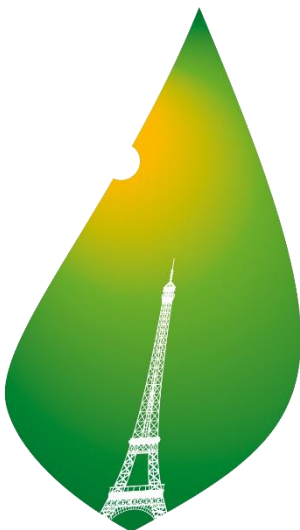
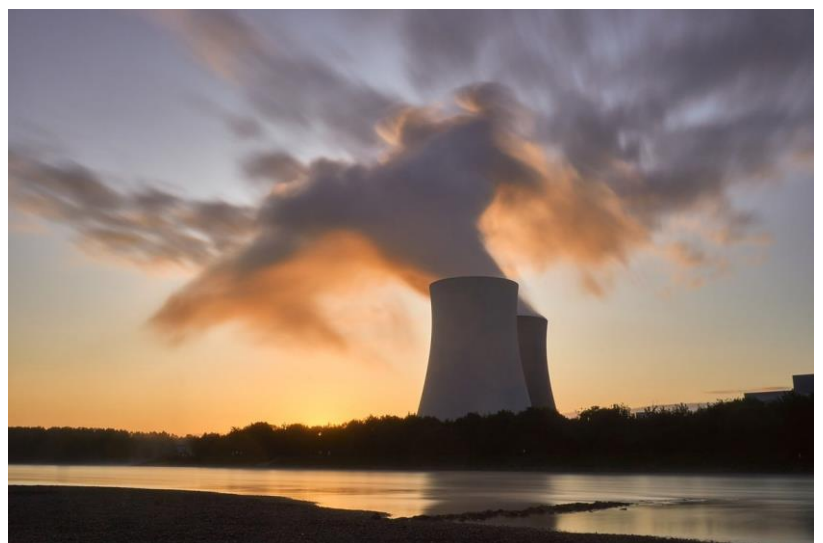




## Choix énergétiques et impacts



COP21 • CMP11  
**PARIS 2015**  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE





# Plan de travail

## Choix énergétiques et impacts

Durée du chapitre	4 semaines	Date de fin du chapitre	11 janvier
Mon groupe			

☐

À cocher

J'ai travaillé les vidéos



Cours

Pages 148 – 149

☐

J'ai fait toutes les activités du chapitre

☐

J'ai fait tous les exercices ci-dessous :



### Savoir-faire - Parcours d'apprentissage

- ☐ Analyser des choix énergétiques à une échelle globale
- ☐ Analyser des choix énergétiques dans un cas particulier

Activités

Exercices

1

9

11

2

12

15

☐

J'ai fait une fiche de synthèse avec la grille de compétences



Je suis prêt pour le contrôle ! 

---

## *Je découvre*

---

### Activité orale – Études de cas

À l'aide de vos connaissances, des documents à disposition, de l'ensemble des chapitres précédents d'enseignement scientifique (physique, SVT et maths) et de recherches, vous devrez présenter un exposé d'une dizaine de minutes sur l'une des problématiques suivantes au choix :

- Le choix énergétique français : le nucléaire
- Le développement des énergies renouvelables : cas de l'Allemagne
- L'impact du transport dans le choix énergétique
- La transition énergétique à l'échelle locale
- Impact des comportements individuels et collectifs
- Choix énergétique de Marie-Galante

# Le choix énergétique français : le nucléaire

Aujourd'hui, environ 75 % de la production française d'électricité est d'origine nucléaire. Cependant, l'utilisation de cette forme d'énergie est souvent pointée du doigt : accidents de Tchernobyl (1986) et de Fukushima (2011), gestion et stockage des déchets radioactifs, démantèlement des centrales fermées, etc.

→ Quels sont les intérêts, les impacts et les évolutions possibles de l'utilisation de l'énergie nucléaire ?

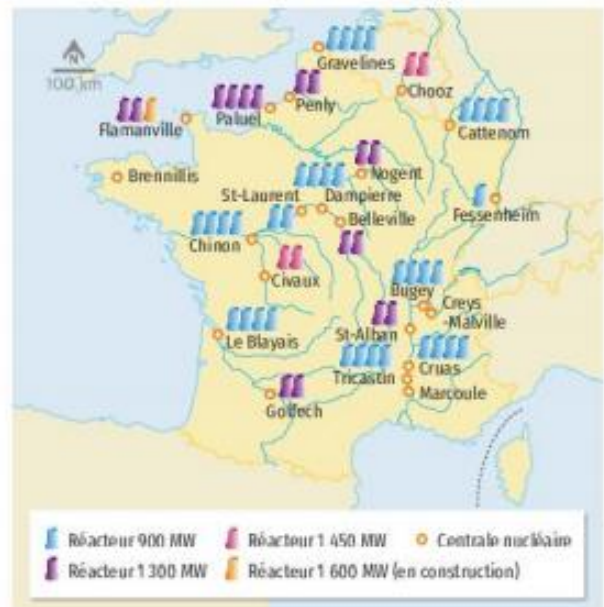
## Ce que j'ai déjà vu

- Aspect énergétique des transformations nucléaires

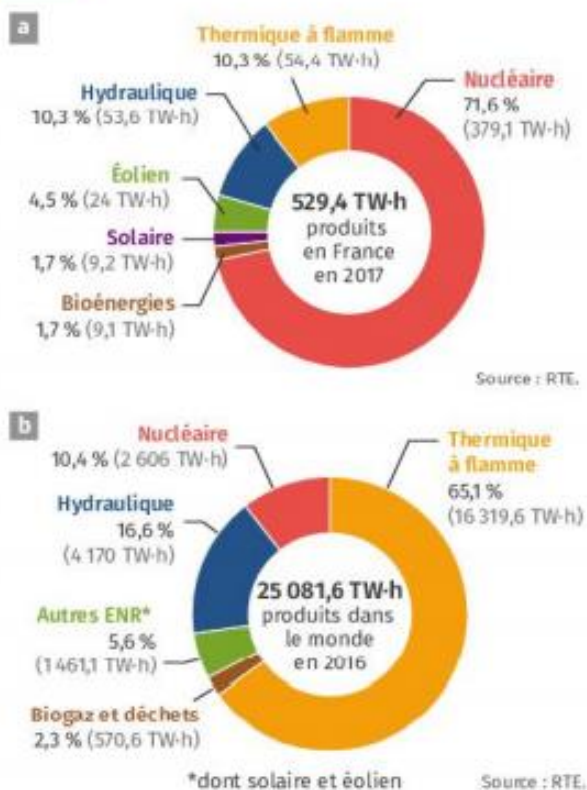
### Doc. 1 Le choix du nucléaire

En 1945, à la fin de la Seconde Guerre mondiale, Charles de Gaulle crée le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) dans le but d'utiliser l'énergie atomique dans les domaines de l'industrie, de la science et de la défense nationale. Dans les années 1970, le premier choc pétrolier et les tensions au Moyen-Orient poussent Valéry Giscard d'Estaing à une politique du « tout nucléaire » afin d'accroître l'indépendance énergétique de la France qui devient ainsi le pays le plus nucléarisé au monde.

### Doc. 2 57 réacteurs nucléaires en activité en France



### Doc. 3 Le nucléaire dans la production d'électricité



Production française d'électricité en 2017 **a**  
Production mondiale d'électricité en 2016 **b**

### Doc. 4 Emplois dans le nucléaire

D'après le Conseil national de l'industrie [...], la filière industrielle nucléaire, qui rassemble 2500 entreprises, emploie près de 220 000 salariés (emplois directs et indirects), représentant un chiffre d'affaires total de 46 milliards d'euros.

D'après Areva, géant du nucléaire, cette industrie serait à l'origine de 2 % de l'emploi en France, soit 410 000 emplois, dont 125 000 emplois directs. Ces chiffres sont contestés par les partisans de la sortie du nucléaire qui mettent plutôt en avant les emplois et le potentiel de création d'emplois liés au développement des énergies renouvelables. Une étude de 2011 de l'association négaWatt estimait que le développement des énergies renouvelables pouvait aboutir à la création de « 240 000 emplois équivalents temps plein en 2020 et 630 000 en 2030 ».

« Les quatre chiffres à connaître sur l'énergie nucléaire en France », Le Figaro, 2017.

### Doc. 5 Approvisionnement des centrales

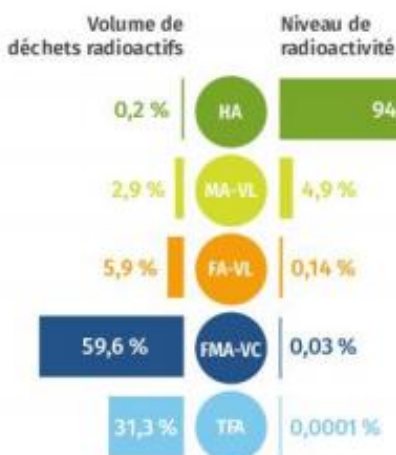
La France a besoin de 8000 à 9000 tonnes d'uranium naturel par an pour fabriquer le combustible alimentant son parc de 58 réacteurs nucléaires. La totalité de cet uranium est importée : l'exploitant EDF achète le combustible final auprès d'Areva qui sécurise son approvisionnement en exploitant [des **minerais** d'uranium] naturel dans différentes zones géographiques. Parmi celles-ci figurent principalement le Niger, le Canada, l'Australie et le Kazakhstan. [...]

Compte tenu du prix de l'uranium naturel sur les marchés, le montant des importations françaises d'uranium peut être estimé entre 500 millions et un milliard d'euros par an. Notons que le coût de l'uranium naturel constitue in fine seulement 5 % du coût de production du kWh nucléaire.

*D'où vient l'uranium naturel importé en France ?,  
connaissancesenergies.org, août 2017.*

### Répartition des déchets nucléaires en France

#### Doc. 7



Deux tiers des déchets radioactifs proviennent de l'industrie électronucléaire, le reste provenant d'un usage militaire, médical ou industriel tierce. Les déchets nucléaires français sont classés selon leur activité et leur durée de vie : de haute activité (HA) à très faible activité (TFA) et de vie longue (VL) à vie courte (VC). Les déchets à haute activité ne disposent pas encore de solution de traitement.

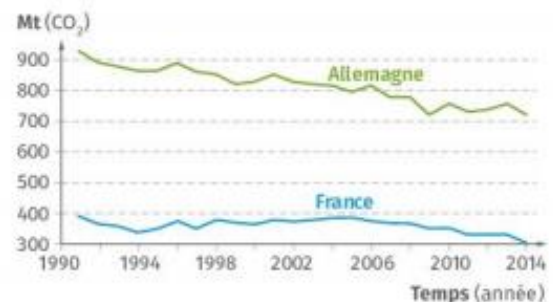
### Doc. 6 Nouvelle génération de réacteurs nucléaires

L'EPR (*evolutionary power reactor*) est un réacteur nucléaire de troisième génération. Il a été conçu pour améliorer la sûreté et la rentabilité des centrales. Mais les délais de construction de ces réacteurs sont longs et les premiers chantiers en Finlande et en France (Flamanville) ont pris beaucoup de retard : après plus de huit années de construction, ils ne sont toujours pas terminés et le coût d'installation est actuellement multiplié par quatre. La Chine, elle, est déjà équipée avec deux EPR.



EPR de Flamanville.

### Doc. 8 Émission de CO<sub>2</sub> en France et en Allemagne



### Questions

- Doc. 1** Historiquement, expliquer pour quelle(s) raison(s) la France s'est tournée vers le nucléaire. Préciser les autres choix possibles.
- Doc. 3** Donner la part du nucléaire dans la production d'énergie électrique en France. Comparer avec la part mondiale et commenter.
- Doc. 4, 5, 6, 7 et 8** Citer les avantages et les inconvénients d'une production de l'électricité à partir de l'énergie nucléaire. Effectuer des recherches complémentaires et répondre sous la forme d'un tableau récapitulatif.

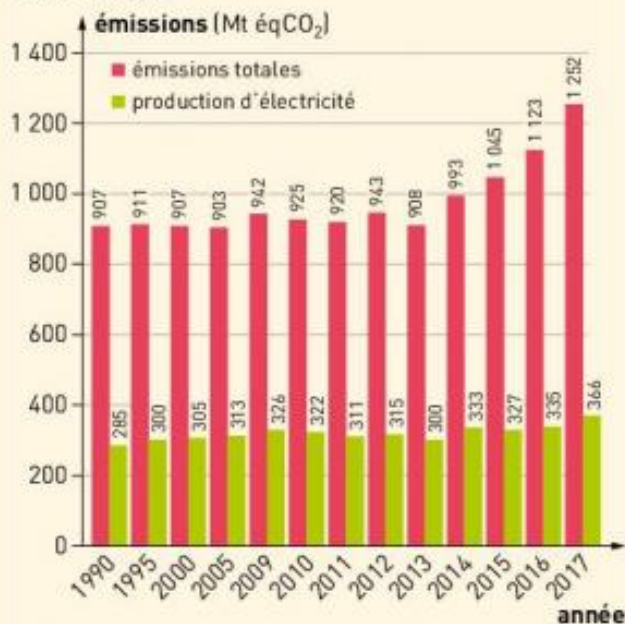
## Le développement des énergies renouvelables : cas de l'Allemagne

En 2011, l'Allemagne a arrêté ses sept plus vieux réacteurs nucléaires et annoncé la fermeture de son parc nucléaire pour 2022. En quelques années, le pays a quasiment doublé sa puissance installée en éolien et en solaire et la part du nucléaire est passée de 17 % à 13 % de la production électrique. La puissance installée en charbon et en gaz est restée relativement stable. En janvier 2019, une « commission charbon » a préconisé une sortie progressive des centrales à charbon et au lignite d'ici 2038 et la fermeture, d'ici 2022, d'une capacité de 12,5 GW.

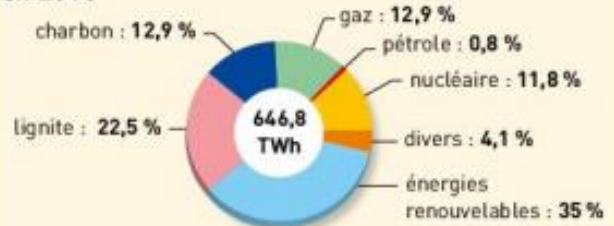
Le nucléaire, bien que dangereux et producteur de déchets nocifs, ne génère pas du tout de CO<sub>2</sub> à la production, comme d'ailleurs le photovoltaïque et l'éolien.



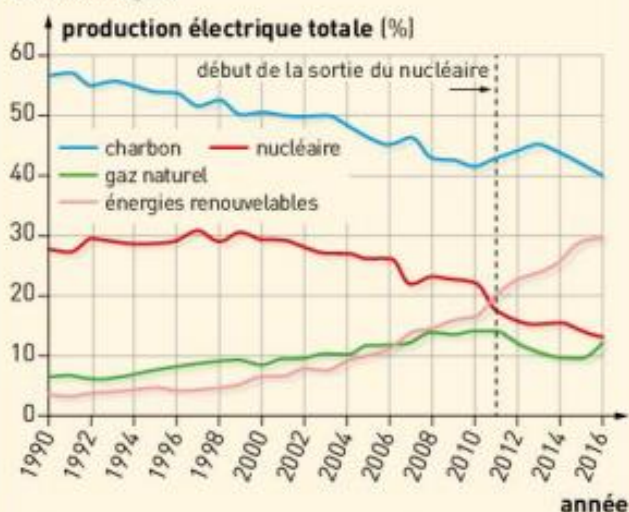
**Document 1 : Évolution des émissions de GES en Allemagne**



**Document 2 : Production électrique allemande en 2018**



**Document 4 : Évolution des sources d'électricité en Allemagne**



**Document 3 : Émissions de GES évitées en Allemagne**



Émissions de GES évitées grâce à l'utilisation des énergies renouvelables (dans les domaines de l'électricité, la chaleur et le transport, en millions de tonnes équivalent en dioxyde de carbone).

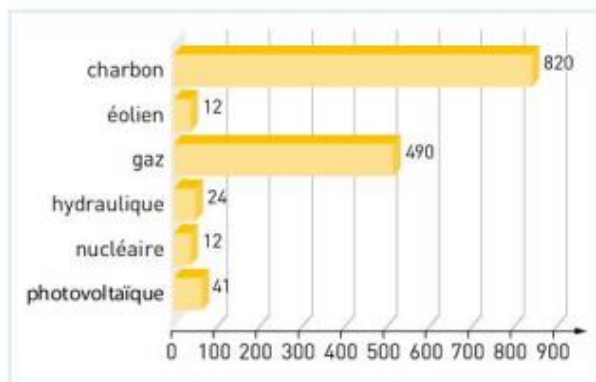
- Quel a été l'effet de la sortie du nucléaire :
  - sur la production électrique en Allemagne ?
  - sur les émissions de GES ?
- Pourquoi peut-on dire que l'Allemagne « dénucléarise et décarbone » en même temps ? Argumenter à l'aide des documents.
- Quel risque pourrait courir l'Allemagne si elle suivait les préconisations de la commission charbon ?

## 1 Un développement indispensable

Chaque mode de production d'énergie est plus ou moins émetteur de gaz à effet de serre. Le bilan carbone des fossiles est largement plus mauvais que celui des énergies renouvelables. Aussi l'importance des **énergies renouvelables** dans la lutte contre le réchauffement climatique est-elle largement admise.

Dans son rapport spécial d'octobre 2018, le GIEC écrit que dans les scénarios compatibles avec un maintien de la hausse de température à 1,5 °C en 2050, la part des énergies renouvelables dans l'**énergie primaire** varie de 49 % à 67 %. Les énergies renouvelables ont donc bien un rôle important à jouer pour diminuer l'impact des activités humaines sur le climat.

La consommation d'électricité des pays développés augmentant peu, quand on produit un kWh grâce à des énergies renouvelables, c'est un kWh de moins à produire pour les centrales en place, souvent très carbonées\*.



■ Émission de CO<sub>2</sub> par source de production électrique (g éqCO<sub>2</sub>/kWh).

## 2 Un scénario intéressant



D'après un rapport d'EDF sur les conséquences de l'installation massive d'énergies renouvelables dans le mix électrique européen, l'introduction de 700 GW de solaire et d'éolien augmenterait de 60 GW le besoin de production thermique lors des périodes de forte demande d'électricité et de faible production éolienne et solaire. Mais cette introduction massive d'énergies renouvelables conduirait également à diminuer le besoin de puissance thermique continu de 160 GW (il s'agit de la puissance dite de base lorsque la demande est plus faible).

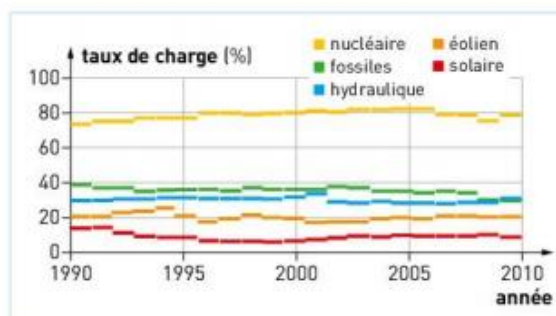
EDF calcule que son scénario conduit à une baisse des émissions de 1 milliard de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, ce qui est considérable car cela représente plus de 20 % des émissions de CO<sub>2</sub> de l'Union européenne.

## 3 Des énergies propres mais intermittentes

La production d'électricité par des éoliennes ou des panneaux solaires est intermittente. Elle dépend de la présence de vent ou de soleil. Les spécialistes parlent de **taux de charge**, c'est-à-dire l'énergie effectivement fournie par rapport au potentiel installé.

Mais il faut aussi regarder la capacité d'une centrale à fournir de l'électricité aux moments des pics de consommation afin d'éviter une défaillance du réseau. À titre d'exemple, on a rarement besoin de l'électricité produite par les éoliennes en pleine nuit et on aurait par contre besoin d'électricité photovoltaïque l'hiver, lors de la pointe de consommation en début de soirée, mais il fait déjà nuit.

Les centrales à gaz ou au charbon peuvent au contraire être démarrées rapidement quand il existe une demande et leur production est très facilement modulable. Mais si les énergies renouvelables sont compensées par des énergies carbonées quand elles ne tournent pas, alors elles deviennent beaucoup moins vertes.



■ Historique des taux de charge.

Source : Eurostat.



■ En Guyane, projet de centrale utilisant l'hydrogène pour stocker l'énergie produite par des panneaux solaires (HDF Energy).

Pour compenser l'intermittence du vent et du soleil, d'autres solutions existent heureusement : les centrales hydroélectriques si la géographie permet d'en disposer, ou les centrales au gaz renouvelable qui limiteraient beaucoup l'impact sur le climat.

Une autre solution est celle du stockage de l'énergie : par exemple le stockage de l'électricité par génération d'hydrogène après électrolyse, puis restitution dans des piles à combustible. Mais jusqu'alors l'électrolyse avait un rendement trop faible. Sur un nouveau type, les piles à céramique protonante (PCFC), des chercheurs annoncent avoir conçu une électrode dont les déperditions

d'énergie sont très faibles. Une incertitude demeure : ces prototypes devront maintenant résister à l'industrialisation et à l'augmentation de l'échelle qui réduit souvent les performances.

**Pour comprendre si l'utilisation de l'éolien et du solaire augmente indirectement la production de  $\text{CO}_2$  :**

- 1 Indiquer dans quelle mesure l'éolien et le solaire réduisent les émissions directes de  $\text{CO}_2$ .
- 2 Comparer le taux de charge des différentes filières de production d'électricité.
- 3 Expliquer pourquoi le développement des énergies renouvelables peut s'accompagner de celui d'énergies plus polluantes. Existe-t-il des alternatives ?

#### Des clés pour réussir

- Ne pas s'en tenir à l'idée qui vient de suite à l'esprit (question 3).

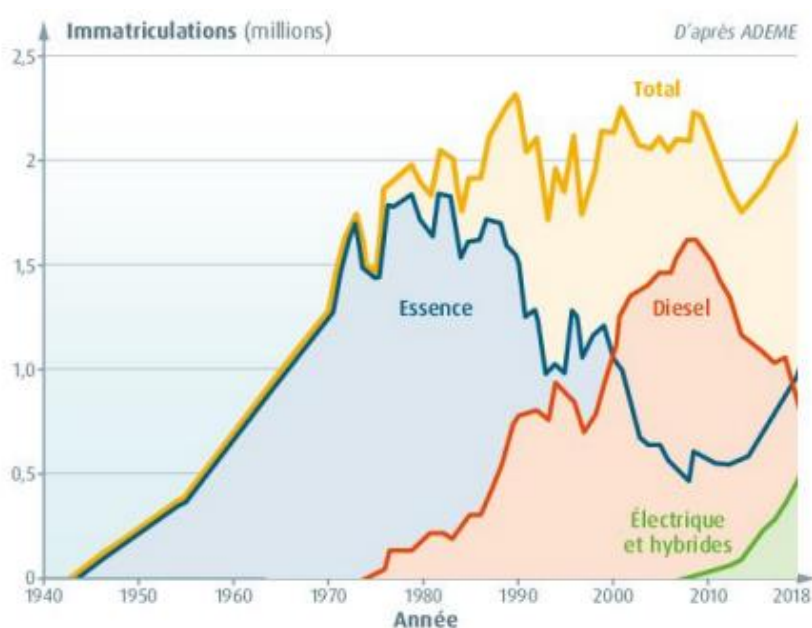
## L'impact du transport dans le choix énergétique

Au  $xx^e$  siècle, les transports longue distance en train, avion ou voiture ont rendu les voyages plus accessibles. Aujourd'hui, leur empreinte environnementale et la lourdeur des infrastructures associées influencent leur développement à venir.

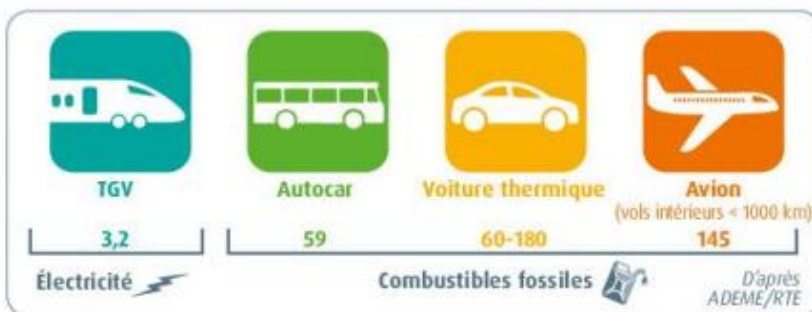
**Quels paramètres doit-on prendre en compte pour faire évoluer les transports longue distance vers une plus grande sobriété énergétique ?**



**DOC 1 Évolution des infrastructures ferroviaires entre 1925 et 1997.** Dans le même temps, le réseau autoroutier est passé de 0 à 8 500 km (près de 12 000 km aujourd'hui).



**DOC 2 Évolution des immatriculations de voitures particulières en France.** Avant qu'une voiture puisse circuler elle doit être immatriculée. Le suivi des immatriculations donne donc une idée du nombre de nouvelles voitures entrant sur le réseau routier chaque année.



**DOC 3 Émissions de CO<sub>2</sub> liées à trois modes de transport (en gCO<sub>2</sub>/km parcouru/passager).** L'électricité en France étant produite avec de faibles émissions de carbone (92 % par de l'énergie nucléaire ou des énergies renouvelables), les transports électriques ont de faibles émissions de carbone à l'usage. Mais pour la même consommation électrique, l'émission de gaz à effet de serre (en équivalents CO<sub>2</sub>/kWh) serait 10 fois supérieure en Allemagne et 20 fois supérieure en Chine.

	LGV Paris-Lyon	LGV Méditerranée	Route 2 x 2 voies	Autoroute
Coût en millions d'euros par kilomètre	5,5	19,7	5,4	4,9 à 7,6

**DOC 4 Les coûts de construction.** LGV : ligne ferroviaire à grande vitesse.



**DOC 5 Le bilan carbone du projet LGV Bordeaux-Toulouse.** La construction de ces 140 km de LGV va provoquer l'émission de 1,2 million de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>. Une fois en service, la LGV évitera des déplacements routiers ou en avion et permettra ainsi des économies d'émissions de CO<sub>2</sub>. Ces économies permettent «d'éponger» les émissions liées à la construction, à une vitesse qui dépend bien sûr de l'importance du trafic passager sur la ligne.



**DOC 6 Fabrication de moteurs électriques à l'usine PSA de Tremery (Moselle).** Plus grande usine de fabrication de moteurs diesel au monde (jusqu'à 1,5 million par an), elle est en cours de conversion pour la construction de moteurs électriques, qui demande moins de pièces et moins de main-d'œuvre. Il est donc possible que l'augmentation du nombre de voitures électriques s'accompagne d'une perte d'emplois dans l'automobile. Par ailleurs, les batteries (30 à 50 % du coût d'une voiture électrique) sont aujourd'hui principalement fabriquées en Asie, ce qui pousse les pays européens à développer une industrie de construction de batteries.



**DOC 7 Recharge d'un véhicule électrique.** Dans le cas d'une électricité entièrement produite par l'énergie nucléaire, en 150 000 km, le véhicule électrique émettra 55 % de CO<sub>2</sub> en moins qu'un véhicule thermique. Mais la fabrication d'un véhicule électrique correspond à 30% de l'énergie totale consommée par le véhicule au cours de sa vie (fabrication + utilisation), contre 20% pour un véhicule thermique. Par ailleurs, dans un pays où l'électricité est produite en utilisant davantage les combustibles fossiles, le bilan carbone du véhicule électrique sera alourdi.

## EXPLOITER LES DOCUMENTS TÂCHE COMPLEXE

Aide



**Groupe 1.** Montrez que les choix énergétiques concernant les transports longue distance doivent tenir compte de la disponibilité des ressources, des adéquations aux besoins, des impacts climatiques, des coûts économiques et sociaux et des durées longues liées à la construction des systèmes de transports.

**Groupe 2.** En vous appuyant sur l'exemple des transports, montrez que la transition écologique des sociétés repose sur des nouveaux comportements (individuels et collectifs), et sur l'innovation scientifique ou technique.

## ESPRIT CRITIQUE

Bien qu'encre très minoritaire, la voiture électrique voit son développement s'accélérer depuis quelques années.

→ Quels sont les avantages et inconvénients de la voiture électrique ?

Pistes de travail ► DOCS 3, 6 et 7, recherche Internet

# La transition énergétique à l'échelle locale

La transition énergétique nécessite de repenser le **mix énergétique** en diminuant la consommation d'énergie obtenue à partir de ressources non renouvelables et l'émission de gaz à effet de serre.

► **Comment faire évoluer les infrastructures d'une ville pour limiter son empreinte énergétique ?**

## Doc 1 L'assainissement de l'eau et la valorisation des matières organiques à Clermont-Ferrand



- Les eaux usées de l'agglomération clermontoise sont traitées dans la station d'épuration des Trois Rivières. Au terme de plusieurs traitements et analyses, une eau purifiée est rejetée dans une rivière, les résidus organiques étant concentrés dans des boues d'épuration. Depuis 2004, elles sont valorisées par épandage dans les exploitations agricoles.

- La ville envisage l'installation d'un **digesteur** sur ce site. Il permettra de mieux valoriser les matières organiques contenues dans les boues d'épuration. Par **fermentation**, on obtiendra deux ressources : un digestat, liquide qui peut être utilisé comme fertilisant dans l'agriculture, et du **biogaz**. L'énergie produite par sa combustion sera suffisante pour permettre le fonctionnement de l'ensemble de l'infrastructure.

### Clermont-Ferrand

Située dans le Massif central, l'agglomération de Clermont-Ferrand concentre environ 290 000 habitants. En dehors de l'agglomération clermontoise, le département a une densité de population assez faible, des massifs montagneux, de grandes surfaces agricoles et des forêts.



## Doc 2 La valorisation des déchets



- Le pôle de valorisation de Puy-Long, inauguré en 2013, permet de traiter et de valoriser les déchets produits dans le département, avec une capacité de 210 000 tonnes par année.
- Les déchets agricoles et alimentaires sont broyés avant de subir une fermentation. Six mille tonnes de **compost** sont ainsi produites chaque année. Ce dispositif est complété d'une unité de méthanisation, produisant biogaz et digestat.

- Les déchets ménagers non valorisés dans les filières de recyclage sont traités dans un incinérateur. Ce dernier alimente un turbogénérateur produisant une énergie électrique de  $10^5$  MWh par an.
- L'énergie électrique alimente les installations ; le surplus est réinjecté sur le réseau et couvre les besoins en électricité d'environ 70 000 personnes. L'installation a permis de diviser par 2,5 le volume de déchets résiduels, pour lesquels la seule issue était le stockage.

### VIDÉO WEB

La valorisation des déchets dans le Puy-de-Dôme  
[lienmini.fr/es-tle-c08-05](http://lienmini.fr/es-tle-c08-05)

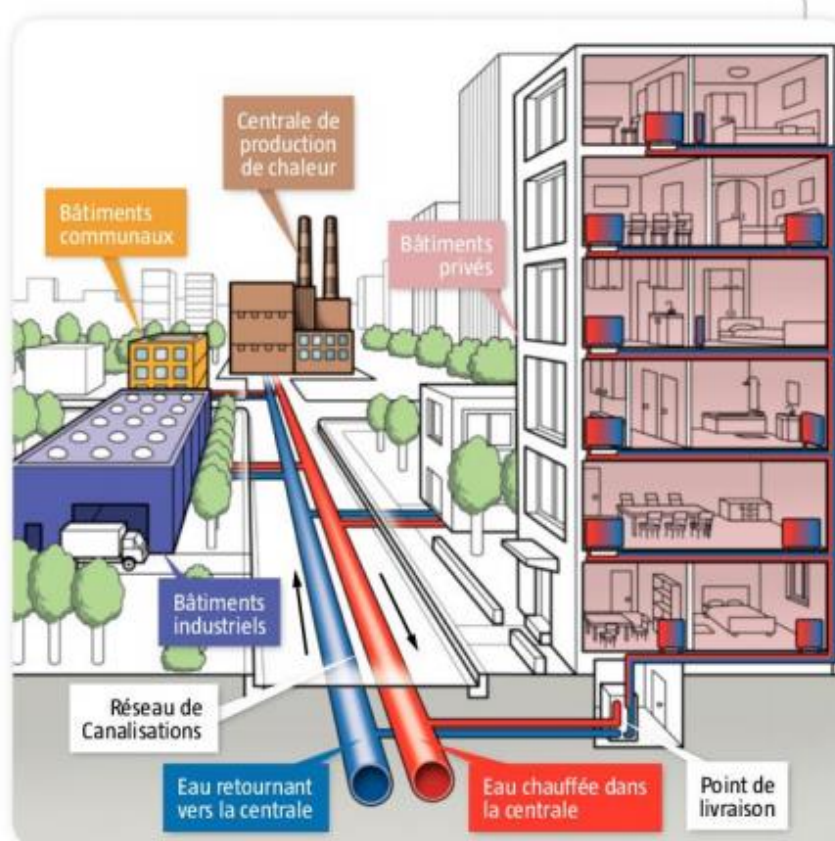


### Le débat

Ce projet d'incinérateur a suscité de vives critiques. Les riverains craignaient le rejet accidentel de fumées contenant **dioxines** et métaux lourds. L'exploitant a mis en avant la présence de filtres régulièrement contrôlés, conformément à la législation. Les opposants avaient également pointé le fait que ces installations pouvaient retarder la mise en place de dispositifs de recyclage de matériaux tels que les bouteilles plastiques. L'exploitant a répliqué que le bon fonctionnement de l'incinérateur serait alors privé de matériaux à haute énergie massique.

### Doc 3 Un réseau de chaleur centralisé

- Les quartiers Nord de la ville de Clermont-Ferrand concentrent un grand nombre d'immeubles.
- Une chaufferie bois a été mise en service en 2013, pour alimenter un réseau de chaleur (chauffage et eau chaude).
- Les chaudières traditionnelles ont été remplacées par des points de livraison, où l'eau utilisée dans les bâtiments est chauffée au contact de l'eau du circuit de chauffage. Celle-ci retourne vers la chaufferie où elle est à nouveau portée à la température de 110 °C. Grâce à une bonne isolation thermique, les pertes lors du transport d'eau chaude dans le réseau d'une longueur de 11 km sont limitées à 3 °C environ.
- La chaufferie est alimentée à 85 % par du bois issu des forêts du département : chaque année 23 000 tonnes de bois sont collectées localement. Cette ressource renouvelable permet de réduire d'environ 9 000 tonnes la quantité de CO<sub>2</sub> rejetée annuellement par une chaudière classique à combustible fossile. En effet, le dioxyde de carbone rejeté lors de la combustion correspond à la quantité qui a été prélevée dans l'atmosphère lors de la croissance des arbres.



### Guide de travail

#### PARCOURS 1

**1 Expliquer** comment la nouvelle installation sur le site de la station d'épuration va permettre d'économiser de l'énergie (**doc 1**).

**2 Calculer** la puissance moyenne P de l'incinérateur, et **comparer** à la puissance moyenne délivrée par une éolienne (**doc 2**).

Donnée : puissance moyenne d'une éolienne : 3 MW.

**3 a. Identifier** le principal intérêt du réseau de chaleur des quartiers Nord de l'agglomération d'un point de vue environnemental (**doc 3**).

**b. Discuter** de la possibilité d'étendre ce type d'installation à l'ensemble du département et **expliquer** pourquoi l'empreinte carbone d'une chaufferie au bois augmente quand elle est alimentée avec du bois qui n'est pas produit localement (**docs 1 et 3**).

**4 Montrer** que les exemples présentés sont adaptés au contexte géographique (**docs 1 à 3**).

**5 Synthèse Expliquer** comment, par l'évolution des infrastructures, l'agglomération clermontoise développe un mix énergétique qui va dans le sens de la transition énergétique et écologique.

#### PARCOURS 2

Variante en équipes

DOC

lienmini.fr/es-tle-c08-06

### Vocabulaire

**Biogaz** : mélange de gaz (essentiellement méthane et dioxyde de carbone) produit par la fermentation de matière organique, en absence de dioxygène, à une température voisine de 40 °C.

**Compost** : matière organique solide permettant de fertiliser les sols, produite par la dégradation de débris végétaux par des microorganismes.

**Digesteur** : dispositif utilisé sans apport d'air, pour la transformation mécanique et chimique des matières organiques par des microorganismes.

**Dioxine** : polluant organique persistant obtenu notamment lors de combustions de déchets et néfaste à la santé.

**Fermentation** : dégradation incomplète de la matière organique en absence de dioxygène.

**Mix énergétique** : diversification des différentes sources d'énergie mises en œuvre pour répondre aux besoins.

# Impact des comportements individuels et collectifs

L'amélioration des conditions de vie des pays industrialisés est à l'origine d'une consommation excessive d'énergie et donc d'émission de gaz à effet de serre.

► **Quels nouveaux comportements devons-nous adopter ?**

## Doc 1 La consommation d'énergie annuelle par habitant dans le monde en 2017

Inférieure à 2 tep	Inde, Afrique (sauf Afrique du Sud), Brésil, Mexique
Comprise entre 2 et 3 tep	Chine, Afrique du Sud, Italie, Royaume-Uni, Espagne
Supérieure à 3 tep	Japon, France, Allemagne, Russie, Corée du Sud, États-Unis

Consommation d'énergie annuelle par habitant.

### VIDÉO WEB

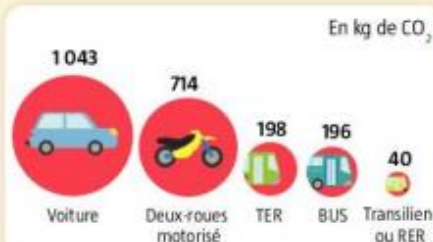
Réduire l'impact carbone de l'alimentation  
lienmini.fr/es-tle-c08-15



## Doc 2 Les émissions de CO<sub>2</sub> dans la vie quotidienne

### Les transports

Les transports représentent en France 28 % des émissions de CO<sub>2</sub>.



Émissions de CO<sub>2</sub> pour une distance domicile-travail de 30 km aller-retour, 215 jours dans l'année.

### Le chauffage

Pour 100 m<sup>2</sup> habitables, une énergie supérieure à 15 000 kWh par an est consommée dans une maison mal isolée (3 000 kWh dans un bâtiment à basse consommation).



Émissions de CO<sub>2</sub> pour une consommation d'énergie de 15 000 kWh pour le chauffage.

### Les déchets

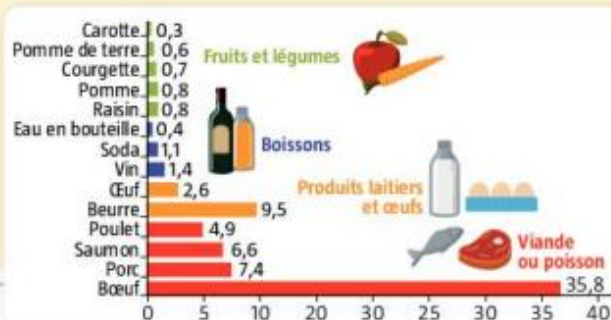
Une tonne de déchets compostés émet 76 kg de CO<sub>2</sub>, leur incinération 362 kg et 441 kg lorsqu'ils sont mis en décharge.

### Le numérique

Internet et la messagerie nécessitent des équipements qui consomment de l'énergie. Envoyer un mail avec une pièce jointe de 1 Mo, c'est 19 g de CO<sub>2</sub>, rechercher une information sur Internet émet 10 g de CO<sub>2</sub>.

### L'alimentation

Pour un menu comprenant de la viande, des produits laitiers, des légumes et des fruits choisis sans tenir compte de la saison ni de leur origine, 4 kg de CO<sub>2</sub> peuvent être émis. Avec la conservation de la viande et des produits laitiers, en optant pour des produits frais, locaux et de saison, les émissions sont de 1,5 kg.



Émissions de CO<sub>2</sub> en kg CO<sub>2</sub>-éq pour un kilogramme de différents aliments et boissons de leur production à leur consommation.

## Guide de travail

### PARCOURS 1

- 1 Justifier la nécessité d'une solidarité Nord-Sud (doc 1).
- 2 À l'aide du doc 2, calculer la réduction des émissions de dioxyde de carbone réalisés sur une année dans les cas où les deux membres d'un couple prennent les transports en commun plutôt que leur voiture pour aller au travail et optent pour un poêle à granulés à la place du chauffage au fioul.

- 3 Expliquer pourquoi la consommation d'aliments locaux et de saison permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (doc 3).
- 4 Synthèse Illustrer à l'aide d'une carte mentale les comportements à adopter pour réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.

### PARCOURS 2

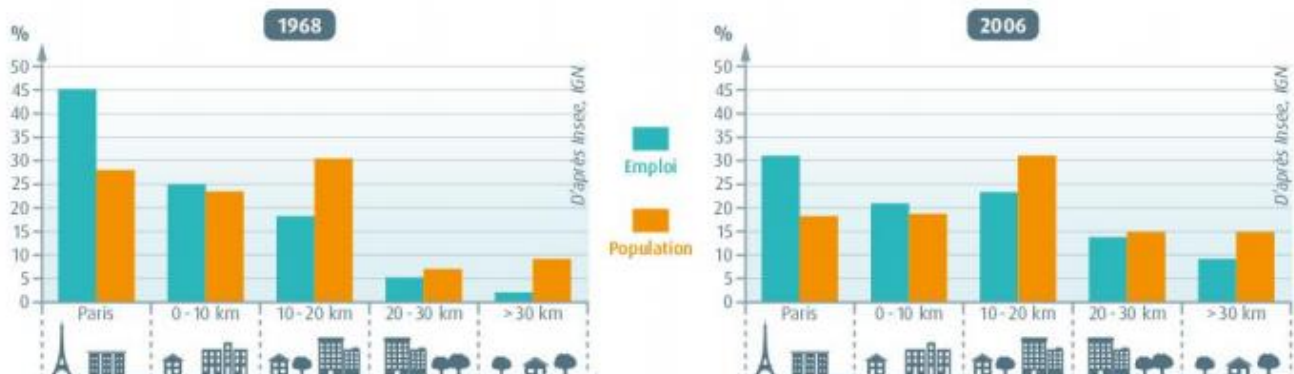
Variante en tâche complexe

### DOC

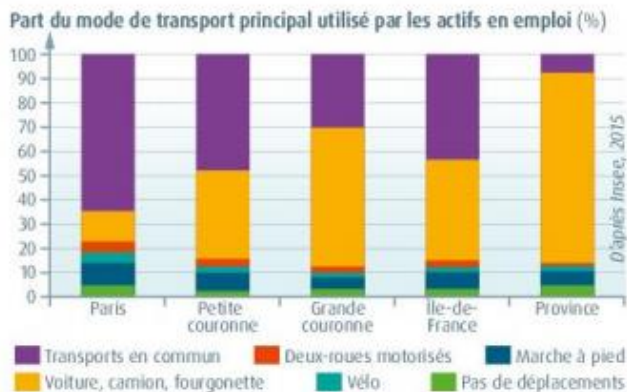
lienmini.fr/es-tle-c08-16

De nombreux paramètres peuvent déterminer le choix du moyen de déplacement entre le domicile et le lieu de travail.

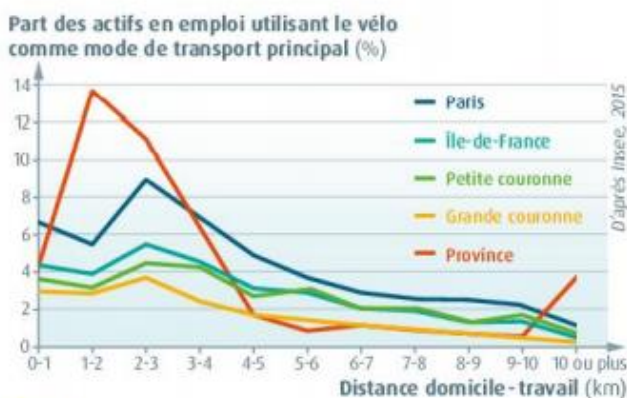
Quels sont ces paramètres et quels sont les impacts énergétiques, environnementaux et économiques des choix effectués ?



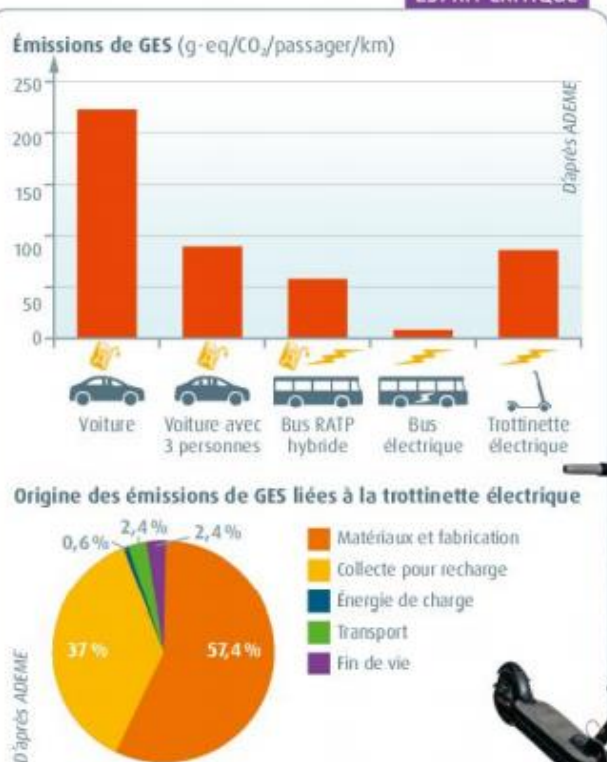
**DOC 1 Répartition de l'emploi et de la population en Île-de-France en 1968 et en 2006.** Dans le détail, les différentes catégories d'emplois ne sont pas uniformément réparties. Ainsi, dans les centres-villes français, on compte 119 emplois de cadre pour 100 cadres résidents et 120 emplois d'employés pour 100 employés résidents. Dans les communes périurbaines françaises (banlieues), on compte 40 emplois de cadre pour 100 cadres résidents et 50 emplois d'employés pour 100 employés résidents.



**DOC 2 Modes de transport pour les trajets domicile-travail en France (données 2015).**



**DOC 3 Utilisation du vélo en fonction de la distance domicile-travail en France.**



**DOC 4 Bilan carbone de plusieurs moyens de déplacement urbains (données pour Paris).** Pour évaluer correctement ce bilan, il est nécessaire d'intégrer l'ensemble des étapes de la vie de l'objet : extraction des matières premières, fabrication, commercialisation, utilisation, destruction. On parle d'analyse de cycle de vie.

RER D ET E

2019	3 millions voyageurs/jour
Prévision 2025	4-4,5 millions voyageurs/jour



Rames actuelles  
renovées  
Date de mise  
en service : 2007



Rames nouvelles  
225 rames commandées;  
coût: 3,75 milliards d'euros

LES CATÉNAIRES DU RER C : toutes doivent  
être remplacées dans les années qui viennent



- 180 km de caténaires remplacées entre 2017 et 2024 ; coût: 277 millions d'euros
- Date de mise en service des plus vieilles caténaires remplacées: 1925

**DOC 5** Quelques données sur les trains régionaux de la SnCF en Île-de-France. RER: ligne « Réseau express régional ».

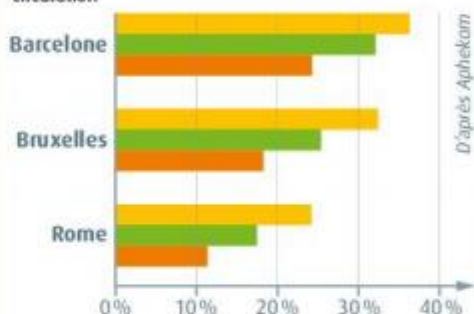
## EXPLOITER LES DOCUMENTS TÂCHE COMPLEXE

Montrez que de multiples paramètres doivent être pris en compte pour analyser les déplacements domicile-travail, puis discutez des impacts énergétiques, environnementaux et économiques des différents modes de déplacement.

Aide



% de la population atteinte de pathologies qui pourraient être liées au fait de résider près d'un axe de grande circulation



- Pathologies des artères du cœur (≥ 65 ans)
- Pathologie des bronches (≥ 65 ans)
- Asthme (0-17 ans)

Gain d'espérance de vie (en mois) si les niveaux annuels moyens de particules fines de moins de  $2,5 \mu\text{m}$  étaient ramenés à la valeur maximale préconisée par l'OMS ( $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Le niveau de particules fines mesuré est indiqué en rouge.



## DOC 6 L'impact sanitaire de la pollution

**liée au trafic routier.** Dans le cadre du projet Aphekom, 60 scientifiques de 12 pays européens ont travaillé pour étudier les impacts de la pollution de l'air sur la santé dans 25 villes européennes.

## ESPRIT CRITIQUE

La trottinette électrique s'est développée très rapidement dans les villes ces dernières années.

→ Peut-on dire de la trottinette électrique que c'est un moyen de déplacement urbain « vert » ?

Pistes de travail ► DOC 4 et UNITÉ 4

# Choix énergétique de Marie-Galante

Marie-Galante est une petite île de 158 km<sup>2</sup> et de 11 000 habitants au cœur du bassin caribéen. Deux projets énergétiques se sont opposés pour préparer l'avenir de l'île : d'un côté, un projet d'autonomie avec des énergies renouvelables locales, porté par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), et de l'autre, un projet de centrale thermique porté par le producteur d'énergie français Albioma.

## SAVOIR-FAIRE

- Analyser des choix énergétiques locaux à partir de différents critères et paramètres : disponibilité des ressources et adéquation aux besoins, impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilités et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales.

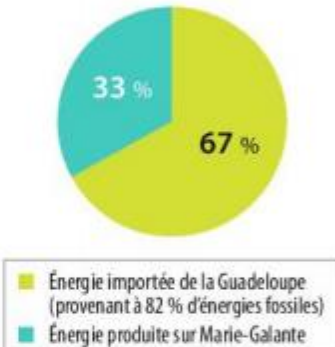
## ➤ Quels critères ont permis de choisir un mix énergétique ?

### 1 Marie-Galante : état des lieux



Pour son approvisionnement en énergie, la petite île de Marie-Galante est dépendante de la Guadeloupe à laquelle elle est connectée par une ligne électrique sous-marine, entraînant des coûts de transport élevés et un bilan carbone très mauvais.

Malgré un fort potentiel de production (solaire, éolien, géothermique ou biomasse), les énergies renouvelables ne représentent pour le moment qu'à peine 18 % de l'énergie produite dans l'archipel.



### 2 Projets pour Marie-Galante

#### Projet CNR : autonomie énergétique

- 4 MW : photovoltaïque et éolien avec stockage
- 4 MW : centrale thermique fonctionnant à partir de bagasse locale, résidu obtenu après broyage de la canne à sucre
- Déploiement de véhicules électriques avec bornes de recharge
- Production et consommation pilotées par une centrale virtuelle, grâce à un réseau électrique intelligent

Coût : 30 millions d'euros

#### Projet Albioma

- 12 MW : centrale thermique adossée à l'usine sucrière de l'île, brûlant la bagasse
- Importation annuelle de 45 000 tonnes de bois en provenance du Canada et des États-Unis pour compléter la bagasse en dehors des périodes de récolte

Coût : 80 millions d'euros

Projet soutenu par l'usine sucrière, dont dépendent les planteurs

Source : France Info 6 février 2018



### 3 Choix politique et éclairages scientifiques et économiques

Après des mois de réflexion, le président de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) a présenté en février 2018 la solution retenue : un compromis entre les deux projets qui met en avant une centrale biomasse assez importante (7,5 MW - Albioma) mais sans importation de bois, du photovoltaïque et de l'éolien (4 MW - CNR).

#### 4 En route vers l'autonomie énergétique



Depuis le 30 juin 2016, le site de Petite-Place accueille la première centrale éolienne avec stockage de France, raccordée au réseau EDF. Cette centrale permet de répondre aux besoins électriques de la quasi-totalité des 3 300 habitants de la commune de Capesterre-de-Marie-Galante avec une puissance cumulée totale s'élevant à 2,5 MW. Elle offre ainsi à Marie-Galante la capacité de sécuriser l'alimentation électrique de ses habitants en cas de coupure avec le réseau.

##### Caractéristiques

- 9 éoliennes rabattables de 275 kW adaptées aux conditions cycloniques de la Guadeloupe
- Une capacité de stockage de 460 kWh grâce à des batteries lithium-ion

#### MÉMO SCIENCES

##### Centrale virtuelle

- Combinaison d'unités décentralisées du réseau électrique, coordonnées par un **système de régulation commun**.
- Des installations éoliennes, photovoltaïques, hydrauliques, des consommateurs d'électricité, des dispositifs de stockage d'électricité sont différents types d'unités qui peuvent rejoindre le réseau. Chaque acteur du marché de l'électricité qui produit, accumule ou consomme de façon décentralisée peut faire partie d'une centrale électrique virtuelle.
- Le but est de commercialiser l'électricité de manière commune en garantissant la **flexibilité** de l'ensemble des installations.

#### 5 Photovoltaïque et cultures associées

À la centrale d'Héliade Bellevue sur l'île de Marie-Galante, des plantes mellifères sont semées entre les panneaux solaires pour contribuer à la lutte contre la surmortalité des abeilles. Le site accueille également depuis 2015 un cheptel ovin qui vit dans un espace clos et surveillé et garantit un entretien naturel du site, avec un minimum de recours aux moyens mécaniques.



Marie-Galante

📺 Vidéo : Énergie solaire et apiculture à Marie-Galante

#### Consignes

##### À l'oral

1. **Analyser** les besoins et la disponibilité des ressources de Marie-Galante (doc 1).
2. **Analyser** les projets présentés au doc 2 en matière d'adéquation aux besoins, d'impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), de vulnérabilités et de gestion des risques, de faisabilité, de conséquences économiques et sociales.
3. Les filières biomasse sont basées sur la combustion (avec comme conséquence l'émission de particules et autres composés polluants). **Citer** le paramètre local qui a été pris en compte pour ne pas écarter complètement cette solution (doc 2).
4. **Montrer** que certains choix effectués confirment que la transition écologique repose sur la créativité scientifique et technologique, comme sur l'invention de nouveaux comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements) (doc 3).
5. À partir du doc 4, en supposant que les besoins électriques sont proportionnels au nombre d'habitants, **calculer** la puissance nécessaire pour assurer l'autonomie de la totalité de l'île. **Comparer** le résultat obtenu avec les informations du doc 2.
6. À partir du résultat précédent et du doc 3, **expliquer** comment Marie-Galante pourrait devenir une île à « énergie positive ».
7. **Décrire** comment il est possible de faire cohabiter énergie renouvelable et biodiversité. (doc 5)

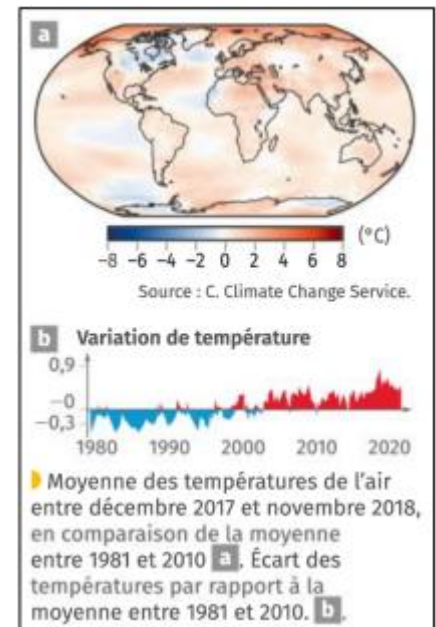
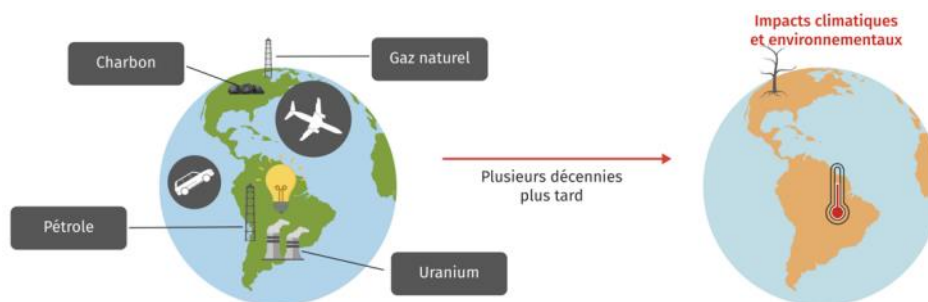
## Ce que je dois savoir faire :

- Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire
- Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés

## I. La transition énergétique : un enjeu climatique et environnemental

### a. Vers un régime durable

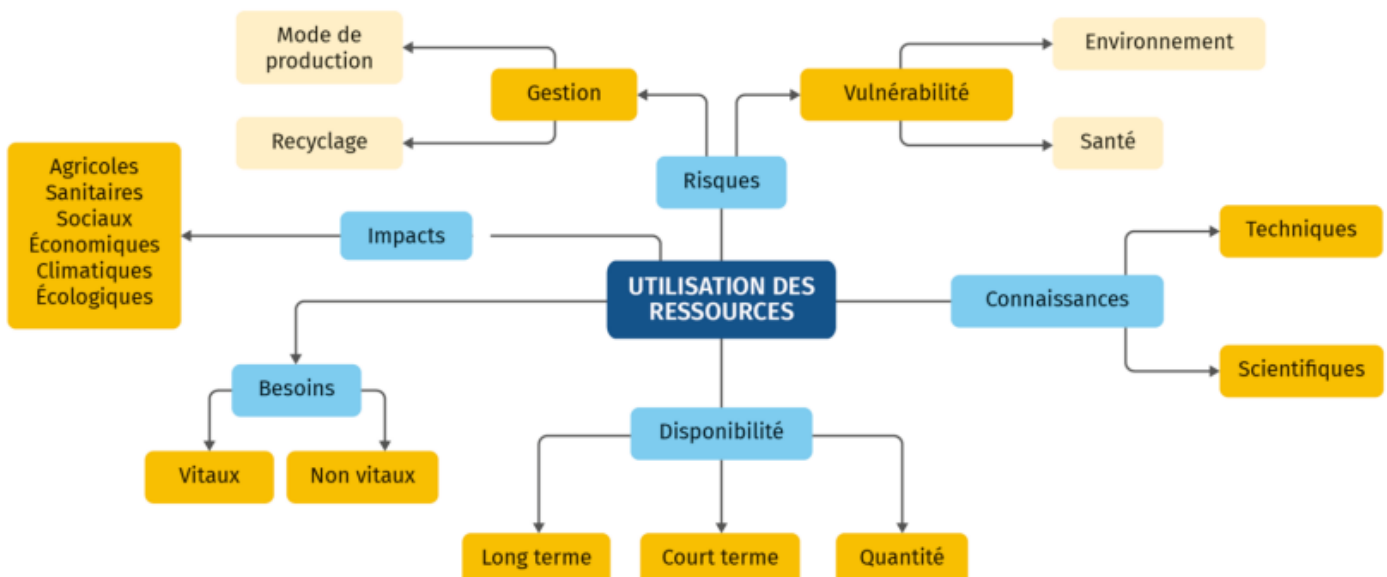
L'utilisation massive de ressources énergétiques polluantes (fossiles et nucléaires), depuis plusieurs décennies, a conduit à des changements néfastes parfois irréversibles sur l'environnement et le climat de la planète. Les sociétés se trouvent maintenant devant la nécessité de réaliser une transition de la situation actuelle vers un régime durable d'utilisation de l'énergie.



### b. Choix à effectuer

Les choix énergétiques doivent tenir compte de nombreux critères et paramètres : connaissance et disponibilité des ressources, maîtrise des besoins et impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilités et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales.

L'analyse de ces paramètres conduit à un mix énergétique : l'utilisation de différentes sources d'énergie pour minimiser les impacts négatifs de leur utilisation. La transition énergétique doit également s'appuyer sur une modification des comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements, relations entre pays dans le cadre de la mondialisation).



## II. Les solutions actuelles

### a. Des modes d'exploitation renouvelables

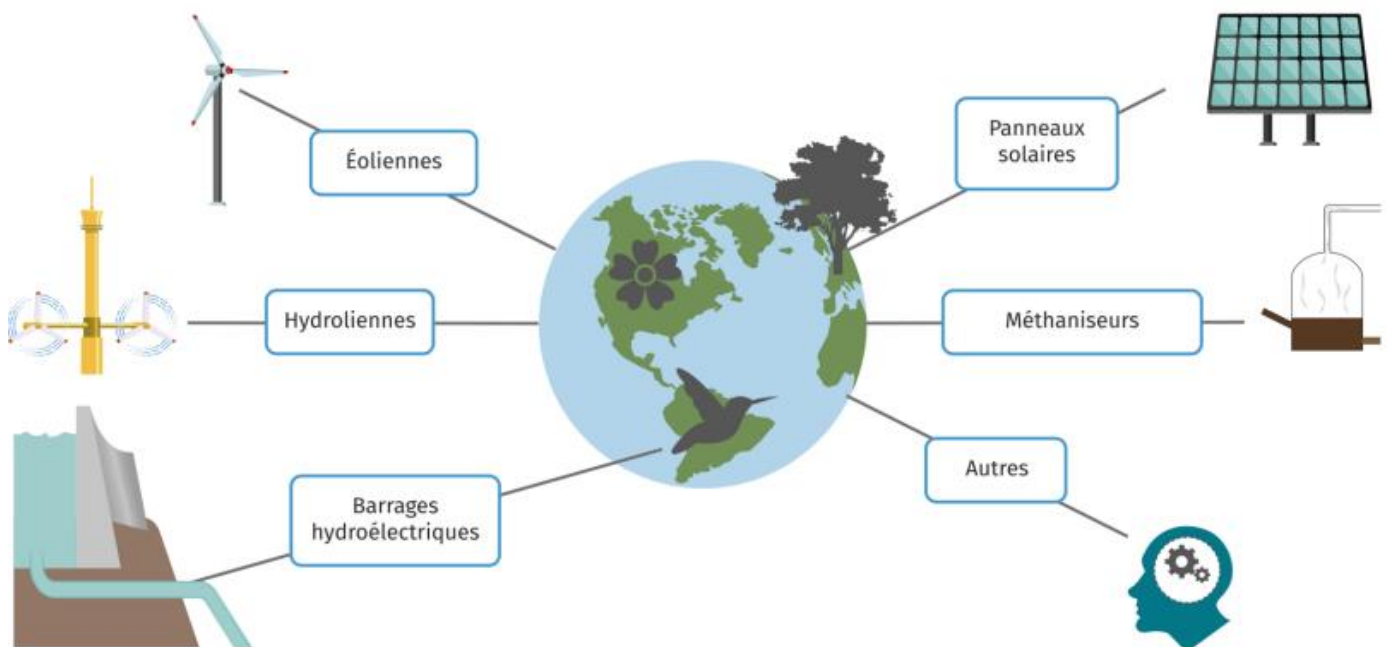
Les principaux modes d'exploitation des sources d'énergies renouvelables sont les panneaux solaires, les éoliennes, les méthaniseurs et les centrales géothermiques. Ces modes de production limitent considérablement les effets néfastes des ressources non renouvelables : émission de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote, ozone, vapeur d'eau) ; déchets radioactifs (problème de stockage et de recyclage), dangers liés aux modes de production (risques d'explosion pour les centrales nucléaires), etc.

#### Chiffres clés

En France en 2018 :

- 57 réacteurs nucléaires en activité ;
- parc nucléaire : 63,13 GW ;
- hydraulique : 25,4 GW ;
- photovoltaïque : 8,5 GW.

Choix énergétiques de demain :

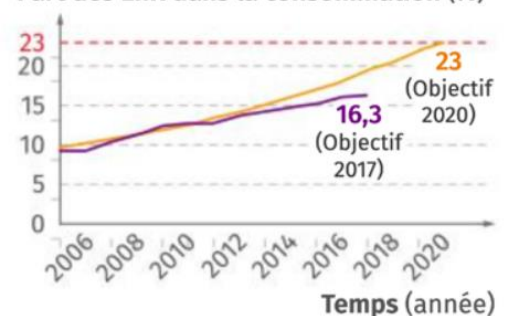


### b. Des limites

Les modes d'exploitation actuels des ressources renouvelables présentent chacun des inconvénients : production intermittente, dépendances aux sources (ensoleillement, vent, présence de déchets organiques, etc.). Ces inconvénients spécifiques à chaque ressource confortent la nécessité du mix énergétique. Ces modes d'exploitations s'accompagnent aussi de nouvelles formes de pollution et d'impacts sur l'environnement et la santé.

Le mix énergétique du futur se compose d'une accumulation de multiples sources d'énergie électrique à différentes échelles, de la centrale hydroélectrique aux panneaux photovoltaïques sur les maisons. Dans ce réseau complexe, chaque résidence est à la fois source et consommatrice d'énergie électrique. Chaque réseau est alors beaucoup plus complexe et l'acheminement de l'électricité nécessite des smart grids.

Part des EnR dans la consommation (%)



Source : reseau-chaleur.cerema.fr

► Part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie.