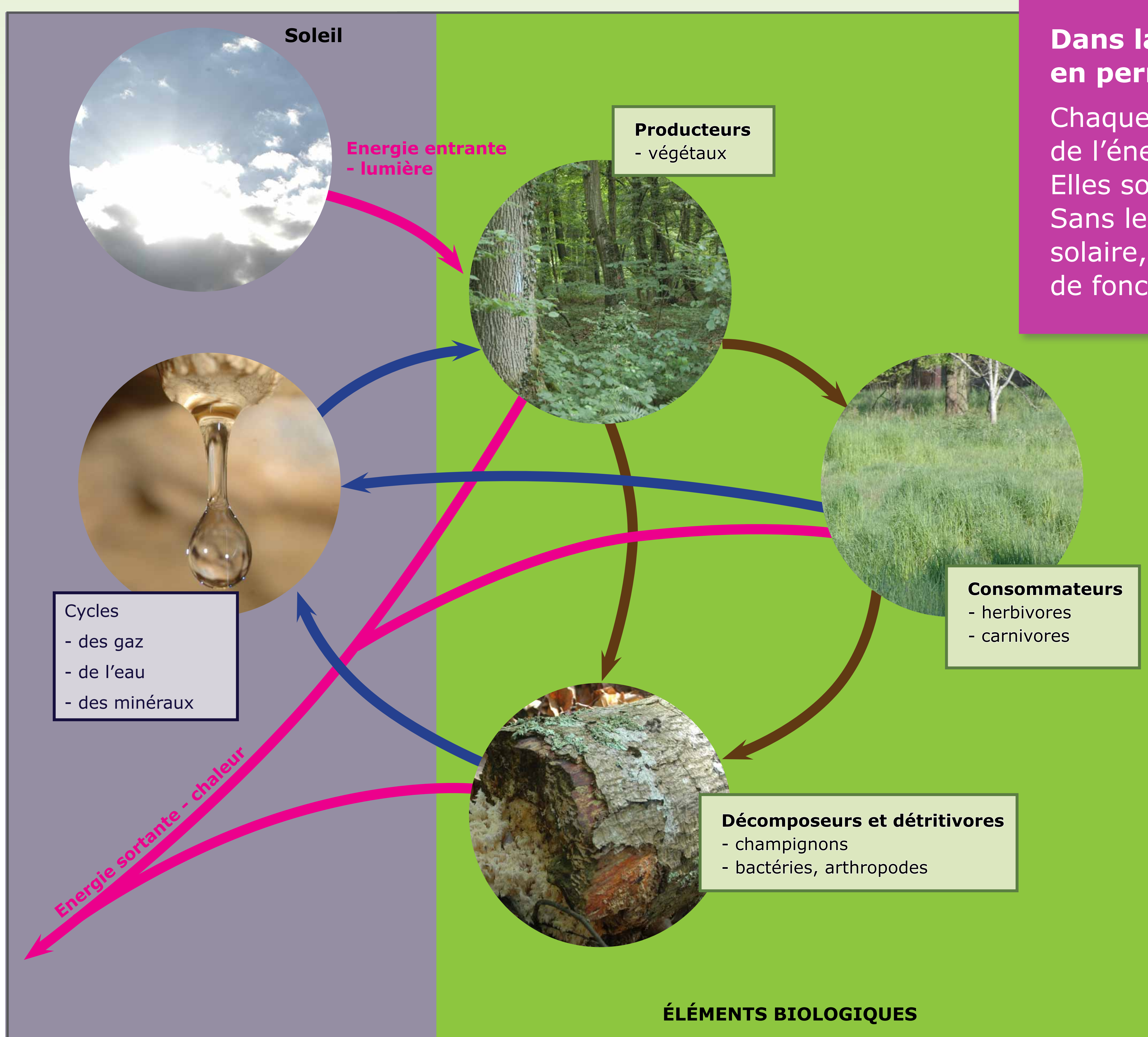
Une autre forme d'énergie existe à l'état naturel. C'est l'**énergie électrique**. Elle se manifeste sous forme d'électricité statique. Elle donne naissance à un phénomène violent : la foudre.



• Les énergies fossiles

La formation des hydrocarbures est un processus long qui s'apprécie à l'échelle de temps géologique. Les débris organiques s'accumulent dans le fond des océans. Sous l'effet de la pression notamment, et de la sédimentation, les molécules d'oxygène et d'azote présentes se détachent des débris qui se retrouvent composés principalement de carbone et d'hydrogène.

Cette matière s'appelle le kérogène (ne pas confondre avec le kérosène). En fonction des paramètres physico-chimiques et des propriétés de la roche où se trouve emprisonné le kérogène, celui-ci pourra donner du pétrole, du gaz ou du charbon, sous l'action de pyrolyse (dégradation moléculaire par la chaleur). C'est une forme de stockage, à long terme, de l'énergie chimique de la biomasse.



Dans la nature, l'énergie circule en permanence d'un élément à l'autre.

Chaque transfert ou transformation de l'énergie entraîne des pertes. Elles sont compensées par le Soleil. Sans les apports continus du rayonnement solaire, les écosystèmes s'arrêteraient de fonctionner faute d'énergie.

L'Homme découvre les énergies renouvelables

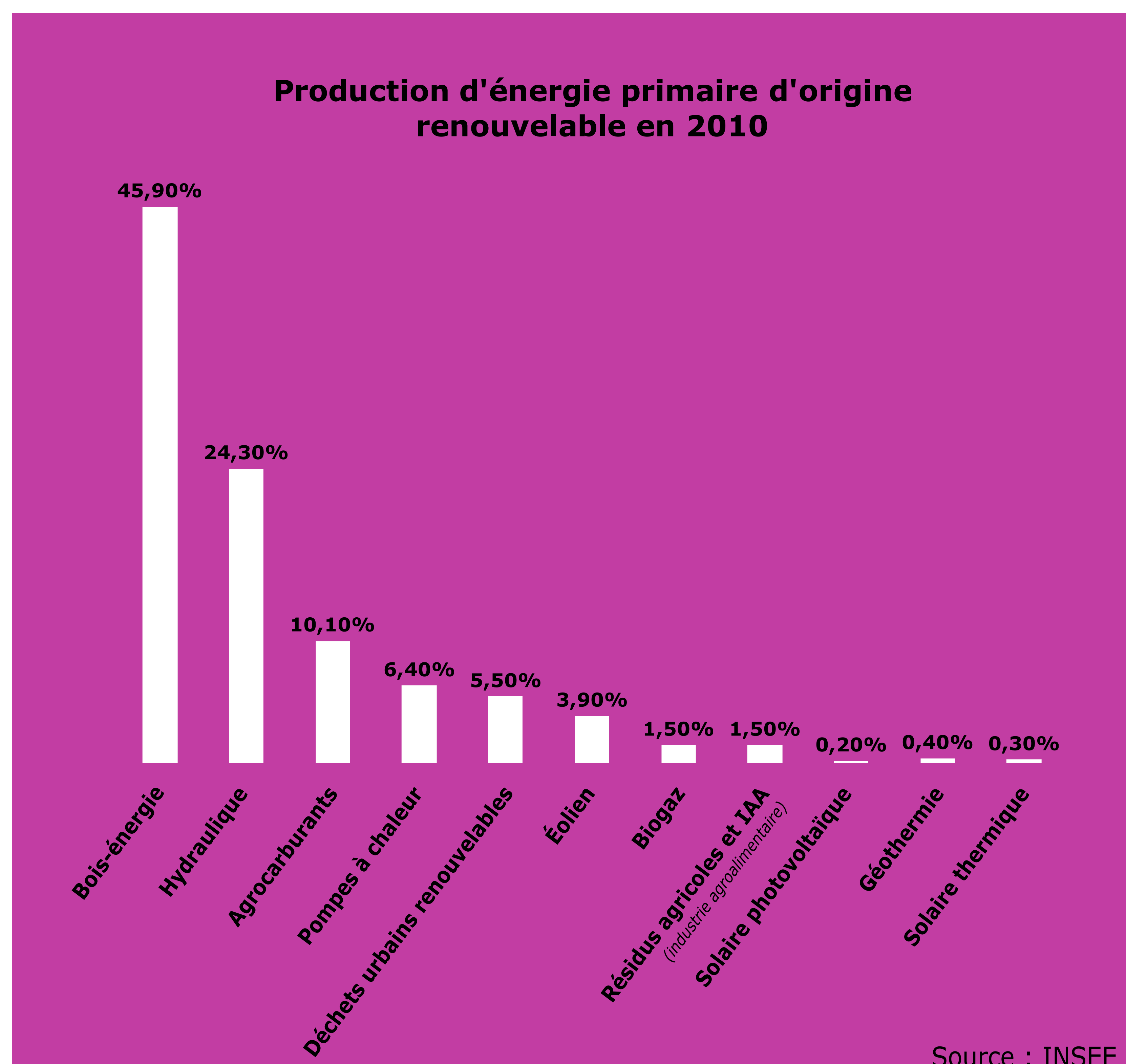
➔ **Le développement et l'expansion des sociétés humaines se sont appuyés sur la maîtrise successive des énergies renouvelables.**

Jusqu'au 19^{ème} siècle, la consommation énergétique mondiale est presque exclusivement composée d'énergies renouvelables.

C'est à partir de la révolution industrielle que les énergies fossiles ont été exploitées à grande échelle.

En France en 2010, les énergies renouvelables ont couvert seulement 9% des besoins.

	PALÉOLITHIQUE	- 500 000 ans avant JC	Maîtrise du feu Habitat troglodyte	Avantage sur les autres animaux Expansion démographique Colonisation de nouveaux territoires.
		- 40 000 ans avant JC	Utilisation de tronc flottant	
		- 20 000 ans avant JC	Bains thermaux	
	MÉSOLITHIQUE	- 10 000 ans avant JC	Agriculture	Exploitation de la photosynthèse Sédentarisation Expansion démographique
		- 5 000 ans avant JC	Traction animale Canoë	Remplacement des humains pour certaines tâches
	NÉOLITHIQUE	- 4 000 ans avant JC	Roue	Vitesse de déplacement accrue
		- 2 500 ans avant JC	Esclavage Navigation, voile	Force musculaire/Grands travaux Développement des échanges commerciaux en méditerranée, dans le Pacifique
	ANTIQUITÉ	- 600 ans avant JC	Moulin à vent	
		- 500 ans avant JC	Lampe à huile	Activité nocturne
		- 300 ans avant JC	Aimant naturel	
		- 100 ans avant JC	Moulin à eau Éolipyle (Héron d'Alexandrie) ancêtre de la machine à vapeur	Irrigation Mouture
	MOYEN-ÂGE	900	Boussole	Développement de la navigation Exploration des océans
		1000	Chandelle suif	
	TEMPS MODERNES	1660	Production d'électricité statique à partir de la boule de souffre Otton Von Guericke	Premiers pas vers la maîtrise de l'électricité
		1783	Montgolfière	
		1800	Pile Volta	
	ÉPOQUE RÉVOLUTION INDUSTRIELLE CONTEMPORAINE	1868	Invention de la dynamo	Générer un courant électrique
		1878	Chauffe eau solaire.	
		1884	Hydro-électricité	Avènement de la production d'électricité
		1954	Mise au point de la première cellule photovoltaïque	Alimentation électrique des satellites



➔ **La mécanisation du travail marque le début de la révolution industrielle.**

L'augmentation des capacités de production entraîne une explosion démographique sans précédent. Les machines, qui prennent la place des paysans dans les champs, entraînent la population à migrer vers les villes pour trouver du travail dans les usines.

Les découvertes successives sur les énergies et leurs applications ouvrent, à chaque fois, de nouvelles possibilités de développement, que ce soit pour les capacités de déplacements, pour l'amélioration du confort de vie, pour la création de nouveaux besoins, ou pour simplement produire plus.

	NÉOLITHIQUE	- 2500 ans avant JC	Découverte du pétrole	Utilisé par les Sumériens pour ses propriétés d'étanchéité
	ANTIOUITÉ	- 1000 ans avant JC	Exploitation du charbon	Chine antique
		- 450 ans avant JC	Découverte du gaz naturel	Premier forage 200 ans plus tard en Chine
	TEMPS MODERNES	18 ^{ème} siècle	Premiers puits de charbon Machine à vapeur	
	RÉVOLUTION INDUSTRIELLE	19 ^{ème} siècle	Mécanisation	1 ^{ère} révolution industrielle 18 ^{ème} et 19 ^{ème} siècle : Énergie : vapeur-charbon/moteur Secteur porteur : textile et métallurgie Matériaux : acier Transport : chemin de fer à vapeur, bateau à vapeur
		1852	Lampe à pétrole	
		1859	Premier puit de pétrole	
		1860	Moteur à explosion	2 ^{ème} révolution industrielle, milieu du 19 ^{ème} siècle : Énergie : Pétrole-électricité moteur à explosion-alternateur Secteur porteur : automobile, télécom, aviation, chimie
		1876	Téléphone	
		1879	Ampoule électrique	
		1883	Alternateur	
			ÉPOQUE CONTEMPORAINE	1942
1970				3 ^{ème} révolution industrielle, année 1970 : Energie : nucléaire-électricité réacteur nucléaire-alternateur Secteur porteur : aérospatial, aéronautique, informatique, TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) Matériaux : composite Transport : aérien

> **Les énergies fossiles assurent 91% de nos besoins en France**

Epuisement des énergies fossiles

Après 2 siècles d'exploitation massive, au niveau des consommations mondiales actuelles, **le 21^{ème} siècle verra l'épuisement :**

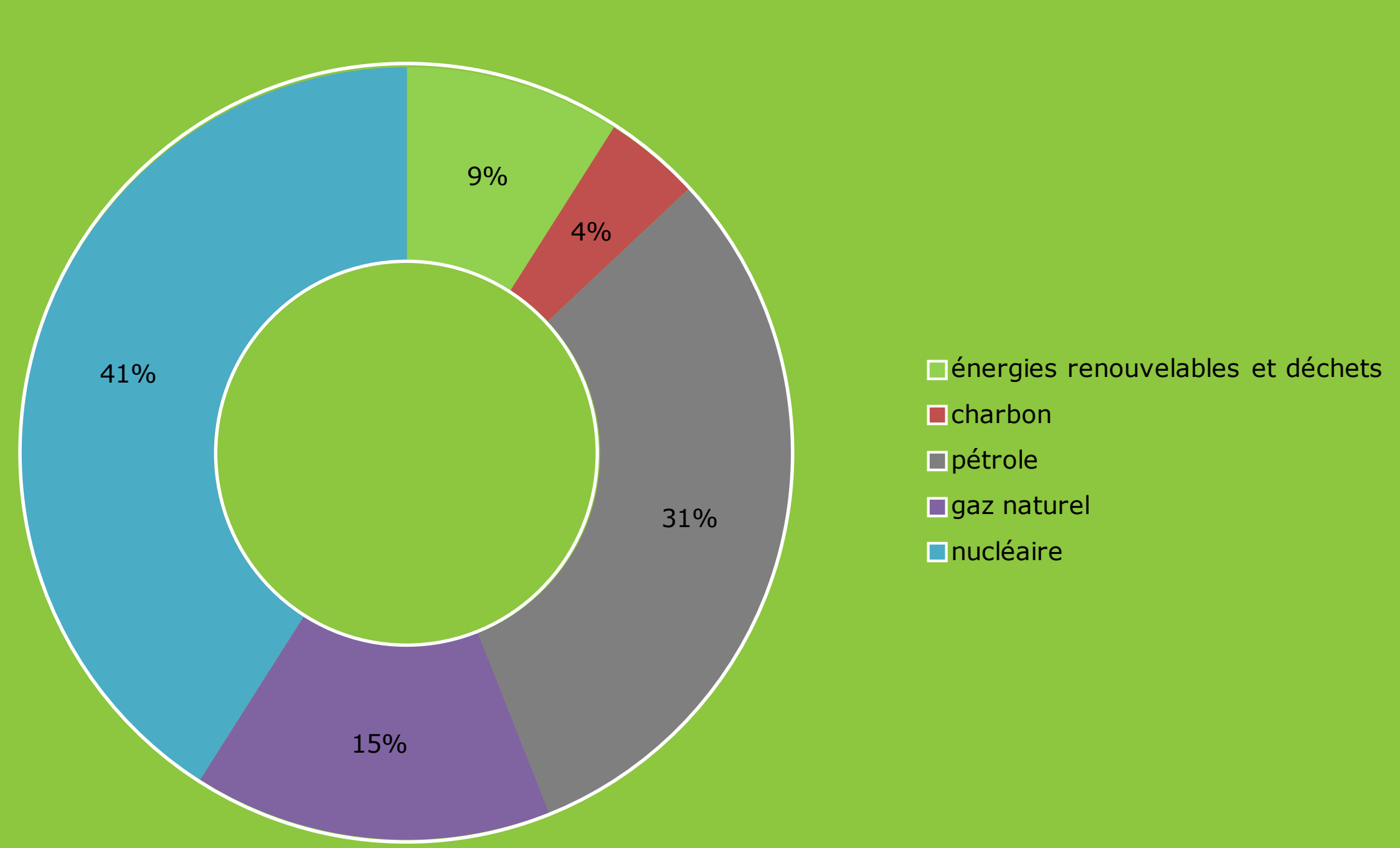
- du **pétrole** --> réserves connues : environ 40 ans,
- de l'**uranium** --> réserves connues : environ 80 ans,
- du **gaz naturel** --> réserves connues : environ 70 ans.

Pour le charbon, les réserves sont d'environ 150 ans, mais il est fortement émetteur de gaz à effet de serre. Son utilisation en grande quantité induirait une accélération brutale du changement climatique.

L'exploitation des ressources dites non conventionnelles comme les sables bitumineux et les gaz de schistes se développent. Le renchérissement rapide du prix du baril les rend économiquement compétitifs. Par contre, le coût environnemental de leur exploitation est élevé.

La Seine-et-Marne est particulièrement concernée puisque son sous-sol abrite des réserves de gaz de schistes.

Part des différentes énergies (énergie primaire)



Vers une 4^{ème} révolution industrielle

Durant 2 siècles, l'humanité a fondé son développement sur les énergies fossiles.

Qu'en sera-t-il maintenant ?

Energie : renouvelable / efficacité, sobriété

Secteur porteur : biotechnologie, nanotechnologie

Matériaux : nano particules, matériaux recyclables

Transport : remplacé par les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication)

Les innovations se multiplient

Il est déjà possible de capter l'énergie des vagues, des courants marins, des égoûts (eaux usées), des piétons, grâce à l'effet piézoélectrique...

↳ **Le recours aux énergies fossiles a engendré une élévation du taux de gaz à effet de serre en relarguant dans l'atmosphère des éléments qui étaient stockés dans les profondeurs de la Terre.**

Cette modification de la composition de l'atmosphère entraîne un réchauffement global de la planète : **+ 0,74°C depuis 1910** et, **en France, + 0,9°C en moyenne.**

Les conséquences du dérèglement climatique s'observent sur toute la planète.

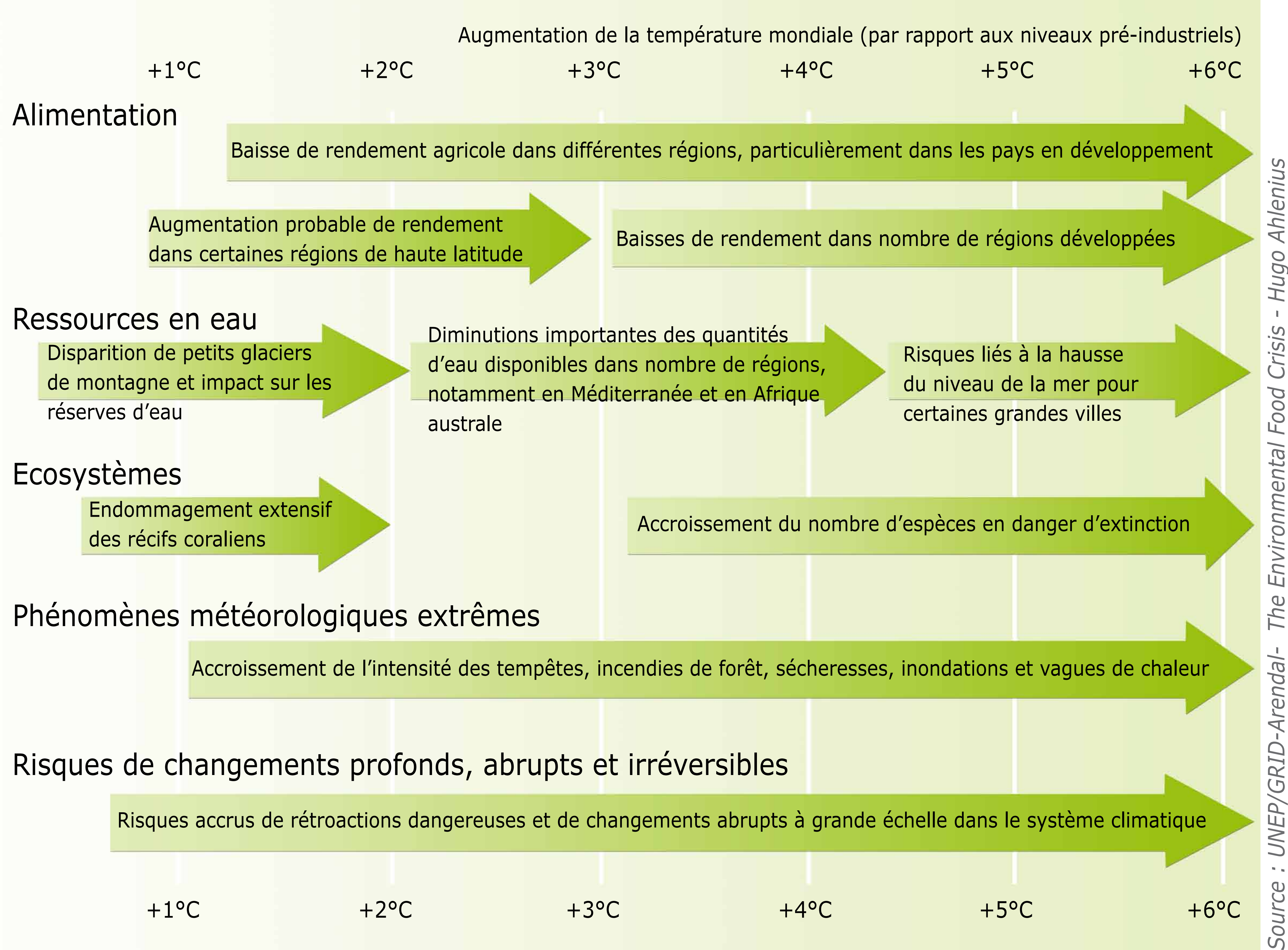
En effet, l'effet de serre lié aux activités humaines est, pour la majorité des scientifiques, responsable de la **sixième crise de biodiversité.**

De nombreuses espèces sont menacées d'extinction. La planète a déjà connu des crises de biodiversité. Celles-ci ont eu pour effet de sélectionner les espèces les plus adaptées aux nouvelles conditions de vie engendrées par les facteurs de crise. Après chaque crise de biodiversité, il y a une explosion de nouvelles espèces.

La dernière crise connue remonte à 65 millions d'années. Elle a vu l'émergence des mammifères et de l'humain il y a environ 7 millions d'années.

Mais la vie, telle que nous la connaissons, est compromise, notamment la capacité de notre environnement à répondre aux besoins de l'ensemble de l'humanité.

Projection des impacts du changement climatique



L'Europe a engagé très tôt une politique énergétique.

En 2007, des objectifs ambitieux ont été adoptés : le « 3 fois 20 ».

D'ici 2020,

- réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990,
- réaliser 20 % d'économie d'énergie,
- atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique.

La France marque une accélération avec le déploiement de nouveaux outils à destination des collectivités et donne des moyens d'atteindre le « 3 fois 20 ».

> En Seine-et-Marne

En Seine-et-Marne, le changement climatique se traduit notamment par :

- **une baisse de la pluviométrie :**
en 2011, à Melun, les précipitations annuelles accusaient un manque de près de 20 % par rapport aux normales.
Une baisse constatée depuis le début des années 2000 : hormis les années 2006 et 2007, la majorité des cumuls annuels depuis 2002 est déficitaire de plus de 10% par rapport à la pluviométrie normale.
- **une augmentation de la température :**
+ 2,1°C à Melun, + 1,7°C à Fontainebleau, en été entre 1954 et 2010
- **une remontée plus au Nord de nombreuses espèces méridionales** dont la chenille processionnaire,
- **le retrait-gonflement des argiles...**

➔ **Le rayonnement solaire apporte à la Terre plus de 10 000 fois la consommation mondiale d'énergie.**

La chaleur se transmet par différents modes :

- **la convection** : la chaleur se propage entre la surface d'un solide et un fluide (gaz, eau).
- **la conduction** : la chaleur se transmet au sein d'un même matériau. Si un matériau a une faible conductivité thermique, alors c'est un matériau isolant.
- **le rayonnement** : la chaleur est transmise par des ondes électromagnétiques (lumière infrarouge invisible). Elle est proportionnelle à la température de l'objet et se propage dans toutes les directions.

> Le principe du solaire thermique

- Il consiste à capter le rayonnement solaire et à le stocker dans le cas des systèmes passifs (véranda, serre, façade vitrée),
- ou, s'il s'agit de systèmes actifs, à redistribuer cette énergie par la circulation d'un fluide caloporteur qui peut être de l'eau, un autre liquide ou même de l'air.

L'énergie solaire thermique peut être utilisée pour :

- la production d'eau chaude,
- le chauffage des bâtiments,
- le séchage,
- la haute température,
- le refroidissement.

La principale utilisation reste la production d'eau chaude.

> Le stockage par chaleur sensible

Transmettre la chaleur à un fluide, de l'eau par exemple, le stocker et le restituer plus tard, en fonction des besoins, c'est le principe du ballon d'eau chaude sanitaire ou de la bouillotte...

L'inertie des bâtiments utilise le même principe. Certains matériaux de construction ont la capacité de stocker la chaleur durant la journée et de la restituer la nuit ou sur un cycle été/hiver.

Le saviez-vous ?

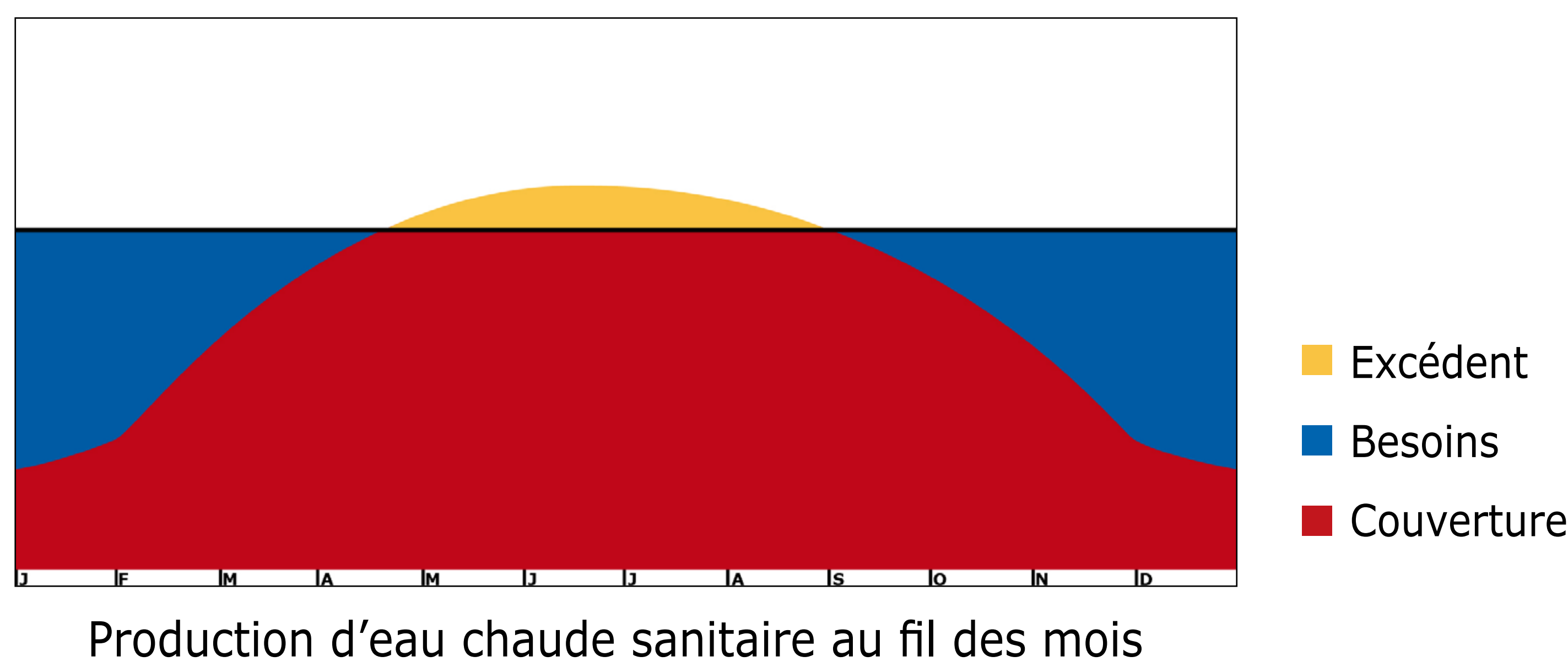
La France dispose du cinquième gisement solaire européen mais n'est que le 17^{ème} pays européen en terme de surface de panneau solaire thermique par habitant (0,032 m² par habitant en 2011). L'Ile-de-France ne comptait, en 2009, que 0,003 m² par habitant.



> Le panneau solaire thermique

Chauffer de l'eau grâce au rayonnement solaire permet de stocker la chaleur dans un ballon d'eau chaude. Les rendements varient énormément en fonction de la technologie utilisée et de l'écart de température entre le panneau et l'air extérieur en fonction du jour, de la nuit, et des saisons. C'est une énergie de flux intermittente.

Une installation bien orientée couvre 60% des besoins en eau chaude sanitaire. Pour couvrir le besoin en hiver, il faut une énergie complémentaire.



> Le panneau solaire hybride

Cela consiste à produire de l'électricité avec des panneaux photovoltaïques et à récupérer la chaleur des panneaux par la circulation d'un fluide caloporteur sous jacent alimentant un chauffe-eau ou assistant une chaudière. Outre l'optimisation de l'énergie solaire, cela permet aussi de refroidir le panneau en évitant la surchauffe. Le rendement du panneau est donc considérablement amélioré.

> Le four solaire

Le four solaire d'Odeillo dans les Pyrénées-Orientales permet de concentrer l'énergie pour atteindre des températures supérieures à 3 000°C.

Il existe des fours plus petits pour répondre aux besoins familiaux. Ils sont surtout utilisés dans les pays en voie de développement.

Les difficultés de transport de la chaleur font que la consommation doit se faire au plus près du lieu de production.

Les installations permettent de couvrir les besoins d'un foyer jusqu'à ceux d'un immeuble. Il faut compter environ 1,5 m² de panneau par personne.

Des contraintes et inconvénients

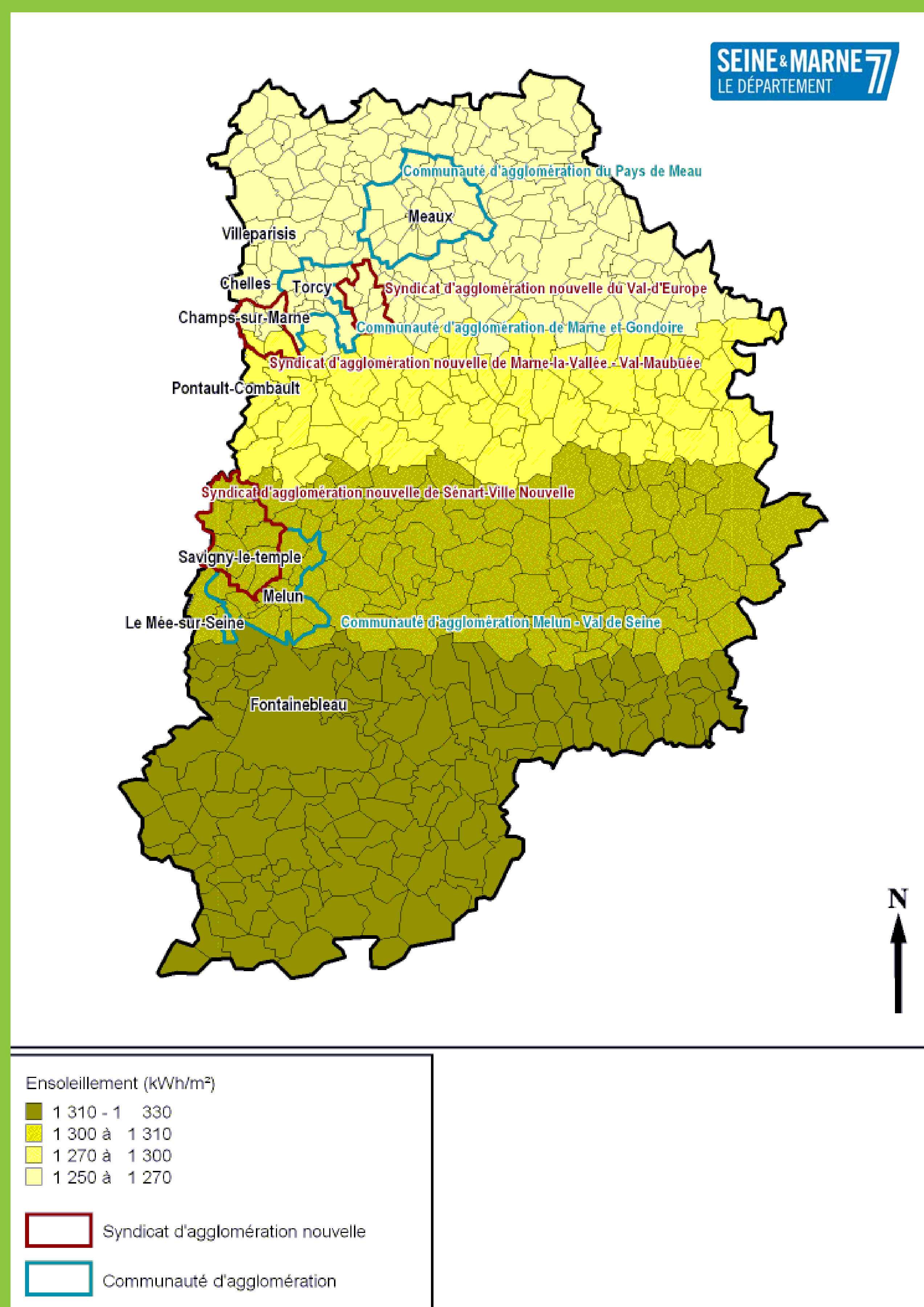
L'inclinaison des panneaux doit se situer entre 30°C et 60°C et l'orientation doit être la plus proche possible du sud.

Il faut éviter les masques : si une partie du panneau est ombragée durant la journée, le rendement diminuera.

En été, la surproduction d'eau chaude sanitaire peut entraîner des surchauffes et donc, une usure prématurée du système. En outre, le rendement dépend de l'ensoleillement. Enfin, les fuites de fluides caloporteurs émettent des gaz à effet de serre.

> En Seine-et-Marne

Le taux d'ensoleillement moyen pour le département de Seine-et-Marne est évalué à 1 270 kWh par m² et par an.



➔ **L'être humain utilise la géothermie de longue date, pour s'abriter ou stocker des denrées alimentaires (glacière, cave à vin...).**

Le principe

La géothermie consiste à récupérer la chaleur stockée en profondeur dans le sol ou dans l'eau.

Sous terre, la température est stable toute l'année.

- **La géothermie basse énergie** (température comprise entre 30°C et 90°C) sert au chauffage urbain, à certaines utilisations industrielles, au thermalisme ou encore à la balnéothérapie. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires (profondeur comprise entre 1500 et 2500 mètres).
- **La géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30°C – profondeur de nappe inférieure à 100 m) nécessite l'utilisation d'une pompe à chaleur (PAC) puisant l'énergie dans un aquifère superficiel ou un champ de sonde dans les 80 premiers centimètres du sol. Les pompes à chaleur géothermiques peuvent couvrir 100% des besoins en chauffage d'un logement, permettre également le rafraîchissement en été et la production d'eau chaude sanitaire. Le capteur (sol ou nappe d'eau) doit être dimensionné proportionnellement aux pertes de chaleur du logement.

Les captages horizontaux nécessitent une surface de terrain suffisante. La présence d'arbre, d'un sol rocheux ou la proximité d'une autre installation peut empêcher l'installation d'une pompe à chaleur géothermique.



Les réseaux d'eau chaude

S'agissant d'investissement lourd avec des captages à fortes profondeurs, la **géothermie profonde** alimente un réseau de chaleur qui dessert des bâtiments collectifs (chauffage et eau chaude sanitaire) à l'échelle d'un quartier.

La longueur du réseau est fortement corrélée au coût tant en investissement qu'en entretien, ce qui rend l'opération réservée à des habitats denses.

➤ **La géothermie profonde représente 25% des énergies utilisées pour les réseaux de chaleur en Seine-et-Marne.**

Le saviez-vous ?

Un fluide change d'état ou de phase lorsqu'il passe, par exemple, de l'état liquide à l'état gazeux. Un changement de phase se fait à température constante mais il consomme ou produit de la chaleur. Il est possible de stocker de la chaleur en évaporant un fluide et de la récupérer en le faisant se condenser. C'est le principe utilisé par les pompes à chaleur et les réfrigérateurs.



Captage géothermique de Melun : il alimente pour 67% le réseau de chaleur

Le stockage géothermique de chaleur

Le stockage intersaisonnier (stockage du froid l'hiver et du chaud l'été) présente des perspectives intéressantes.

Un premier projet «géostocal» pourrait voir le jour en Ile-de-France.

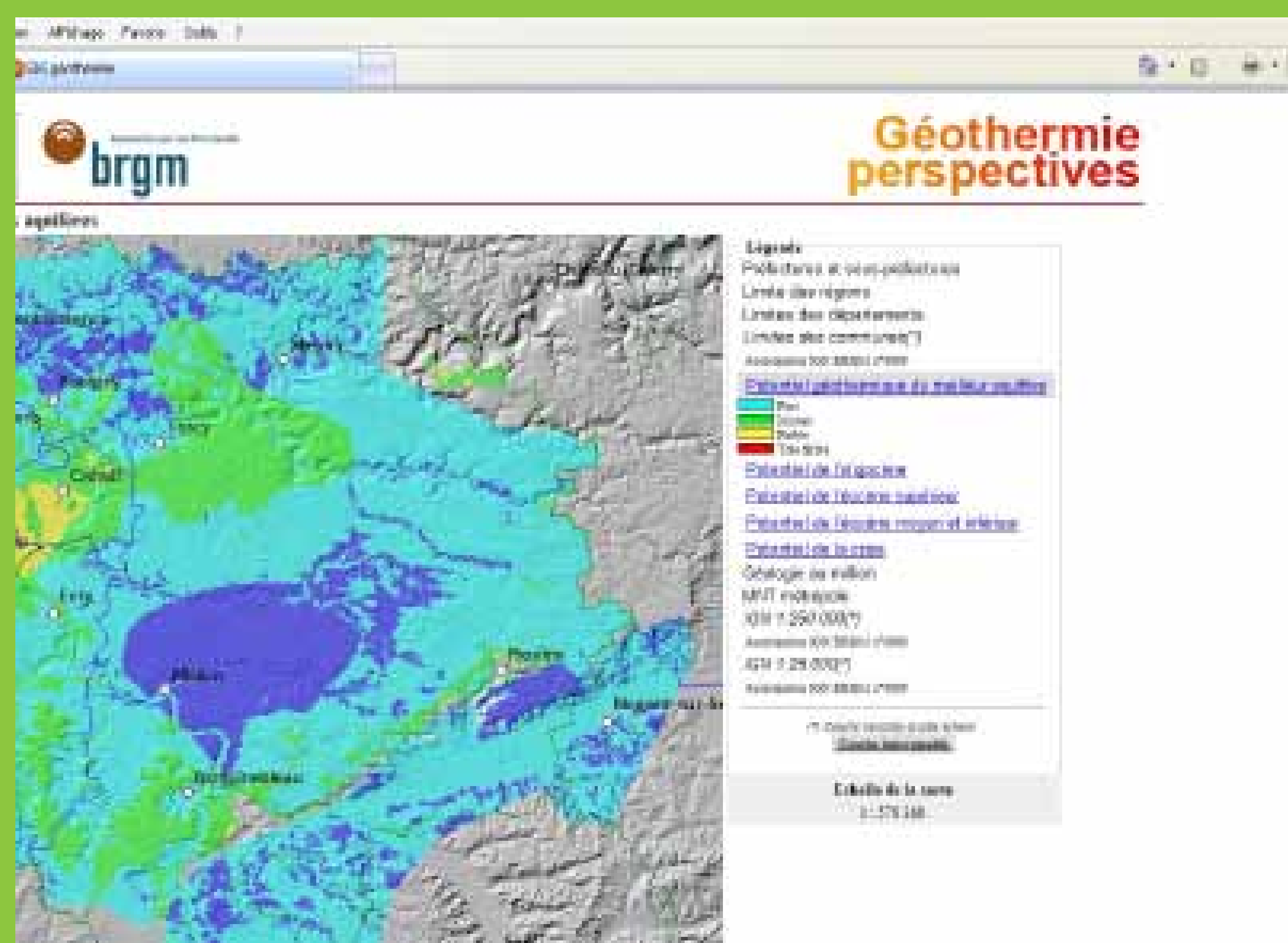
Couplé à une usine d'incinération, il consiste à réaliser une unité locale de stockage/déstockage de chaleur en aquifère profond (aquifère du Dogger). En été, la chaleur en excès issue de l'usine d'incinération d'ordures ménagères située à proximité, est transmise à l'eau et ensuite injectée dans l'aquifère.

A contrario, pendant la saison froide, l'eau réchauffée durant l'été à près de 95°C est extraite du réservoir.

On évite ainsi le refroidissement de l'aquifère profond.

> En Seine-et-Marne

La Seine-et-Marne est le département francilien qui possède un des potentiels géothermiques les plus intéressants, avec des couches (nappe du Dogger) présentant des températures supérieures à 70°C.



Système de chauffage par géothermie et réinjection de chaleur en été par solaire thermique sur le site culturel des « 26 couleurs » à Saint-Fargeau-Ponthierry.



↳ **La biomasse est un mode de stockage indirect de chaleur. En brûlant, la biomasse restitue sous forme de chaleur l'énergie chimique qu'elle a accumulée.**

La biomasse désigne l'ensemble de la matière organique, c'est-à-dire la matière qui compose faune et flore ainsi que leurs résidus. L'être humain utilise l'énergie contenue dans la biomasse via l'alimentation.

Le bois en tant qu'énergie est exploité depuis la Préhistoire.

S'il s'était décomposé naturellement, le bois aurait émis environ la même quantité de dioxyde de carbone que lors de sa combustion.

• **Les limites**

Le bois doit provenir de forêts proches du lieu d'utilisation et correctement gérées pour être neutre en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Les rendements de combustion sont tributaires de la qualité du bois (temps de séchage) et du réglage des arrivées d'air.

• **Les impacts socio-environnementaux**

- Emission de gaz à effet de serre si le bois n'est pas local ou s'il est issu de la surexploitation des forêts
- Emission de furane, dioxine, particules fines, lors de la combustion
- Possible altération de la biodiversité liée à la suppression du vieux bois et du bois mort, amplifiée par des plantations monospécifiques, voire des taillis à courte rotation et une surexploitation de la forêt
- Concurrence avec les terres agricoles et les espaces naturels pour les cultures énergétiques
- Déchets : valorisation des cendres

• **Les réalités locales**

Le bois en France en 2010, c'est 45,9% des énergies renouvelables.

En Ile-de-France, les grandes ressources de bois énergie concernent les bois déchets non souillés de classe A provenant des déchets des ménages, des déchets du BTP (Bâtiment Travaux Public) et des déchets provenant d'autres activités économiques (soit 315 kt/an au total), puis viennent le bois forestier (280 kt/an) et la paille (223 kt/an).



> **Les différentes formes de combustibles bois**

Les combustibles bois se présentent sous différentes formes :

- **les bûches** réservées aux équipements domestiques
- **les plaquettes** : il s'agit de bois déchiqueté issu de l'entretien des forêts ou de déchets de bois propres adaptés à un système automatisé
- **les granulés de sciure compactée** : plus chers, ils sont préconisés dans le cas de chaudières automatisées de faible puissance où la plaquette n'est pas adaptée. Ils sont issus des déchets de scieries.

> **Utilisations possibles :**

Les **appareils individuels** : foyers fermés, inserts, poêles et chaudières de petites puissances sont réservés à un usage dans l'habitat individuel.

Les **chaufferies collectives automatiques** présentent un chargement de combustible automatisé depuis un silo, mais également une régulation, un décendrage et un apport en air automatiques.

L'important degré d'automatisation de ces chaudières permet une très bonne qualité de combustion avec un rendement compris entre 85 et 90%. L'autonomie de la chaudière dépend du combustible utilisé et de la taille du silo de stockage.

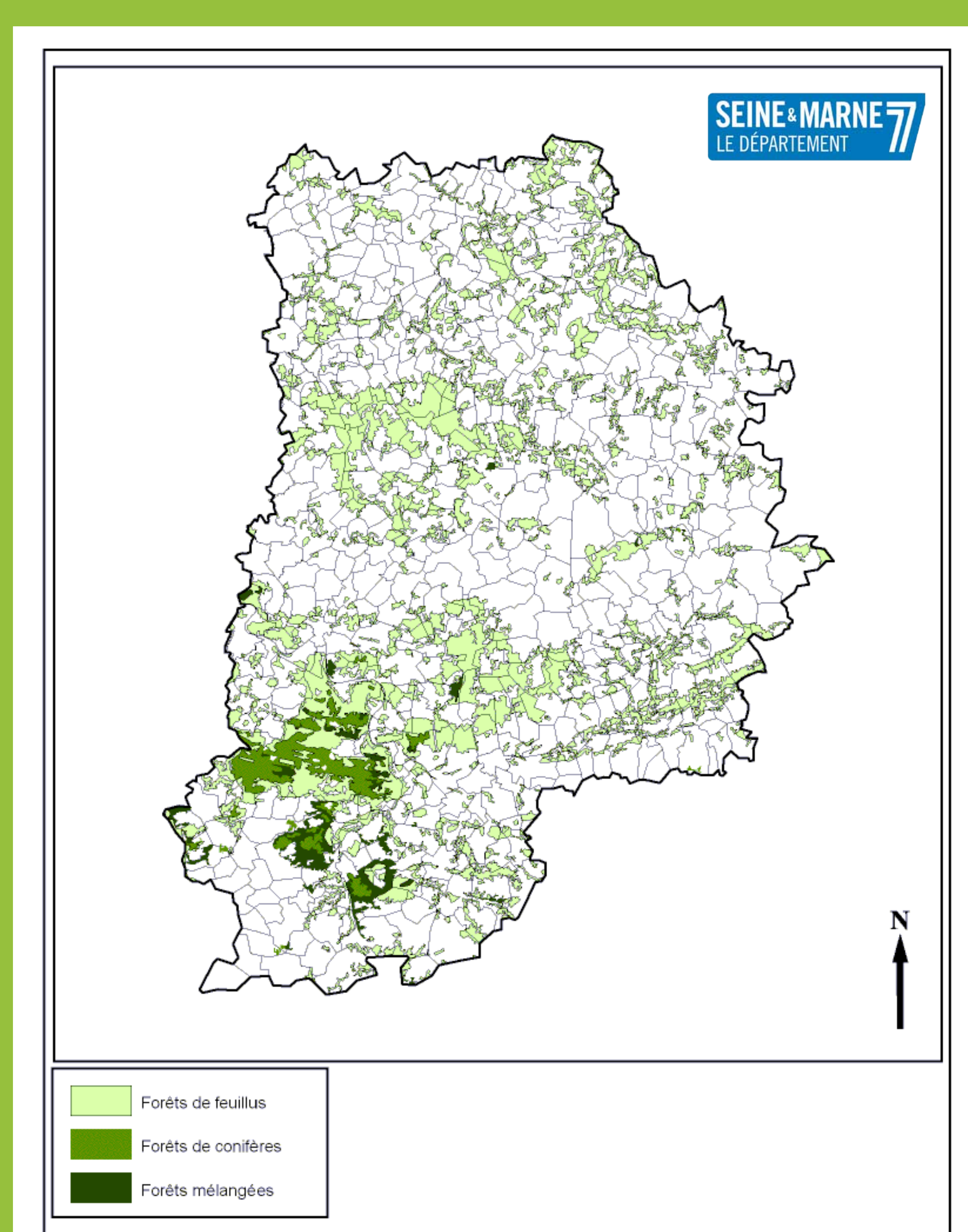
Le saviez-vous ?

Les réseaux de chaleur partent de la chaufferie et desservent les bâtiments raccordés, transmettent la chaleur puis reviennent à la chaufferie en retournant le fluide refroidi.

> **En Seine-et-Marne**

La forêt du département de Seine-et-Marne occupe 141 700 ha, soit 24% du territoire.

Si tous les logements équipés d'un chauffage central collectif optaient pour cette énergie, la gestion raisonnée de la forêt ne suffirait pas à couvrir les besoins énergétiques.



● L'économie circulaire

Le principe consiste à récupérer les déchets ou la chaleur produite par un process industriel dont l'objet principal n'est pas la production de cette chaleur (dénommée chaleur fatale) pour les réutiliser dans un autre process en interne ou dans une industrie voisine.

Exemples de récupération d'énergie :

- > **la chaleur produite par les centrales EDF** de production d'électricité.
- > **les data centers** : ces centres de données, très gros consommateurs d'énergie, produisent des volumes d'air chaud générés par les groupes de production de froid qui peuvent être valorisés dans un réseau de chaleur.
- > **la chaleur des eaux usées** (eaux des cuisines, salles de bains, etc.) ayant une température comprise entre 12°C et 20°C, grâce à l'installation d'échangeurs thermiques sur les collecteurs du réseau d'assainissement sous voiries.

Face aux volumes sans cesse croissants de déchets à traiter, la valorisation énergétique permet de limiter leurs impacts négatifs sur l'environnement.

● La cogénération

Le principe de la **cogénération consiste à produire deux énergies différentes**, le plus souvent de la chaleur et de l'électricité, **à partir d'un combustible**.

En récupérant l'énergie thermique perdue d'ordinaire lors de la production d'énergie électrique, cela génère une économie de 10% d'énergie primaire et augmente nettement le rendement par rapport à des filières séparées. L'énergie primaire est souvent une énergie fossile mais il est possible d'utiliser des énergies renouvelables comme le bois, la géothermie profonde ou les déchets.



Les déchets sont une source d'énergie pour des installations collectives ou industrielles.
Il existe deux voies de valorisation énergétique des déchets :

- **l'incinération**
- et la production de **biogaz par fermentation** (principalement de méthane) avec injection dans le réseau de gaz.

> L'incinération des déchets

La chaleur des fumées est utilisée pour produire de la vapeur d'eau ou de l'eau chaude permettant d'alimenter des réseaux de chaleur ou d'être transformée en courant électrique.

La chaleur produite par la combustion des déchets dans les usines d'incinération d'ordures ménagères à valorisation énergétique représente déjà aujourd'hui près de **28% de l'approvisionnement des réseaux de chaleur franciliens**.

Les cimenteries, qui nécessitent des chauffages à haute température et donc beaucoup d'énergie, brûlent des pneus, huiles usagées, etc, pour produire du ciment. Aujourd'hui, elles sont équipées de filtres pour réduire les émissions.

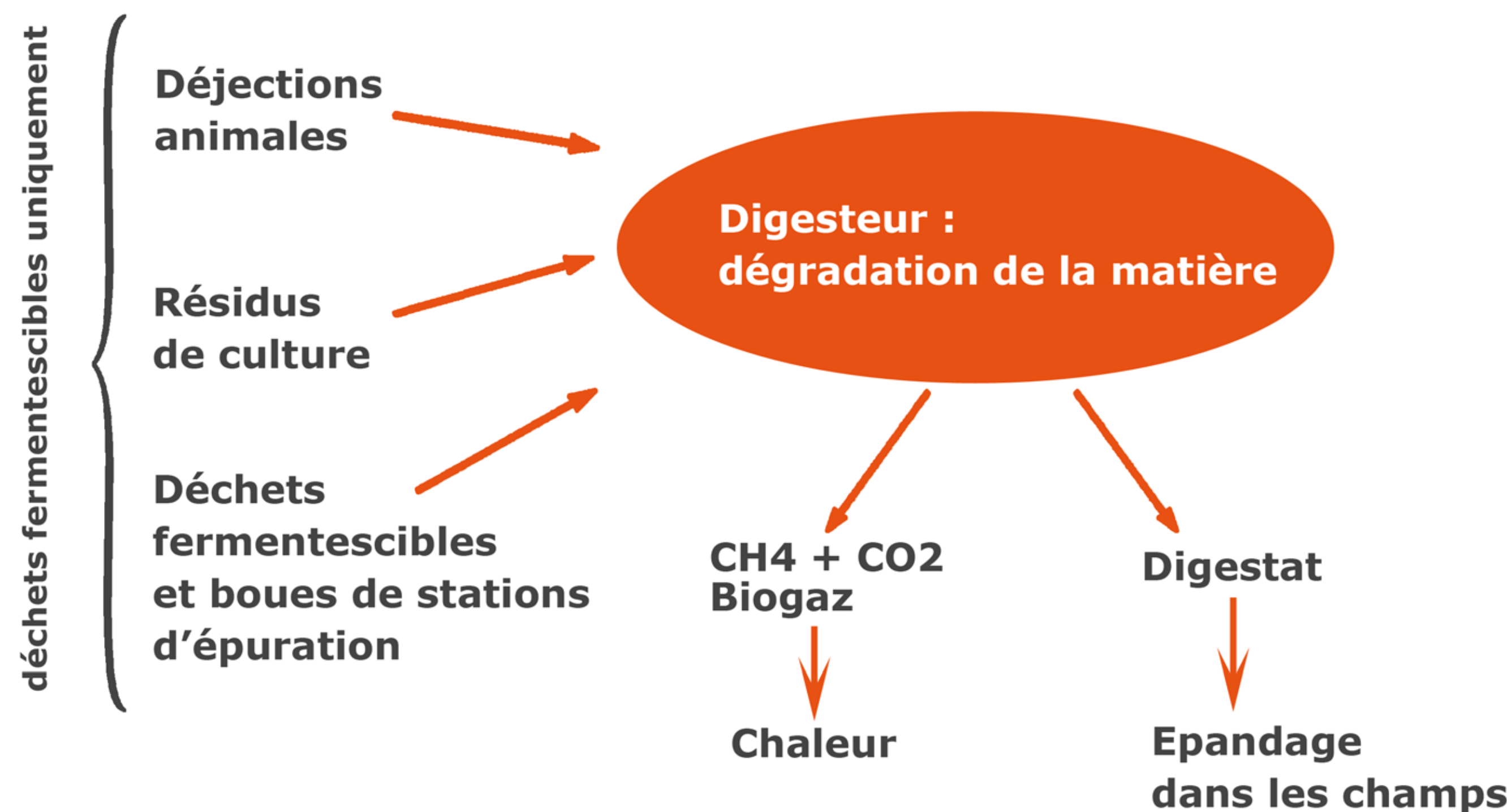
> La méthanisation

C'est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique dans un milieu sans oxygène due à l'action de micro-organismes (bactéries).

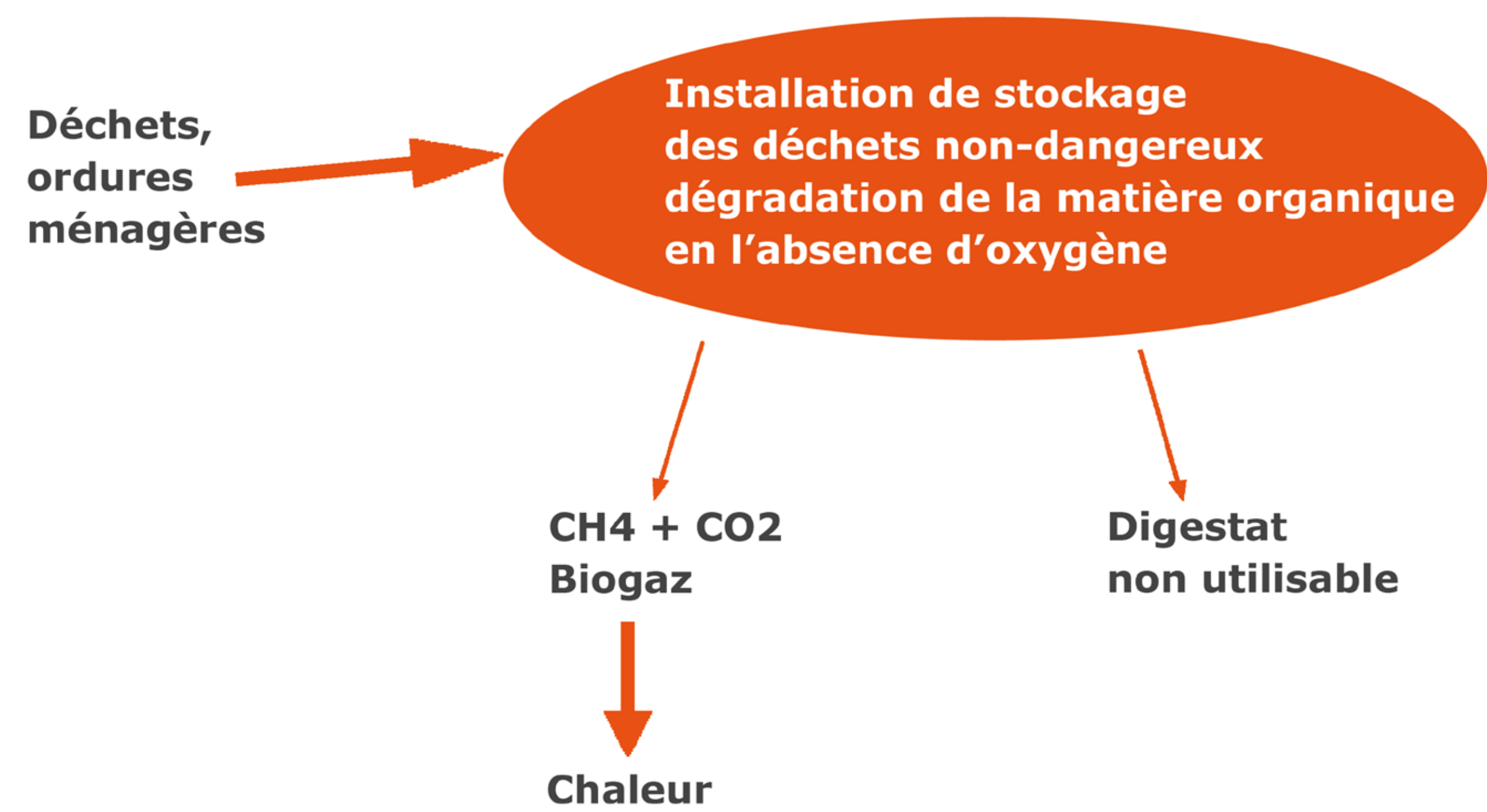
Les matières organiques pouvant être traitées par méthanisation ont différentes origines :

- les déchets et effluents d'industries agro-alimentaires,
- les ordures ménagères (les centres de stockage des déchets ménagers produisent du biogaz suite à la dégradation des produits organiques),
- les boues de stations d'épuration des eaux urbaines,
- les déchets et effluents agricoles.

Fermentation dans un digesteur



Fermentation des ordures en décharge



Le biogaz est composé de méthane à 50-70%, de dioxyde de carbone et de sulfure d'hydrogène.
Il peut être valorisé par :

- la production d'électricité et de chaleur combinée dans une centrale de cogénération,
- la production de chaleur qui sera consommée à proximité du site de production,
- l'injection dans les réseaux de gaz naturel après une étape d'épuration,
- la transformation en carburant sous forme de gaz naturel véhicule (GNV)

> En Seine-et-Marne

Deux projets d'usine de méthanisation existent :

- EQUIMETH à Ecuelles, qui vise à méthaniser notamment du fumier de cheval,
- un projet lié à une exploitation agricole à Chaumes-en-Brie.

Les deux usines de méthanisation injecteront le biogaz dans le réseau de gaz de ville permettant notamment une utilisation en chaleur.

Un data center situé à Val d'Europe récupère la chaleur. À terme, ce réseau de chaleur fournira 26 000 MWh par an pour chauffer près de 600 000 m² de bâtiments.

Centre de valorisation énergétique de Vaux-le-Pénil

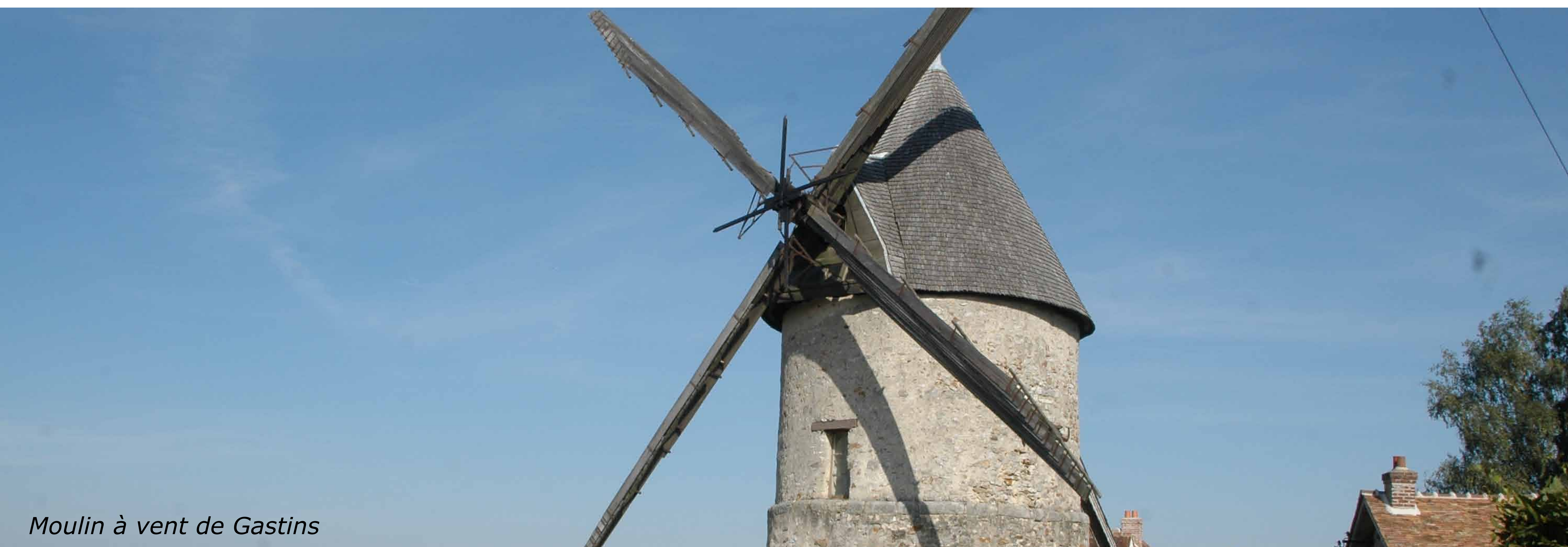


Transformer l'énergie du vent en force mécanique

Le moulin à vent utilise le vent pour faire fonctionner différents outils permettant entre autre de moudre le grain, presser les olives, tanner les peaux, forger, fabriquer des clous... Les éoliennes permettent aussi de puiser l'eau dans les pâturages.

L'avènement du moteur et de l'électricité a rendu les moulins désuets.

En effet, le vent est une énergie de flux, donc intermittente : sans vent, pas de mouvement. Par ailleurs, les pertes, sous forme de frottements, sont importantes.



Moulin à vent de Gastins

L'eau



> Le moulin à eau

Très utilisé entre le 16^{ème} et 18^{ème} siècle, il a permis l'industrialisation de nombreuses régions en fournissant une force mécanique servant à de nombreux usages : forges, emboutissement, meunerie, tannages... Son principe est le même que le moulin à vent. La turbine est une version moderne du moulin à eau.

> Les impacts environnementaux

Pour maîtriser le courant et le débit, ces moulins nécessitaient de barrer la rivière par un seuil pour créer une rivière artificielle (le bief).

Aujourd'hui, dans le cadre de la renaturation des cours d'eau, les seuils sont quelquefois détruits ou aménagés afin de permettre leur franchissement, et de favoriser ainsi la libre circulation des poissons et des sédiments.

Un ancien moulin à Buthiers

La biomasse

> La chaleur se transforme facilement en force mécanique.

Il suffit de la transférer à un gaz, le plus souvent de la vapeur d'eau. Le fluide fait tourner une turbine et produit une force mécanique.

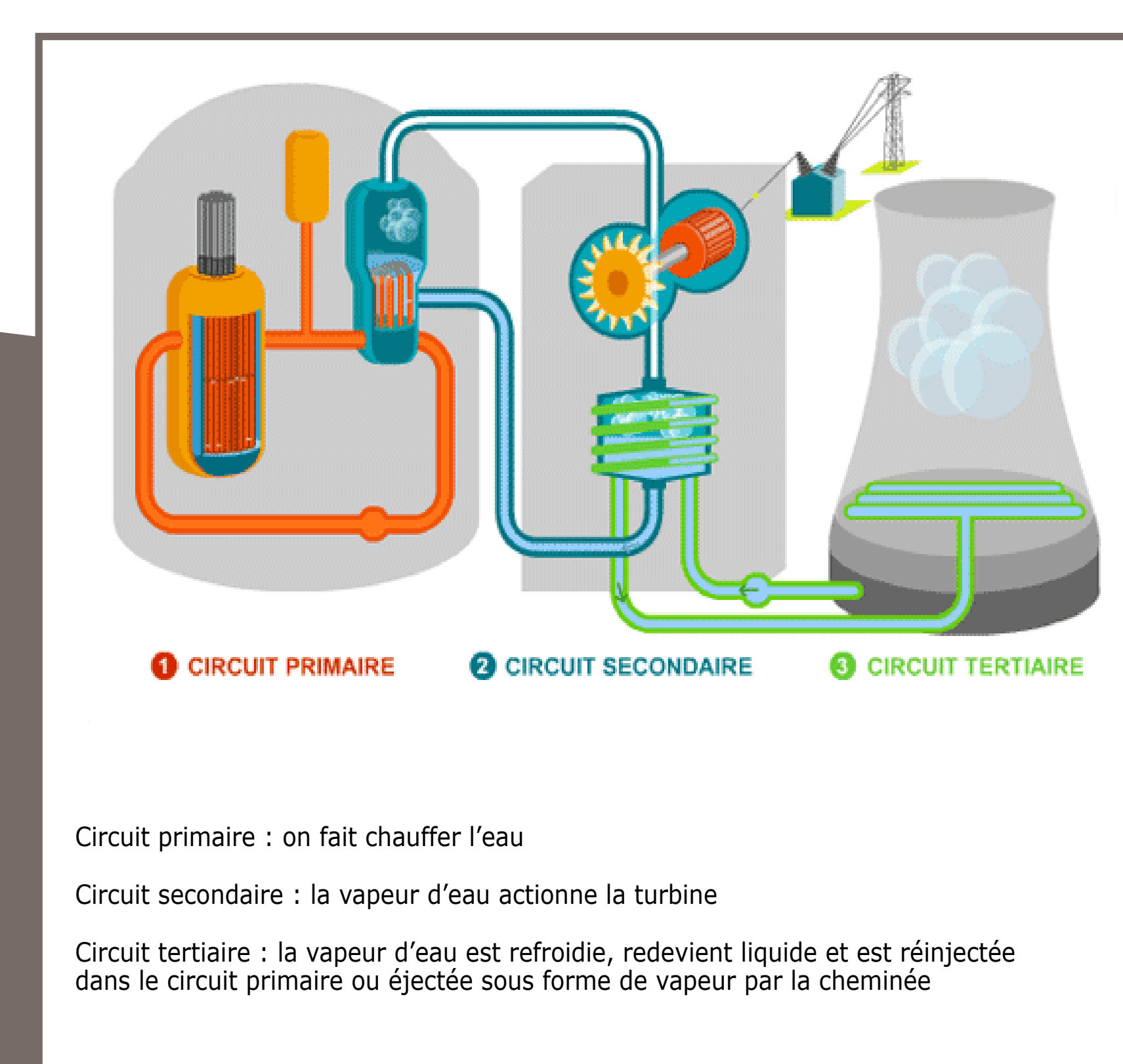
C'est le principe de la machine à vapeur.

Toutefois, ce principe n'est renouvelable que si le combustible est d'origine renouvelable.

Ce type de procédé est réservé à un usage industriel. Les rendements sont médiocres, environ 30%.

Pour limiter les pertes la production de chaleur et la transformation en énergie mécanique doivent se faire au même endroit.

L'accès facile et bon marché à l'électricité a fait que ce type de production de mouvement est en perte de vitesse, sauf dans le cas où il est transformé en courant électrique.



Le retour de la force musculaire

La traction animale, totalement disparue après la seconde guerre mondiale, revient progressivement sur le devant de la scène :

- entretien des forêts
- collecte des déchets
- transport en commun (future navette du Mont-Saint-Michel)
- police montée

Une société utilise ponctuellement des chevaux pour halier une péniche entre son usine et le centre d'incinération de Saint-Thibault-des-Vignes pour le recyclage de mâchefers.

L'Office National des Forêts a également recours régulièrement à du débardage à cheval dans les zones difficiles d'accès ou fragiles.



La biomasse

Le bois

Le gazogène est un procédé qui permet de faire tourner un moteur avec du bois.

Le principe de fonctionnement est basé sur une précombustion incomplète du bois donnant lieu à un gaz riche en monoxyde de carbone qui peut être brûlé dans un moteur à explosion.

Très utilisé durant la seconde guerre mondiale pour palier à la pénurie de pétrole, l'appareil est simple à fabriquer.

Le rendement est inférieur à 15% (40% pour un moteur diesel moderne). Il fallait 100 kg de bois pour parcourir 100 km.

La version moderne du gazogène s'appelle unité de gazéification.

Les agrocarburants

Les agrocarburants sont des extraits de végétaux.

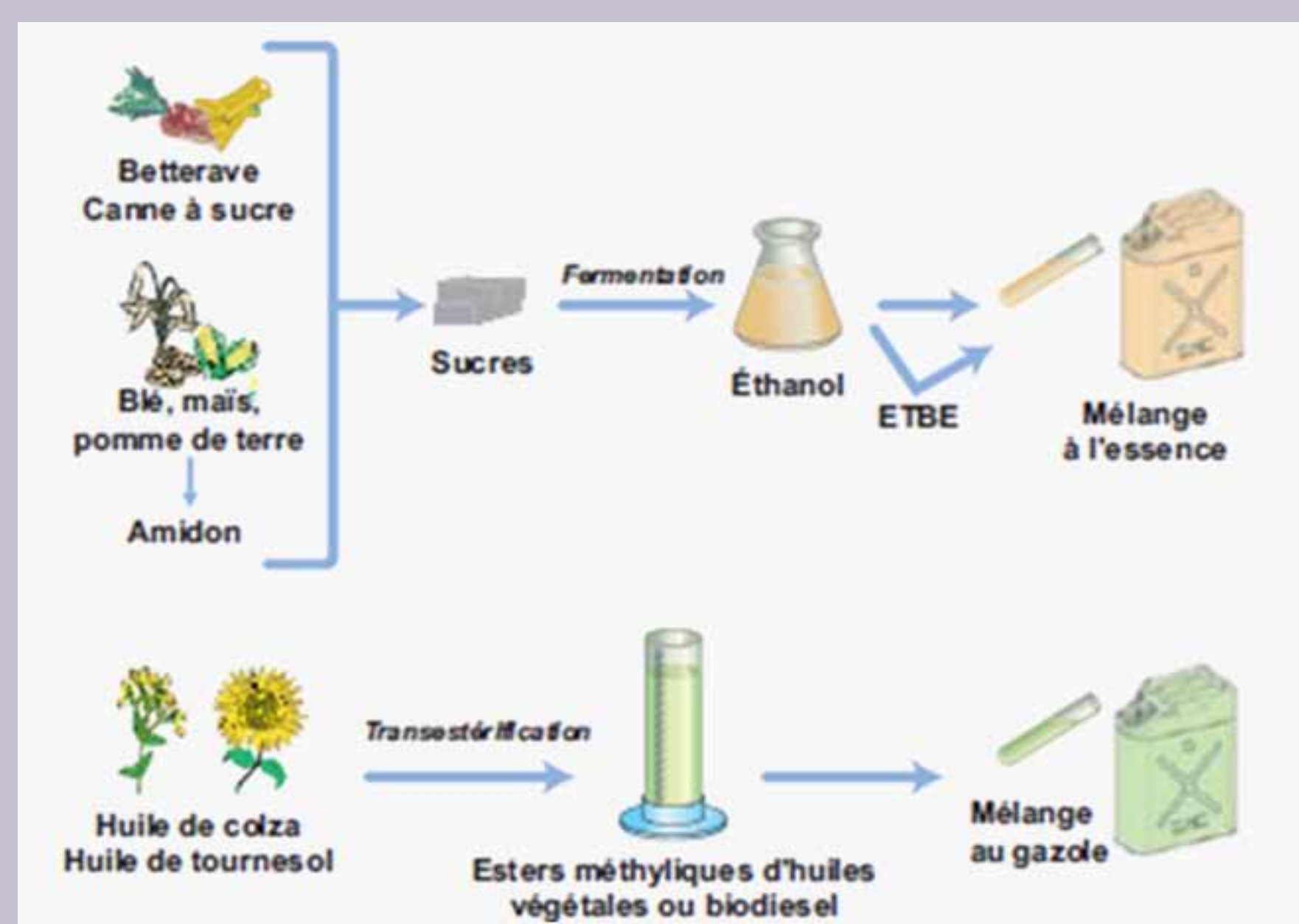
Ils peuvent se substituer partiellement ou totalement au carburant selon la plante utilisée et la méthode de transformation.

Trois grands types sont à distinguer :

- **ceux à base d'alcool**, qui alimentent les moteurs à essence : obtenus à partir de végétaux riches en sucre ou en amidon comme la betterave, la canne à sucre ou le blé. Il s'agit du bioéthanol.

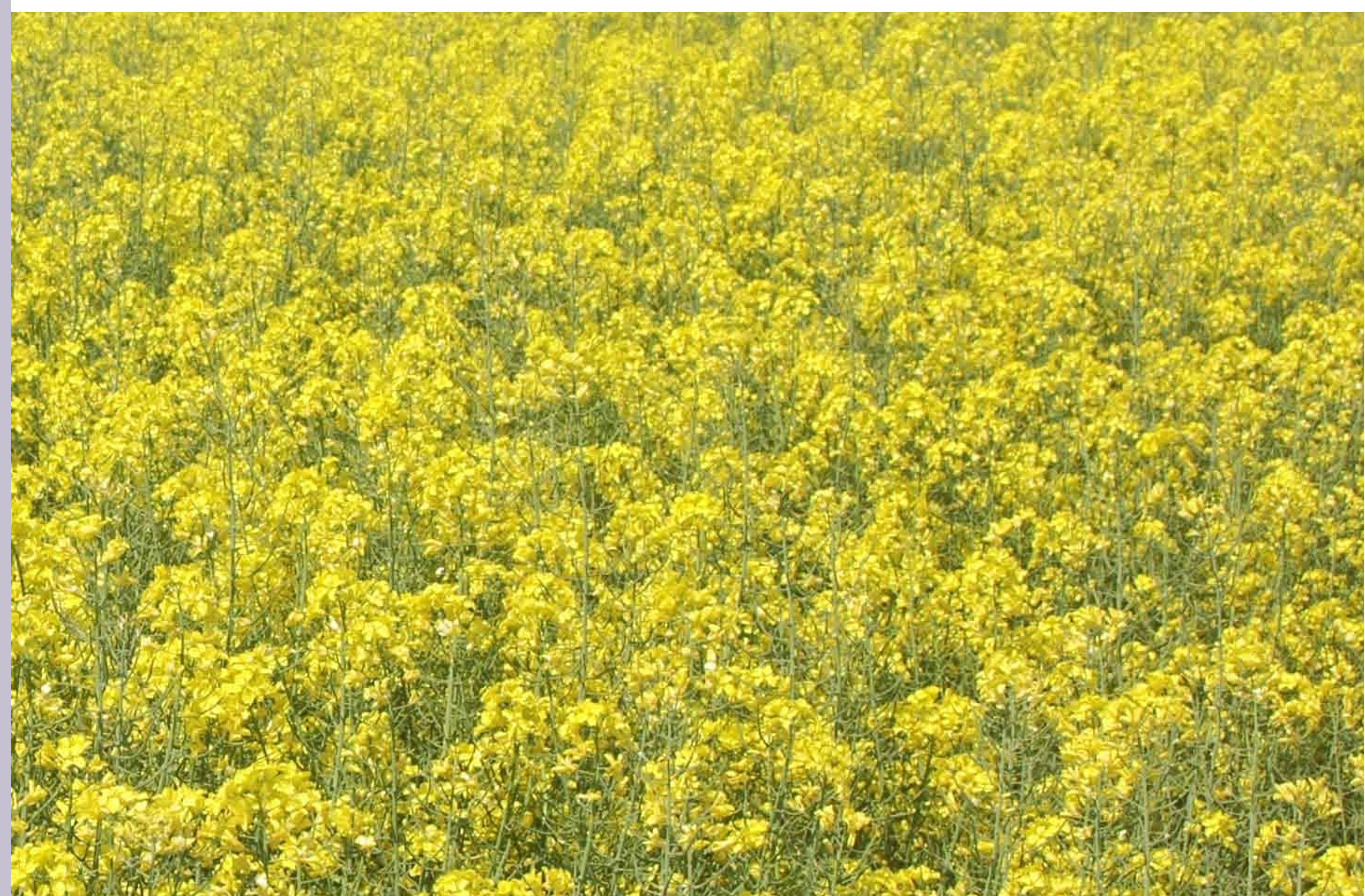
- **ceux à base d'huile**, qui alimentent les moteurs diesel. Les huiles sont extraites de plantes oléagineuses comme le colza, la palme, le tournesol, le soja. Il s'agit du carburant diester.

A noter : certains pays se contentent d'huiles. La France préfère estérifier ces huiles.



- **ceux sous forme de gaz**. Les gaz sont produits par fermentation de toute matière organique (déchets alimentaires, déchets végétaux, culture...) en absence d'oxygène : c'est la méthanisation.

Le biogaz peut directement être utilisé comme le GNV (gaz naturel véhicule). Il est, soit capté dans les décharges, soit produit dans des méthaniseurs en ne sélectionnant alors que des matières fermentescibles.



> Les limites

La première génération d'agrocarburant est fabriquée à partir de plantes cultivées.

Des terres agricoles utilisées pour nourrir les populations ont donc été converties pour fabriquer du carburant.

Cette mise en concurrence de l'alimentation humaine et de celle des moteurs a engendré une augmentation du prix de certaines denrées alimentaires provoquant des tensions sociales dans de nombreux pays.

De plus, ils augmentent la consommation de carburant et le rendement énergétique de leur production (culture, transport, combustible de transformation) est faible entraînant l'émission de gaz à effet de serre.

Enfin, ils nécessitent une utilisation de produits phytosanitaires.

Toutefois, les tourteaux issus des pressages permettent de réduire les importations de tourteaux de soja destinés à l'alimentation animale.

> Les innovations

La seconde génération de biocarburant exploite les déchets agricoles tels que les résidus après récolte. Des tests sont effectués pour valoriser l'intégralité de la plante et les résidus végétaux.

Des travaux de recherche concernent également le développement de carburants à partir d'algues ou de micro organismes. Ces biocarburants sont attendus sur le marché à l'horizon 2020.

> En Seine-et-Marne

En 2010, les cultures énergétiques représentaient 23 509 ha, soit 7% de la surface agricole utile dont :

- 2 410 ha de blé
- 19 294 ha de colza
- 237 ha de tournesol
- 1 568 ha de betteraves

Il existe une entreprise de production de bioéthanol à Provins.



↳ **L'utilisation du vent pour les déplacements ne concerne plus que les activités de loisirs.**

> Sur l'eau

Au fil des siècles, l'ingéniosité des êtres humains a permis d'améliorer la forme des voiles et des coques, les performances techniques des matériaux. Les navires ont gagné en contenance mais aussi et surtout en vitesse.

En Seine-et-Marne, les bases de loisirs de Jablines et de la Grande-Paroisse sont réputées pour la pratique de la planche à voile.



> Sur le sol

L'usage du vent pour le transport terrestre a peu inspiré les ingénieurs, sans doute à cause de son intermittence, hormis le char à voile qui reste uniquement un loisir. Ainsi, deux sites de Seine-et-Marne, Jablines et La Ferté-Gaucher, qui bénéficient d'un vent important, vont développer des activités de chars à voile et devenir les principaux – voire uniques – sites « in door » de pratique en Europe.



> Dans l'air

La montgolfière doit chauffer l'air pour maintenir le ballon en hauteur, et le vent lui donne de la vitesse.

Le dirigeable transporte plus de monde et surtout, comme son nom l'indique, peut se diriger, mais il utilise une énergie fossile (gaz ou gazole) pour faire fonctionner un moteur. Un prototype de dirigeable fonctionnant avec une pile à combustible a effectué un premier vol en 2007. Un autre projet, en 2008, fonctionnant avec des panneaux solaires, a déjà volé quelques heures.

Le planeur utilise les courants d'air pour voler, mais nécessite une autre source d'énergie pour décoller. La commune d'Episy dispose d'un aérodrome très utilisé pour cette pratique.

Enfin, le deltaplane et le parapente utilisent tous deux le vent. L'activité se développe, notamment sur le site de Basseville en Seine-et-Marne.

> Dans le transport maritime

Face à l'intensification des échanges commerciaux maritimes et à l'augmentation du prix des carburants, la voile réapparaît dans le transport maritime. Une compagnie propose ainsi du transport exclusivement à voile.

Les volumes de chargement sont plus faibles que sur un cargo mais l'énergie de propulsion est gratuite.

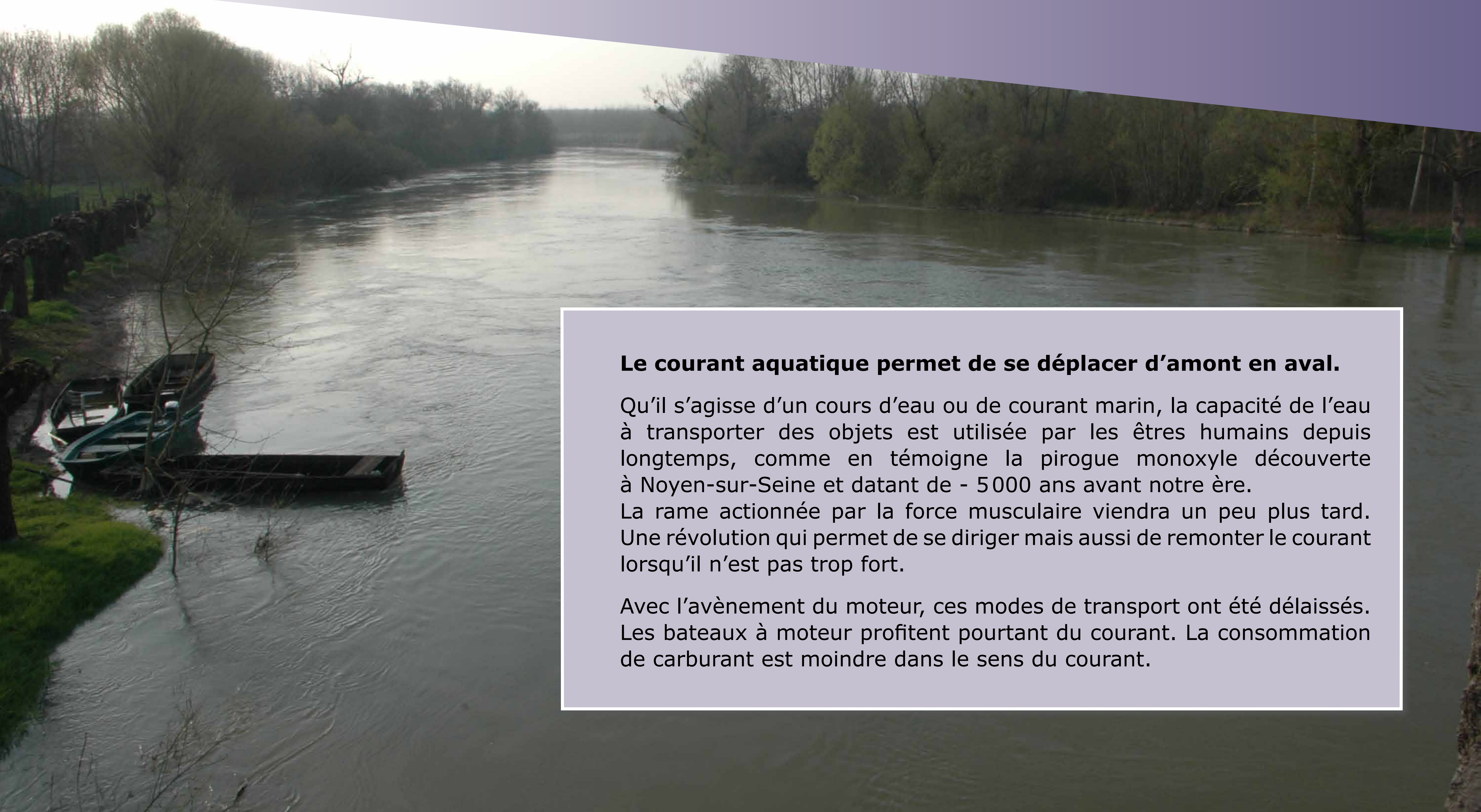
Il existe également des projets de cargos hybrides pouvant économiser du carburant grâce à des voiles ou d'énormes cerfs-volants.

Le solaire

Quelques expérimentations

- **Un bateau solaire :**
Avec 537 m² de panneaux solaires, un bateau réalise le tour du monde.
- **Un avion solaire :**
Solar impulse est un prototype fonctionnant. Toutefois, il présente une grande envergure, 200 m² de panneaux solaires, et un poids réduit (1600 kg dont 400 kg de batterie).
- **Les véhicules solaires :**
De nombreux véhicules solaires existent à l'état de prototype et font l'objet de compétitions régulièrement, non sur la vitesse mais sur l'autonomie.

L'eau

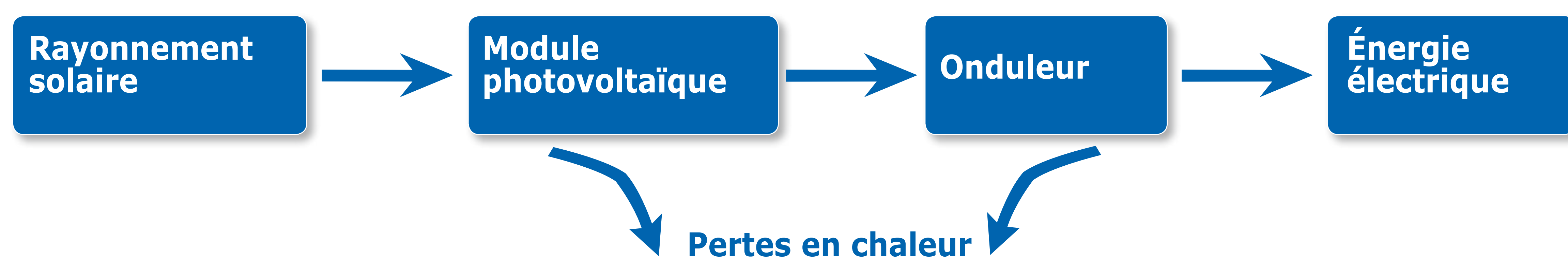


Le courant aquatique permet de se déplacer d'amont en aval.

Qu'il s'agisse d'un cours d'eau ou de courant marin, la capacité de l'eau à transporter des objets est utilisée par les êtres humains depuis longtemps, comme en témoigne la pirogue monoxyle découverte à Noyen-sur-Seine et datant de - 5000 ans avant notre ère. La rame actionnée par la force musculaire viendra un peu plus tard. Une révolution qui permet de se diriger mais aussi de remonter le courant lorsqu'il n'est pas trop fort.

Avec l'avènement du moteur, ces modes de transport ont été délaissés. Les bateaux à moteur profitent pourtant du courant. La consommation de carburant est moindre dans le sens du courant.

↳ **L'être humain transforme le rayonnement solaire en courant électrique grâce aux modules photovoltaïques.**



- Trois technologies existent :**
- **l'amorphe** > rendement de 5 à 9%
 - **le polycristalin** > rendement de 11 à 15%
 - **le monocristalin** > rendement de 13 à 17%

La production est proportionnelle à l'ensoleillement.

Pour augmenter la puissance, il faut soit augmenter la surface de panneaux, soit utiliser des centrales solaires à concentration.

• Du plus petit au plus grand

Les applications spécifiques se multiplient : de la petite installation de photovoltaïque du particulier, au hangar agricole, aux toitures de zones industrielles et au champ solaire, la production et les contraintes sont différentes.

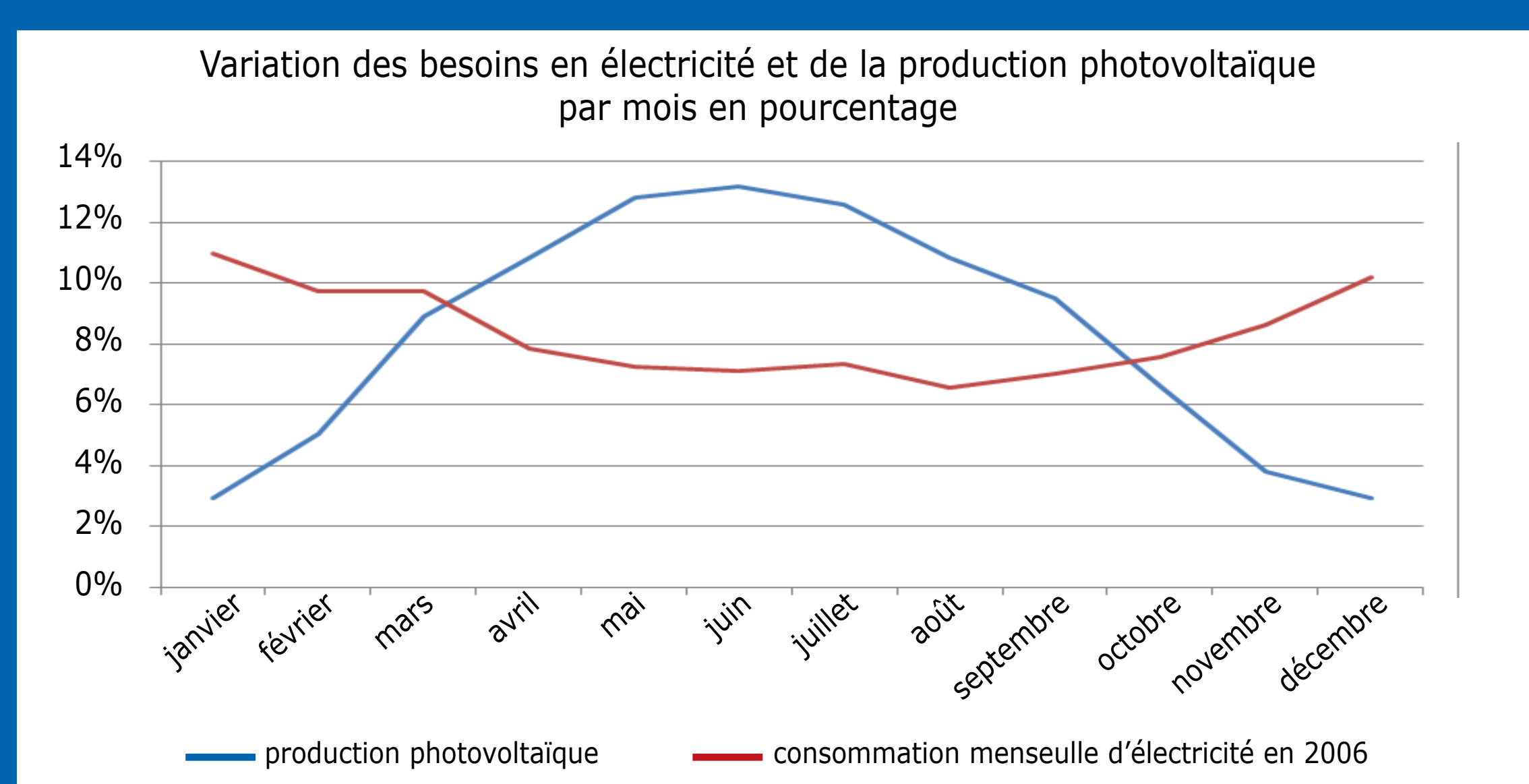
Pour les particuliers, les installations ont le plus souvent une puissance maximale de 3kW crête. Le watt-crête (Wc) mesure la puissance théorique maximale qu'un module ou qu'une installation peut produire dans des conditions standards d'ensoleillement.

L'énergie photovoltaïque présente un intérêt élevé dans les zones fortement urbanisées. Les bâtiments et les surfaces déjà artificialisées (parkings, toitures...) représentent autant de supports pour le solaire photovoltaïque.

Le saviez-vous ?

Chauffer de l'eau au soleil pour produire de l'électricité, c'est aujourd'hui le projet en cours de développement.

Il est possible de produire notre électricité par le photovoltaïque en considérant uniquement la quantité d'énergie à produire. Mais le photovoltaïque est une énergie intermittente.



Toiture solaire sur un bâtiment industriel à Montereau-Fault-Yonne.

Le rendement diminue avec le vieillissement des panneaux et en cas de surchauffe en été.

La durée de vie d'un module photovoltaïque est d'environ trente ans, et il est courant de voir les fabricants garantir la production pour 20 ou 25 ans (avec une baisse de seulement 10 à 20 % de la puissance).

• Les impacts socio-environnementaux

> La fabrication

- un module photovoltaïque met 5 ans à produire l'énergie qu'il a fallu à sa fabrication.
- elle nécessite l'utilisation de terres rares contribuant à une dépendance des pays producteurs.

> L'installation

- leur intégration paysagère est problématique aux abords des bâtiments classés.
- les champs solaires ont une emprise foncière importante qui peut se faire au détriment de terres agricoles ou de milieux naturels.

> **La fin de vie** : la récupération et le recyclage des déchets des modules photovoltaïques est en expérimentation.

Le saviez-vous ?

En 2008, une batterie géante sodium soufre de 80 tonnes, capable de stocker l'énergie utilisée par 500 foyers pendant sept heures, a été testée. Son coût est de 5,4 millions de dollars.

Le photovoltaïque en France en 2010 représente 0,2% des énergies renouvelables

> En Seine-et-Marne

Si l'ensemble de la Seine-et-Marne était couverte de **panneaux solaires photovoltaïques**, la production d'électricité serait de **591 500 Gwh/an**. C'est l'équivalent de la consommation de **169 000 foyers**.

- La plus grande centrale solaire d'Ile-de-France se trouve à Sourduin. Sur 12 hectares, les 20 000 panneaux photovoltaïques produiront 4,5 gigawatts, ce qui représente la consommation de 2 000 personnes.
- Une seconde se trouve à Chanteloup-en-Brie, en toiture d'un entrepôt logistique. Elle produit 540 000 kWh.

Le saviez-vous ?

Plusieurs techniques de stockage de l'électricité grâce à de l'hydrogène sont étudiées : stockage sous forme liquide, solide ou gazeuse. Un prototype de centrale solaire (3700m² de panneaux solaires) stocke de l'énergie par hydrogène via l'électrolyse de l'eau. La puissance des quatre piles à combustible est de 100 kW. Ce projet a coûté 21 millions d'euros.



Champs solaire de Sourduin

↳ **La transformation du mouvement en courant électrique se fait par une dynamo qui produit un courant continu ou un alternateur qui produit du courant alternatif.**

La récupération d'énergie cinétique

L'énergie cinétique est l'énergie que possède un corps du fait de son mouvement.

Dans le transport, un système de stockage tampon d'énergie installé dans le véhicule, permet de récupérer une partie de l'énergie cinétique lors des décélérations. L'énergie est stockée. Cette technique est utilisée de longue date par le TGV et d'autres trains qui renvoient l'énergie sur le réseau SNCF fournissant en Ile-de-France 20% des besoins en traction. Cette technique est aujourd'hui utilisée dans les véhicules particuliers hybrides.



Pour utiliser une énergie renouvelable ou de récupération dans le transport, il est nécessaire de stocker l'énergie captée afin de la restituer au moment du déplacement.

> Stockage par batterie

Actionnée par le mouvement, la dynamo convertit l'énergie mécanique en énergie électrique qui est stockée dans une batterie. La batterie alimente par la suite un moteur électrique. Ainsi l'énergie cinétique n'est plus perdue durant les phases de freinage et est réutilisée dans celles d'accélération.

L'inconvénient de ce système est le poids des batteries et leur faible résistance aux charges/décharges rapides.

> Stockage par volant d'inertie

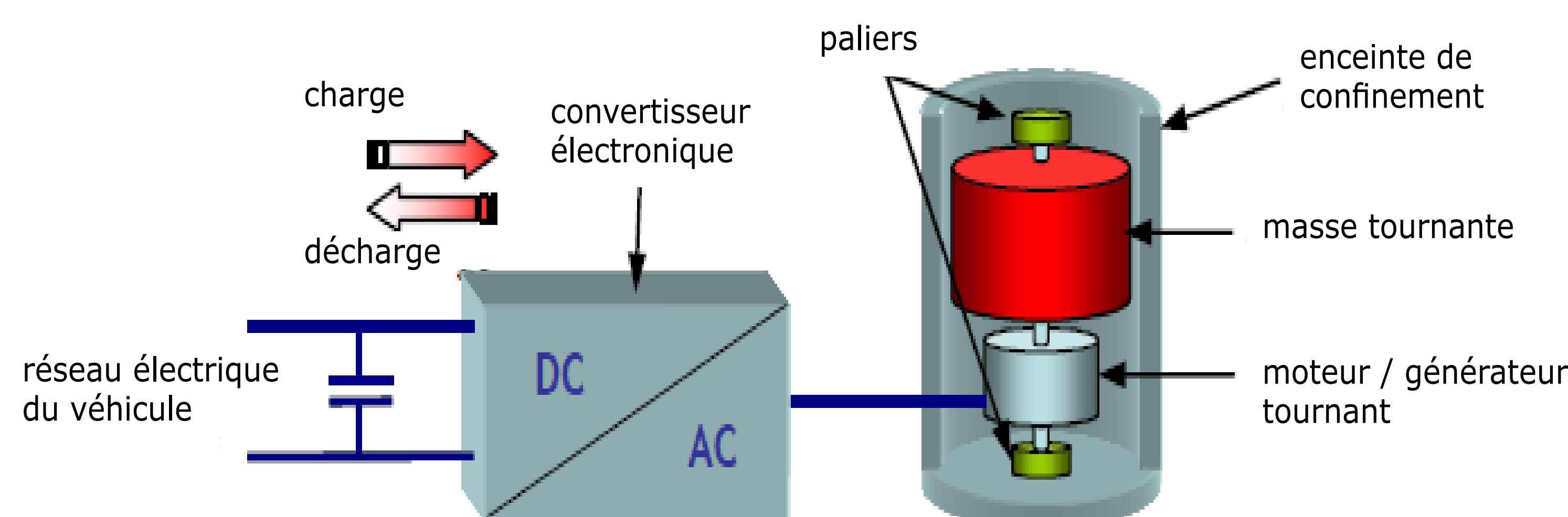
Le volant d'inertie est une masse répartie autour d'un axe qui tourne. Le mouvement transmis au volant d'inertie met ce dernier en rotation rapide. Le stockage se fait sous forme de rotation mécanique, une fois lancée la masse continue à tourner.

Au moment de la restitution de l'énergie, la vitesse de rotation du volant décroît progressivement jusqu'à s'arrêter.

L'inconvénient de ce système est lié aux pertes : jusqu'à 50% en deux heures. Les avantages sont la rapidité de transfert de l'énergie, et l'absence de pollution.

Le volant d'inertie est utilisé dans les moteurs thermiques, en particulier les turbo diesel pour lisser les à-coups. La durée de stockage de l'énergie est alors très courte, inférieure à la seconde.

Ce procédé est utilisé dans le domaine des transports en commun ferroviaire et routier pour récupérer l'énergie cinétique lors des freinages. Le rendement de ce système, appelé parfois « batterie mécanique », est supérieur à celui permis par l'utilisation d'accumulateurs chimiques.



• La cogénération

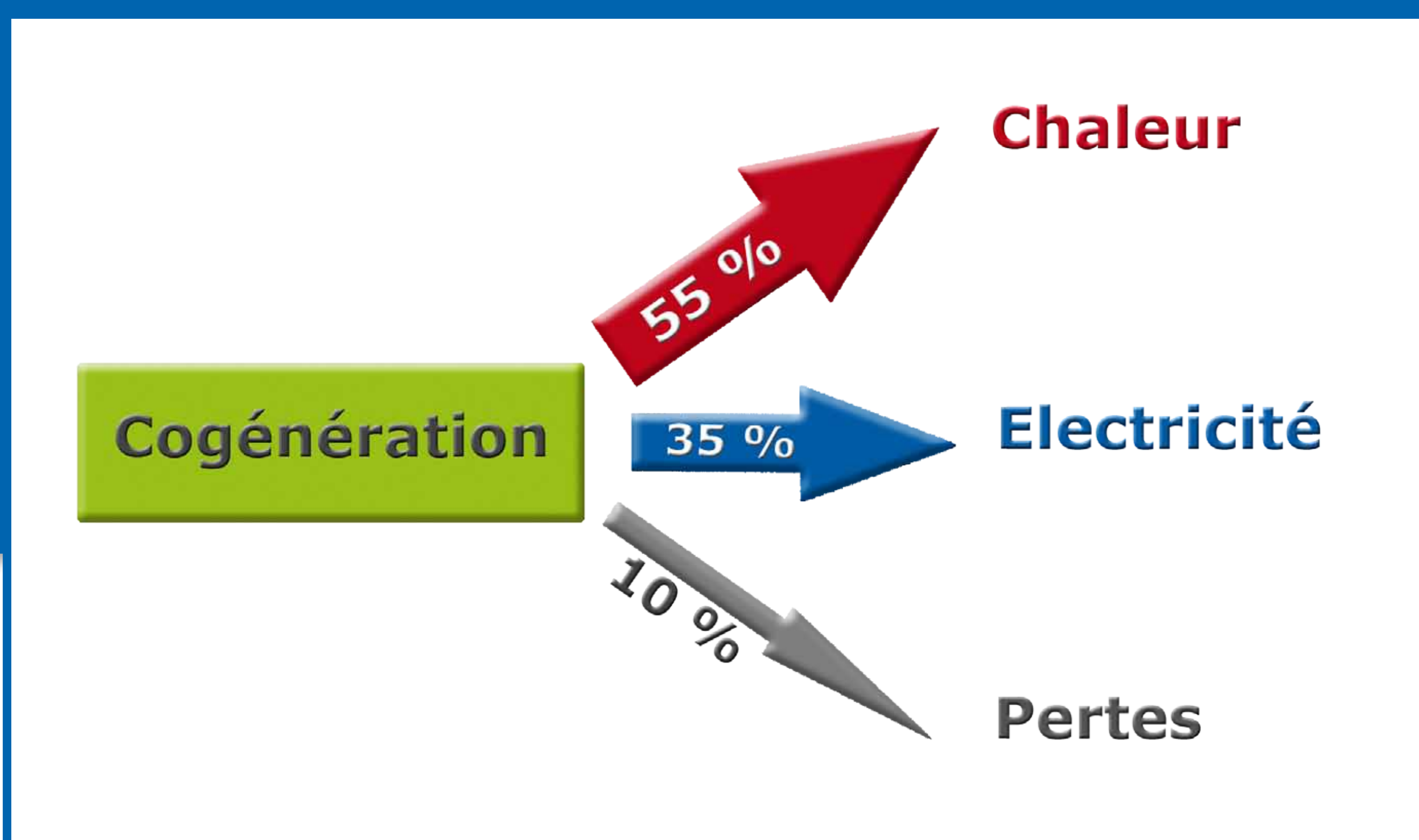
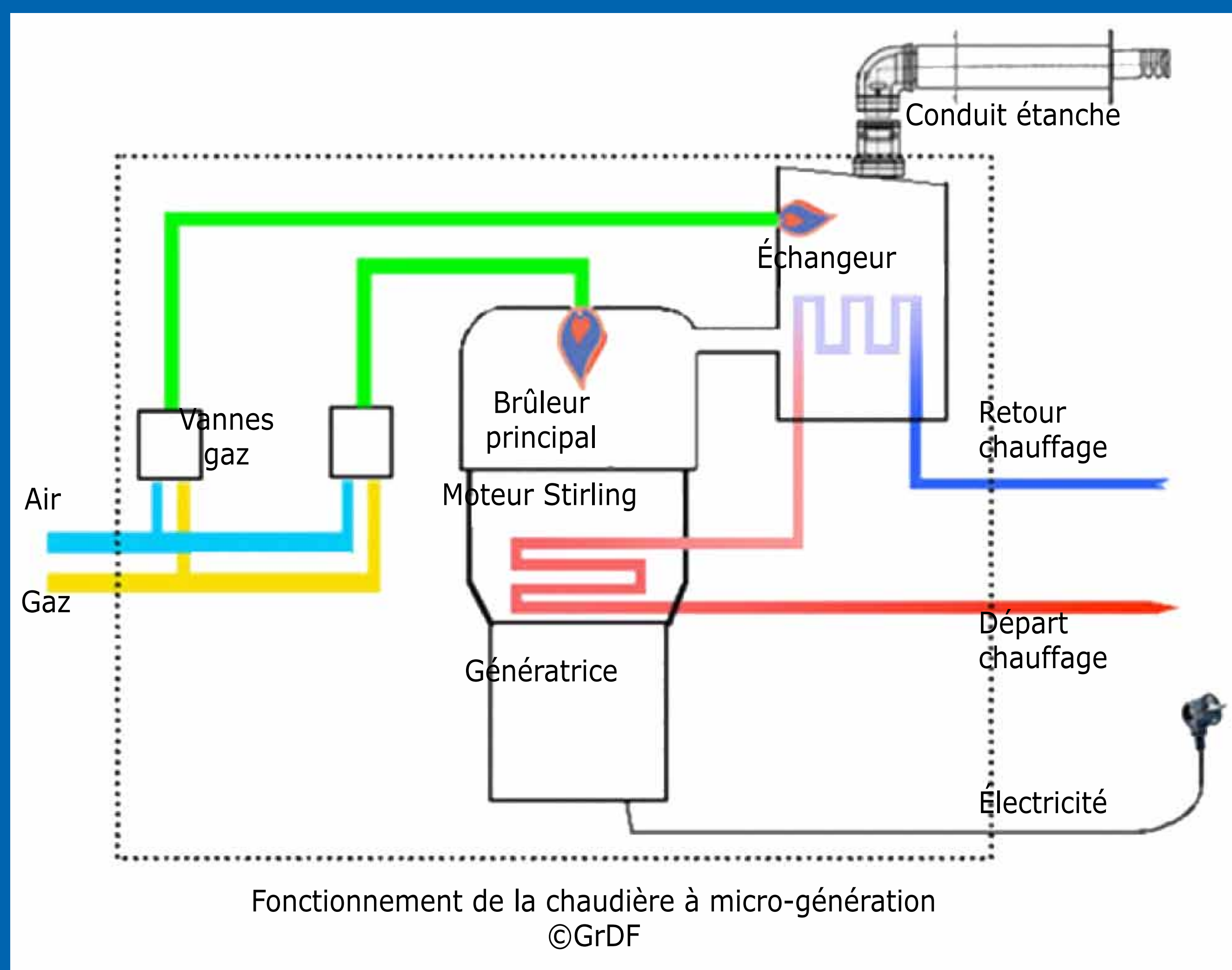
- **Le cycle de Rankine** : à l'aide de la chaleur dégagée par la combustion, de la vapeur à haute pression est produite dans une chaudière. Cette vapeur est ensuite dirigée vers une turbine où, en se détendant, elle entraîne la turbine qui produit de l'électricité. Sortie de la turbine, la vapeur est condensée et ramenée à la chaudière, où ce cycle recommence. Il n'y a pas de contact direct entre le fluide caloporteur (vapeur) et le foyer.

- Les moteurs de cogénération sont disponibles dans une large gamme de puissance. On parle de micro-cogénération pour les petites installations y compris domestiques.

La cogénération permet une production d'électricité décentralisée et donc de réduire les pertes en ligne.

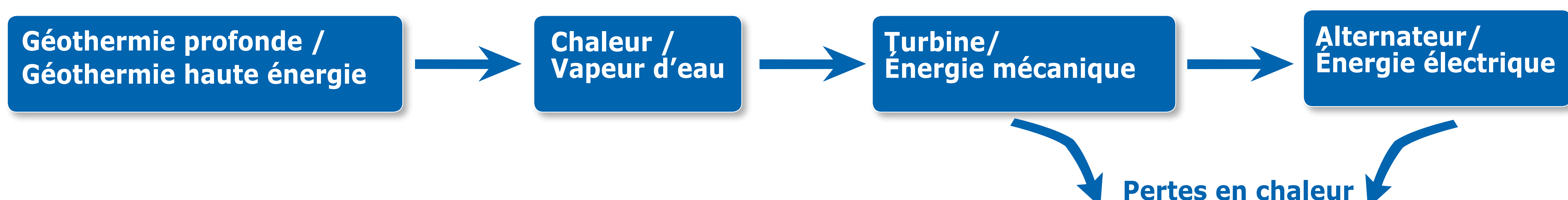
La cogénération n'est pas sensible aux variations climatiques de très court terme et peut donc participer à faire face aux pointes de consommation d'électricité.

La trigénération permettra de produire, en plus de l'électricité, aussi bien de la chaleur que du froid utilisable pour le rafraîchissement l'été.



• La géothermie

La géothermie consiste à récupérer la chaleur stockée en profondeur dans le sol ou dans l'eau (sous terre, la température est stable toute l'année). La chaleur est transformée en courant électrique.



- **La géothermie profonde des roches chaudes fracturées** (plus de 3000 m de profondeur) : encore au stade de la recherche (projet pilote de Soultz-sous-Forêt), l'exploitation est destinée à la production d'électricité.

- **La géothermie haute énergie** : les réservoirs, généralement localisés entre 1500 et 3000 mètres de profondeur, ont une température supérieure à 150°C, qui permet de transformer directement la vapeur en électricité.

- **La géothermie moyenne énergie** (température comprise entre 90°C et 150°C) est destinée à des usages industriels et peut être utilisée pour la production d'électricité (en faisant appel à un fluide intermédiaire). Elle se situe dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs allant de 2000 à 4000 mètres.

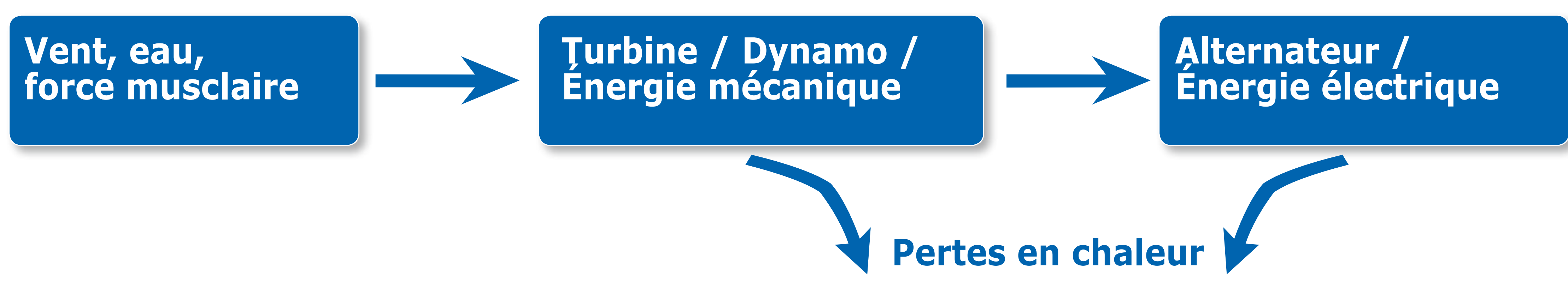
↳ **L'énergie du vent a été utilisée pour produire une force mécanique grâce aux moulins à vent.**

Ces derniers sont les ancêtres de nos éoliennes modernes qui produisent de l'électricité par l'exploitation de la force du vent. En tournant, le rotor entraîne un arbre raccordé à une génératrice électrique qui se charge de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

La conversion se fait grâce à une propriété liée à l'aimant : lorsqu'il se déplace face à une bobine de fil électrique, il met les électrons du fil en mouvement et crée donc un courant électrique.

Ce procédé est utilisé notamment pour les éoliennes et les turbines hydro-électriques.

Le mouvement devient courant électrique



● **Le « grand éolien »**

représente les éoliennes de hauteur supérieure à 50 mètres, développant des puissances de 2 à 3 MW, équipées de rotors de grandes dimensions.

● **Le « moyen éolien »**

est défini comme les machines de 12 à 50 mètres de hauteur et de 800 KW en moyenne. Ce type de machines est particulièrement adapté au marché des territoires insulaires et des zones difficiles d'accès.

● **Le « petit éolien »**

se compose de turbines de puissance inférieure à 36 kW et de moins de 12 mètres de hauteur, généralement utilisées pour un usage domestique : il existe des éoliennes à axe horizontal qui fonctionnent sur les vents dominants, et des éoliennes à axe vertical qui utilisent les vents turbulents notamment générés par les courants d'air entre immeubles. L'intérêt de ces dernières est qu'elles fonctionnent même avec des puissances de vents faibles (environ 15 km/h).

Les limites

L'éolien est exploitable quand le vent souffle entre 14 et 90 km/h. En dessous, la force du vent n'est pas suffisante, au dessus, les risques de destruction de l'équipement sont trop importants, un système de sécurité permet un blocage de la rotation des pales.

Il est difficile de prédire la production d'électricité car elle dépend de la vitesse exacte du vent.

Les impacts socio-environnementaux

- Les pales des éoliennes peuvent percuter les oiseaux, notamment sur les couloirs de migration. Les chauves-souris sont elles aussi impactées : la vitesse en pointe des pales crée des dépressions qui « écrasent » les animaux qui volent à proximité (sans les percuter).
- La production d'éoliennes nécessite l'utilisation de terres rares contribuant à une dépendance des pays producteurs. Afin d'en limiter l'impact, une **filière de recyclage des terres rares** se développe, notamment en France.
- Énergie grise : l'éolienne devra fonctionner plusieurs mois afin de compenser l'énergie qu'il aura fallu à sa fabrication.
- L'intégration paysagère des éoliennes est controversée.
- Les potentielles nuisances sonores générées par les éoliennes suscitent des contestations.

En France

L'éolien en 2010 représente 3,9% des énergies renouvelables. La France est le quatrième pays éolien en Europe.

L'éolien en mer

Le plan de développement des énergies renouvelables, décliné par le Grenelle de la mer, prévoit le développement de 6 GW d'installations éoliennes en mer et d'énergies marines en France à l'horizon 2020 (soit 7% de la production électrique par les énergies renouvelables en 2020). Les premières zones propices au développement de l'éolien en mer ont été identifiées.

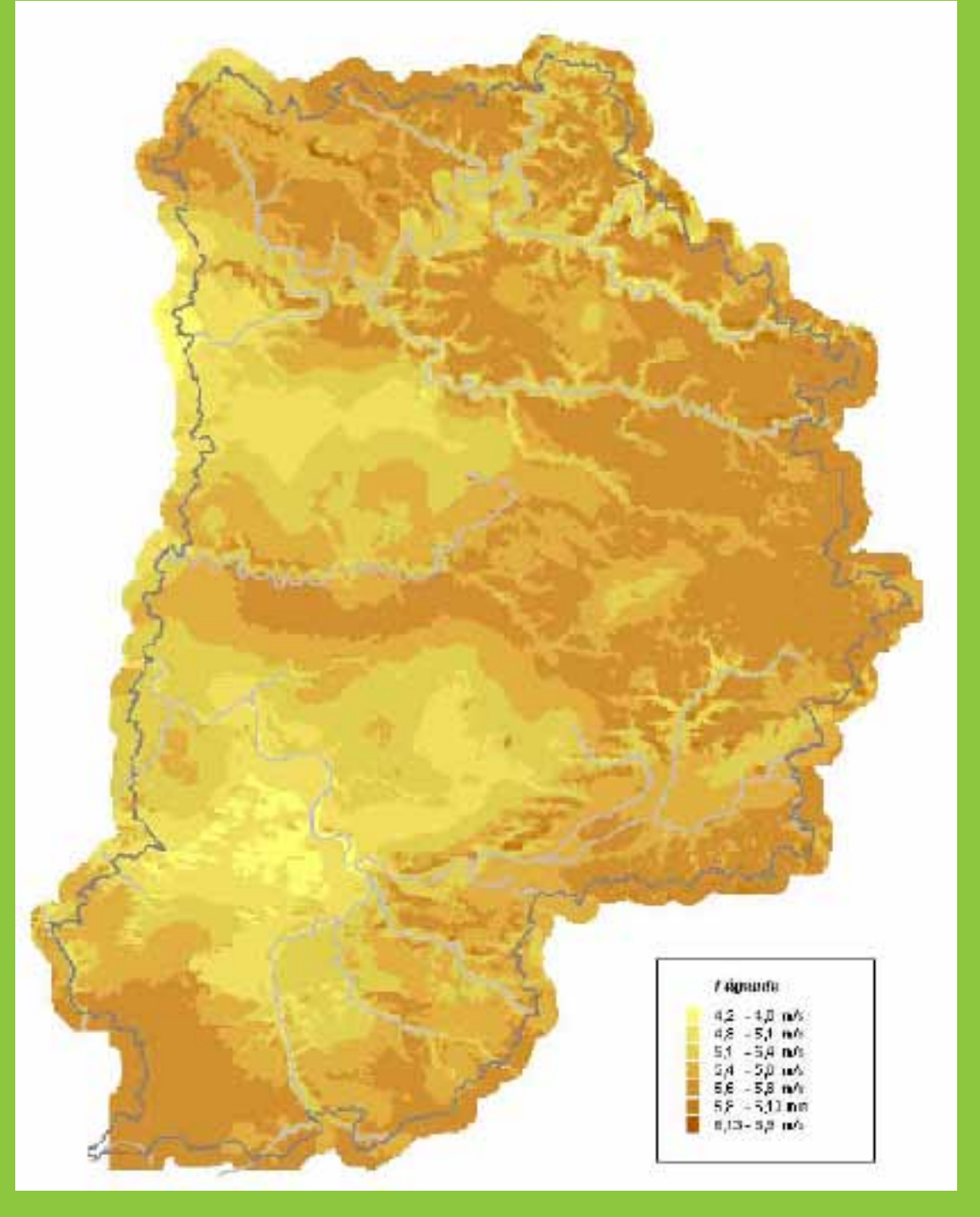
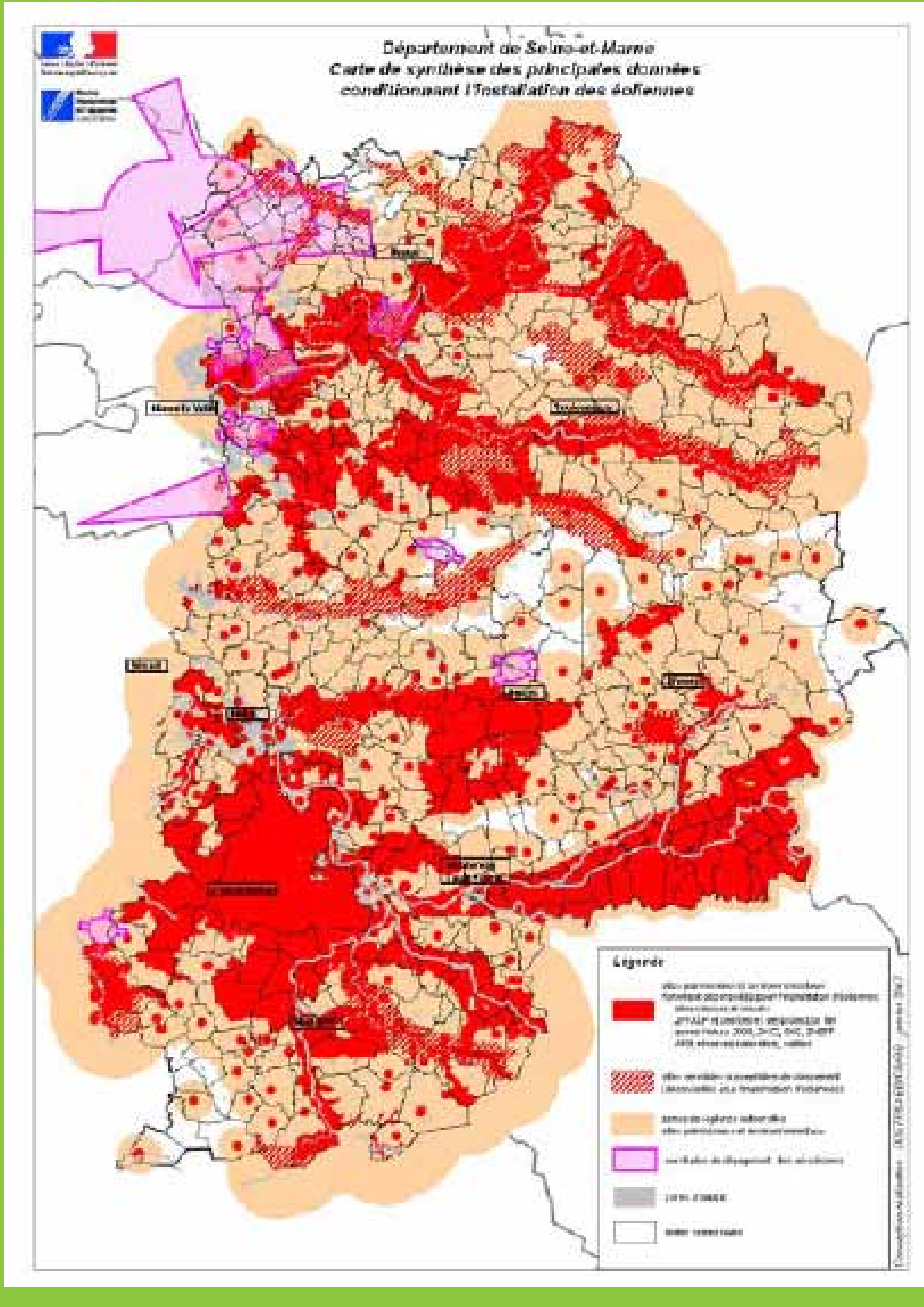
Le saviez-vous ?

On sait produire de l'énergie mécanique à partir d'air comprimé. Cette technique a beaucoup été utilisée pour des tramways et des locomotives minières (pas d'étincelle). Un moteur à air comprimé existe aujourd'hui pour des automobiles. De brevet français, il est développé en Inde. Aussi, la compression d'air dans un réservoir est une forme de stockage de mouvement. Pour un stockage à grande échelle, il est possible d'utiliser des cavités souterraines (procédé opérationnel en Allemagne et aux États Unis). Toutefois, l'air comprimé n'est une énergie renouvelable que si la compression se fait avec de l'électricité d'origine renouvelable ce qui serait possible avec les énergies intermittentes.

> En Seine-et-Marne

Deux dossiers sont confirmés en Seine-et-Marne :

- **sur les communes de Mondreville et Gironville** (puissance estimée à 60 MW)
- **et sur la commune de Bellot** (puissance comprise entre 0 et 27 MW).



➔ **Après des siècles d'utilisation sous forme d'énergie mécanique, le 19^{ème} siècle marque le début de l'hydroélectricité.**



Même s'il existe de petites installations à usage domestique, les centrales hydrauliques fournissent le plus souvent de fortes puissances électriques injectées sur le réseau ou utilisées pour l'industrie.

L'installation d'une centrale nécessite que le débit et la chute du cours d'eau soient suffisants.

Par ailleurs, les centrales hydroélectriques peuvent produire à plein régime en quelques minutes.

Les stations de transfert d'énergie par pompage sont la seule manière opérationnelle de stocker de l'électricité à grande échelle. En France, la nuit, les centrales nucléaires produisent plus d'électricité que ce qui est consommé.

La surproduction est en partie utilisée pour faire remonter de l'eau dans les barrages afin de faire face aux pics de consommation journaliers et saisonniers.

> D'autres techniques

Outre les grosses installations sur les cours d'eau, notamment en région montagneuse, il existe :

- des usines marémotrices (utilisant les mouvements de l'eau dus à la marée, à l'estuaire d'un cours d'eau), comme celle sur la Rance,
- et, en développement :
 - des usines houlomotrices (utilisant les mouvements des vagues)
 - des hydroliennes (utilisant les courants marins)

Le potentiel est fort mais il faudra encore plusieurs années avant que les technologies soient opérationnelles.

> Les impacts socio-environnementaux

Les grosses installations présentent de nombreux problèmes : inondation des terres, déplacement de population, perturbation de l'écosystème avec rupture des continuités écologiques et blocage des sédiments, bruit, modification du micro climat, risque en cas de rupture...

Les impacts sont différents pour les petites centrales mais doivent prendre en compte aujourd'hui le respect de la biodiversité.



> En Seine-et-Marne

Le potentiel de développement de l'énergie hydraulique est limité vu le relief du territoire.

Aussi, seules les petites installations sont possibles :

- la **petite centrale**, d'une puissance comprise entre 2 et 10 MW,
- la **mini-centrale**, d'une puissance comprise entre 500 kW et 2 MW,
- la **micro-centrale** d'une puissance comprise entre 20 kW et 500 kW,
- et enfin la **pico-centrale**, d'une puissance inférieure à 20 kW.

Il existe actuellement une dizaine d'ouvrages de ce type, représentant 1% de la production francilienne d'électricité.

Le développement de la micro-hydraulique et de la pico-hydraulique se fera essentiellement via l'utilisation de vieux moulins ou l'exploitation des dénivelés dans les conduites d'adduction ou d'assainissement d'eau.

Le saviez-vous ?

En France, l'hydraulique est la première source d'énergie renouvelable pour l'électricité. Elle représente 24,3% des énergies renouvelables. La production mensuelle est relativement stable, mais au printemps, saison de la fonte des neiges, la quantité d'eau à turbiner augmente considérablement.

Centrale d'hydroélectricité à Chartrettes

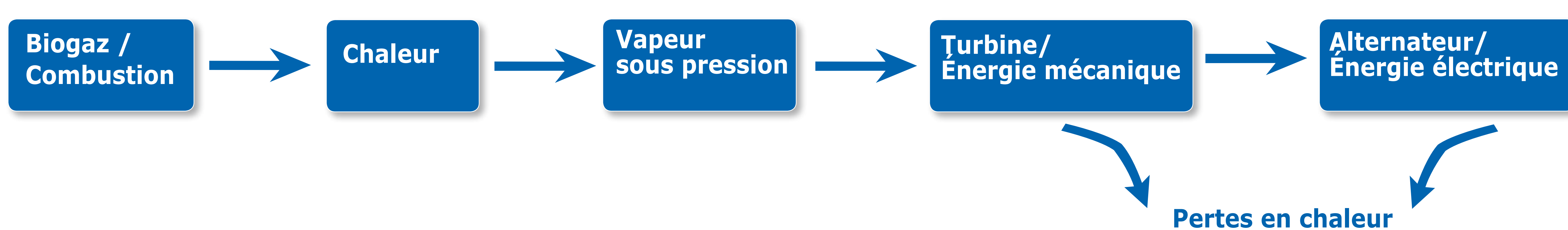


➔ **Il existe deux façons de produire de l'électricité avec des déchets**

- la première consiste à utiliser le **biogaz** issu de la décomposition des déchets en installation de stockage de déchets ultimes comme carburant d'un générateur. Il produit alors de l'électricité comme un simple groupe électrogène.
- La seconde solution se fait par transformation de la chaleur produite par l'**incinération** des déchets en électricité.

A chaque étape, l'énergie se transforme et se transmet avec des pertes.

Le rendement global est de l'ordre de 30 à 35%.



Centre de valorisation énergétique des déchets de Saint-Thibault-des-Vignes :

la chaleur récupérée est transformée en électricité.

> Unité de valorisation énergétique : 140 000 tonnes/an

> 70 000 MWh électrique/an,
soit équivalent 37 800 foyers éclairés

> **En Seine-et-Marne**

- **Quatre incinérateurs de chaleur** : Vaux-le-Pénil, Monthyon, Montereau-Fault-Yonne, St-Thibault-des-Vignes,
- et deux centres de stockage de déchets ultimes** : Claye-Souilly et Isles-les-Meldeuses

autoconsommement l'électricité qu'ils produisent et fournissent 266 Gwh/an d'électricité.

- Pourcentages de production d'électricité en Ile-de-France par filière de valorisation des déchets en 2008 :
 - **incinération** : 64,5%
 - **biogaz en décharge** : 35,1%
 - **méthanisation** : 0,3%

Puits de récupération de biogaz : le biogaz alimente un moteur générant de l'électricité

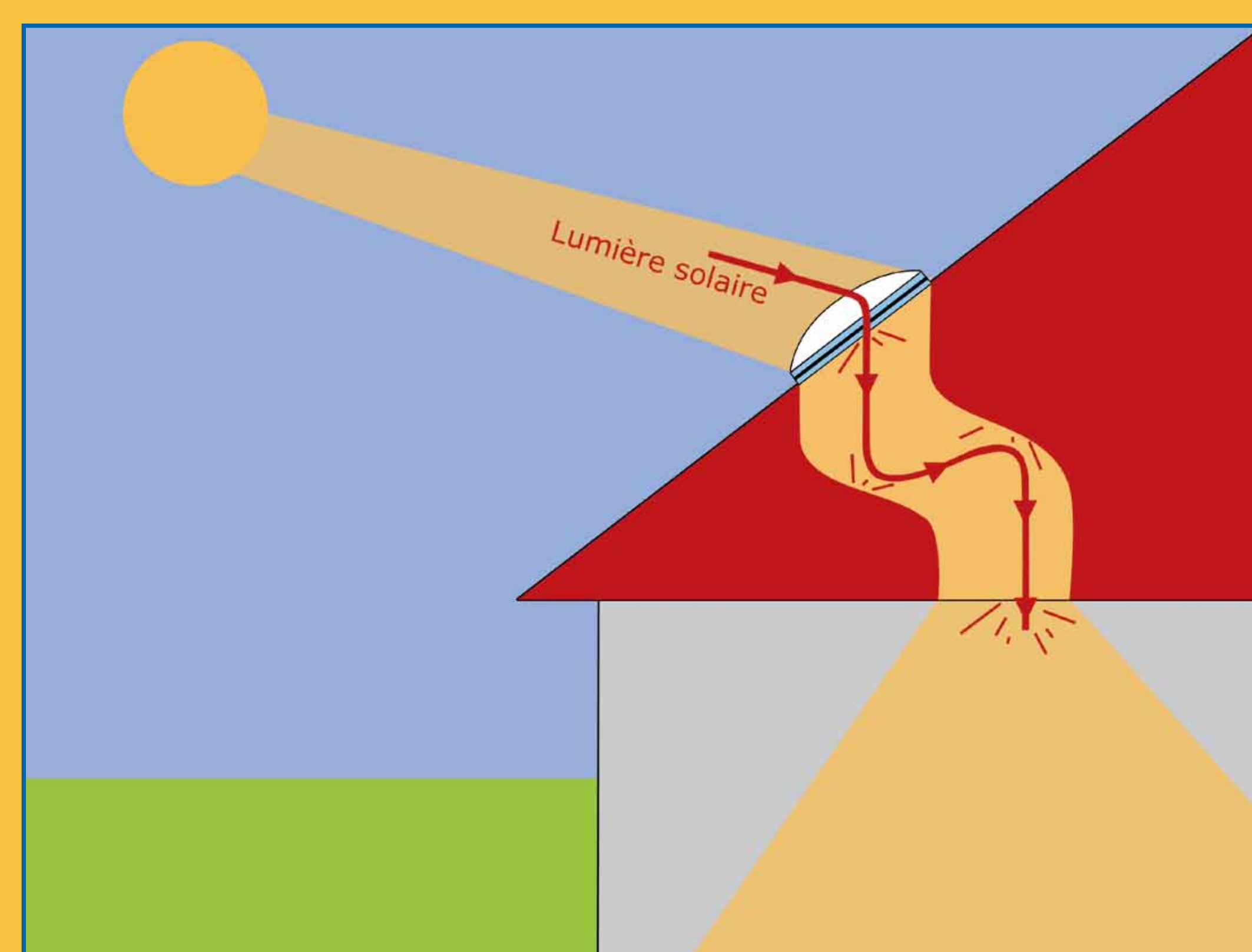


➔ **L'énergie la plus renouvelable est celle que nous ne consommons pas.**

• La lumière

A ce jour, il n'existe pas de solution de stockage de l'énergie lumineuse.

La journée, il est possible d'améliorer l'éclairage avec des systèmes de **puits de lumière** y compris avec des jeux de miroir pour amener la lumière dans une pièce précise.



Puits de lumière

• Le bioclimatisme

En construction comme en rénovation, **la conception bioclimatique permet de :**

- **capter les rayons du soleil en hiver**
- **profiter de l'inertie du bâti** pour stocker la chaleur
- **isoler avec soin pour la conserver**
- **favoriser l'éclairage naturel**

En été, la mise en place de protections évite que le rayonnement solaire pénètre dans le logement, et garde la fraîcheur. Le bioclimatisme permet de bénéficier de l'énergie gratuite du soleil.



Centre d'écotourisme de Franchard à Fontainebleau

• L'isolation

En évitant les déperditions d'énergie, notamment de chaleur, on évite une surconsommation. L'isolation des parois opaques (murs et toitures), et des fenêtres y contribuent.



Fibres de bois

Liège

Sapilliège

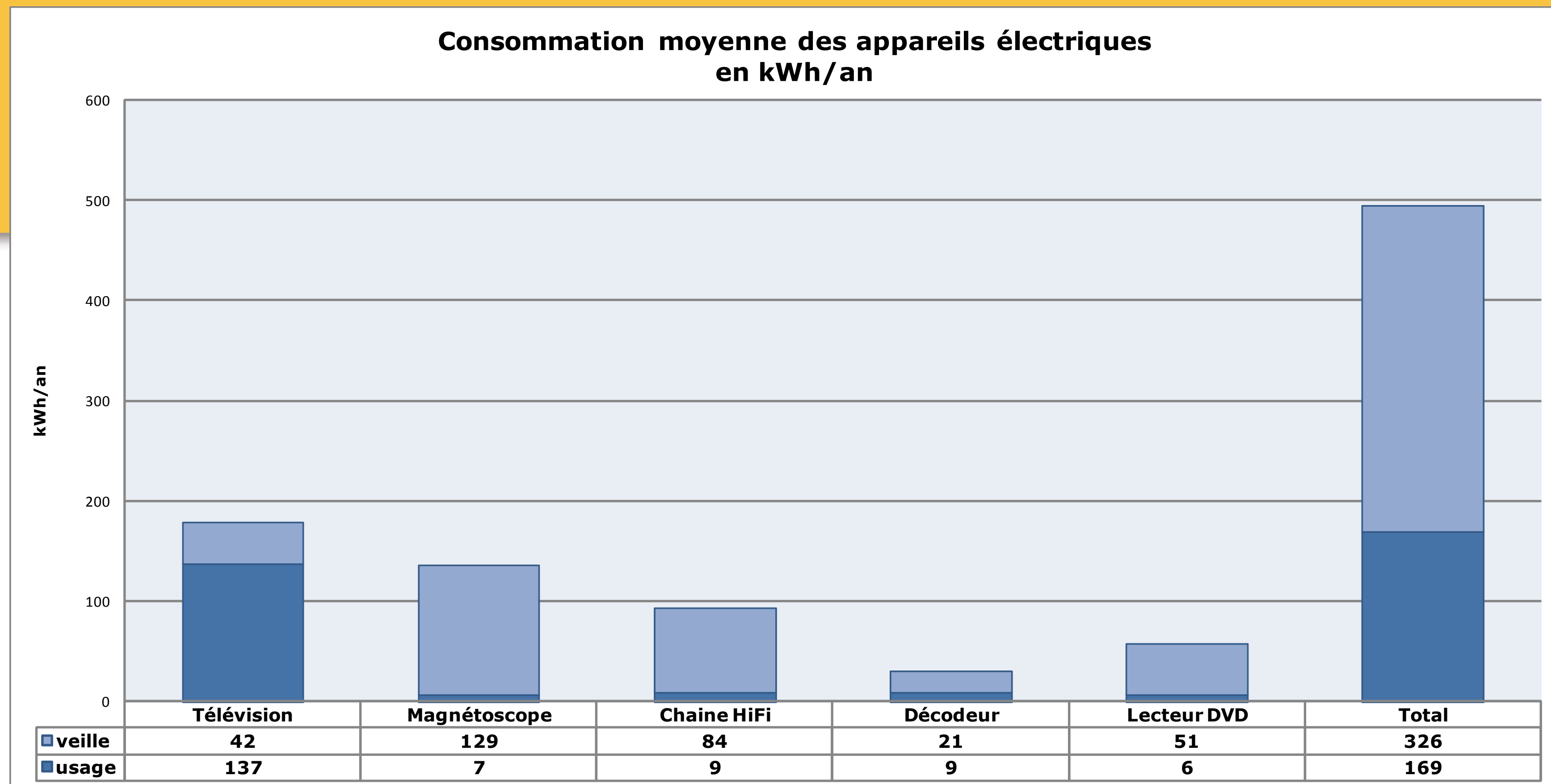
• Les éco-gestes

Les éco-gestes consistent à éviter de gaspiller l'énergie par notre seul comportement.

L'énergie à faible coût et abondante a contribué à l'oubli des bonnes pratiques liées à une énergie rare et chère : baisser le chauffage en son absence, éteindre la lumière en sortant d'une pièce, couper les veilles, etc.

Le saviez-vous ?

En France en 2012, il faut près de deux tranches de centrale nucléaire pour alimenter la veille de nos appareils électriques.



• Le scénario Negawatt

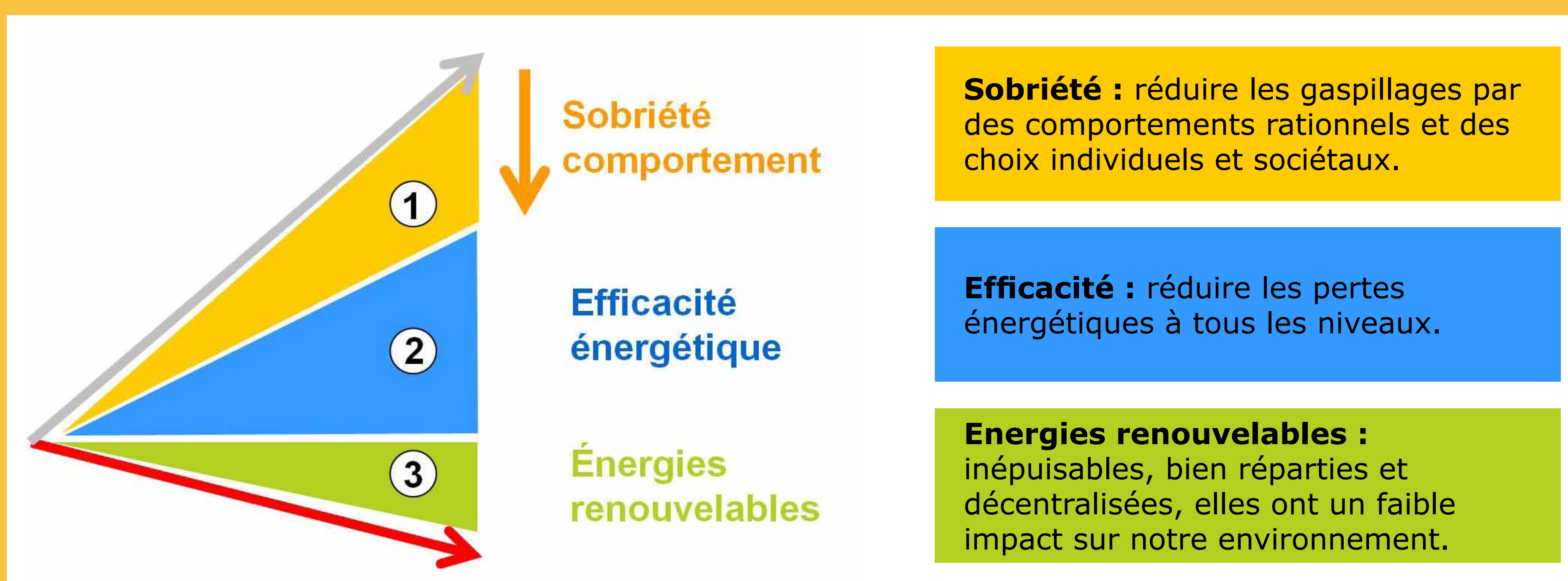
La démarche Negawatt vise à créer un contexte favorable à l'essor des énergies renouvelables qui sont, pour la plupart, des énergies de flux non stockables à ce jour.

Il s'agit de réduire notre besoin énergétique pour que les énergies renouvelables puissent le couvrir. Pour cela, il est nécessaire :

- de **ne pas gaspiller l'énergie** (éco-gestes et pratiques raisonnées),
- d'**améliorer les rendements des appareils électriques** pour éviter les déperditions mais aussi les rendements des productions d'énergies renouvelables,
- d'**améliorer l'isolation des bâtiments** pour réduire les pics de consommations hivernaux,
- d'**intégrer l'ensemble des énergies renouvelables dans le mix énergétique** en prenant en compte leur disponibilité en fonction de la période de l'année.

Il faut, en outre :

- développer les capacités de stockage de l'énergie pour pouvoir utiliser pleinement les énergies renouvelables,
- décentraliser les sites de production pour éviter les pertes en ligne.



Le monde des énergies renouvelables est un monde où le gaspillage est exclu.

La sobriété et l'efficacité sont aujourd'hui le plus grand « gisement d'énergie ».

➔ **Au rythme de notre consommation actuelle, les énergies fossiles et nucléaires s'épuiseront au cours du 21^{ème} siècle.**

L'intensité des prélèvements augmente sans cesse. Les coûts de prospection et d'exploitation sont de plus en plus élevés. Lorsque le prix de l'énergie augmente, le coût de l'ensemble des activités humaines augmente. L'énergie est présente partout, dans tous les produits : l'eau, l'alimentation, le logement, les biens et les services...

Parallèlement à la diminution des ressources, les besoins s'accroissent au même rythme que la population.

Des tensions apparaissent dans certaines zones du globe.

Aujourd'hui, le déficit de la France et les difficultés financières des entreprises sont corrélés au prix de l'énergie.

Il existe, depuis longtemps, une forte disparité dans le monde en matière d'accès à l'énergie, notamment entre le nord et le sud.

Fait nouveau, cette fracture s'étend désormais au sein même de notre pays. Les augmentations répétées du prix de l'énergie impactent de plus en plus le budget des ménages.

En France, un ménage est en situation de **précarité énergétique** si sa facture d'énergie représente au moins 10% de ses revenus. La facture de carburant n'est pas prise en compte dans ce calcul, pourtant elle atteint en moyenne 35% de la facture énergétique totale.

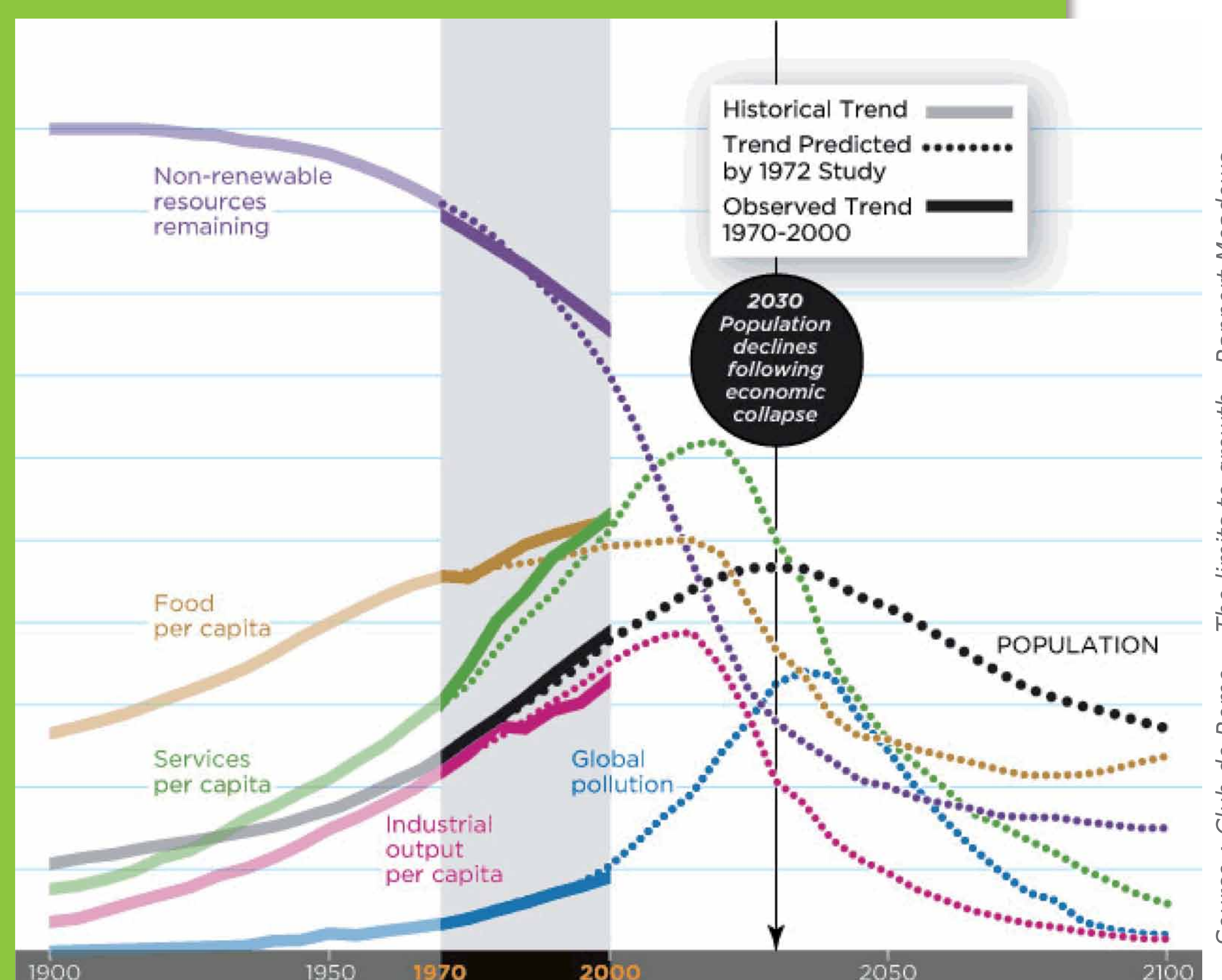


• Les mesures prioritaires

La **transition énergétique** est fondée sur deux principes : l'efficacité et la sobriété énergétiques ainsi que la priorité donnée aux énergies renouvelables.

Parmi les grands chantiers :

- le développement dans les 10 prochaines années de véhicules consommant 2 litres d'essence aux 100 kms,
- un plan de rénovation thermique ambitieux pour rénover en priorité les logements les plus mal isolés,
- la Banque publique d'investissement sera la banque de la transition énergétique, tournée vers les entreprises, dans les domaines de la rénovation thermique et de la maîtrise de la demande d'énergie, des énergies renouvelables et des écotechnologies,
- la simplification des procédures administratives pour le développement des énergies renouvelables et des réseaux,
- le soutien de la filière éolienne,
- le soutien de la filière solaire, avec un haut niveau de normes pour garantir la qualité de l'offre française et européenne,
- le soutien des filières des réseaux de chaleur, de la biomasse et de la géothermie, notamment en Outre-mer,
- une initiative, lancée par l'ADEME, pour la construction de démonstrateurs d'énergie éolienne de taille pré-industrielle.



Source : Club de Rome - The limits to growth - Rapport Meadows

La **fiscalité environnementale** doit permettre d'inciter ou de dissuader des comportements vertueux ou néfastes en termes de consommation de ressources, d'émissions de gaz à effet de serre et de pollutions.

Plusieurs mesures sont d'ores et déjà planifiées, notamment :

- le durcissement du malus automobile pour les véhicules les plus émetteurs de CO₂,
- le renforcement de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) sur les polluants atmosphériques,
- la réduction de l'avantage fiscal donné aux biocarburants de première génération,
- une réflexion sur les dépenses fiscales relatives à l'usage des énergies fossiles,
- l'amélioration de la prévention et de la valorisation des déchets,
- le développement de dispositifs en faveur des économies d'énergie.

> En Seine-et-Marne

Le Plan Climat Énergie s'engage sur plusieurs points, notamment :

l'amélioration des performances énergétiques du patrimoine bâti, le développement des énergies renouvelables sur le territoire, l'optimisation des déplacements, le développement de modes de consommation éco-responsables, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la lutte contre la précarité énergétique, la préservation des milieux naturels, de la biodiversité et des ressources.

Plusieurs traductions concrètes sur le territoire :

- la mise en place, dès l'automne 2012, de **formations sur l'intégration du développement durable dans les politiques départementales**,
- l'établissement d'un **bilan des émissions de gaz à effet de serre des politiques départementales**,
- la mise en oeuvre d'un **suivi climatologique pour le territoire seine-et-marnais**,
- **la construction en Haute Qualité Environnementale du collège Parc Frot à Meaux**, inauguré en octobre 2011 (avec chauffage par géothermie, toitures végétalisées, citernes de récupération des eaux de pluie, etc.).



Collège du Parc Frot à Meaux