

Sommaire

<i>Travail 1. Les combustibles fossiles. Documents 1 à 5 + libmol.</i>	<i>1</i>
<i>Travail 2. D'autres sources d'énergie d'origine solaire. Documents 6 à 14.</i>	<i>4</i>

Travail 1. Les combustibles fossiles. Documents 1 à 5 + libmol.

Document 1. La formation des combustibles fossiles*.

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023, modifié 2024

Lorsque les organismes meurent, leur biomasse est décomposée sauf si elle est rapidement enfouie dans les sédiments pauvres en O_2 . On estime que moins de 1 % de la biomasse initiale échappe ainsi à la décomposition. Sous l'effet de la subsidence** du socle rocheux et de l'accumulation de sédiments, la biomasse enfouie subit une augmentation de pression et de température à l'origine d'une transformation de ses molécules qui s'appauvrissent en oxygène et en azote, mais s'enrichissent en carbone et hydrogène. La biomasse d'origine continentale (forêts, marécages) est à l'origine de différentes formes de charbon (lignite, houille et anthracite).

La biomasse d'origine océanique (phytoplancton) est à l'origine du pétrole et du gaz naturel.

Fossile de fougère dans du charbon.



Forêt houillère du Carbonifère, voici 300 millions d'années.



www.researchgate.net

* Combustible fossile : combustible riche en carbone formé par la transformation de matière organique enfouie dans le sol pendant plusieurs millions d'années.

** Subsidence : enfoncement lent d'un socle rocheux sous l'effet du poids des sédiments ou de la tectonique des plaques.

Piste d'exploitation

- **Expliquer** comment se forment les différents combustibles fossiles.

Document 2. Comparaison des molécules du pétrole et des molécules végétales

- **Ouvrir** <https://libmol.org> et **rechercher** « chlorophylle » dans la fenêtre « rechercher dans la librairie de molécules ». **Manipulation à faire en direct devant vos camarades** (version écrite : ne présenter que les molécules issues de Libmol).
- **Sélectionner** au fur et à mesure les trois molécules suivantes qui vous seront proposées : chlorophylle a (molécule présente dans les êtres vivants végétaux chlorophylliens), phytane (molécule présente dans le pétrole) et porphyrine de vanadium (molécule présente dans le pétrole) (attention : une molécule = un onglet du navigateur).
- En **donner** la composition en atomes, et **argumenter** sur le fait que le pétrole a une origine végétale (= **comparer** les trois molécules avec celles présentes dans le tableau ci-dessous).

Le tableau compare d'autres molécules présentes dans le pétrole avec celles que l'on peut trouver au sein d'une cellule végétale.

Molécule présente dans une cellule végétale	Molécules présentes dans le pétrole	
 sitostérol	 cholestane	 cholestène

Piste d'exploitation

- **Confirmer** que le pétrole est issu d'une ancienne matière organique.

Document 3. Les étapes de formation du pétrole.

D'après Enseignement scientifique Première Bordas et Le Livre Scolaire 2019, modifié 2024

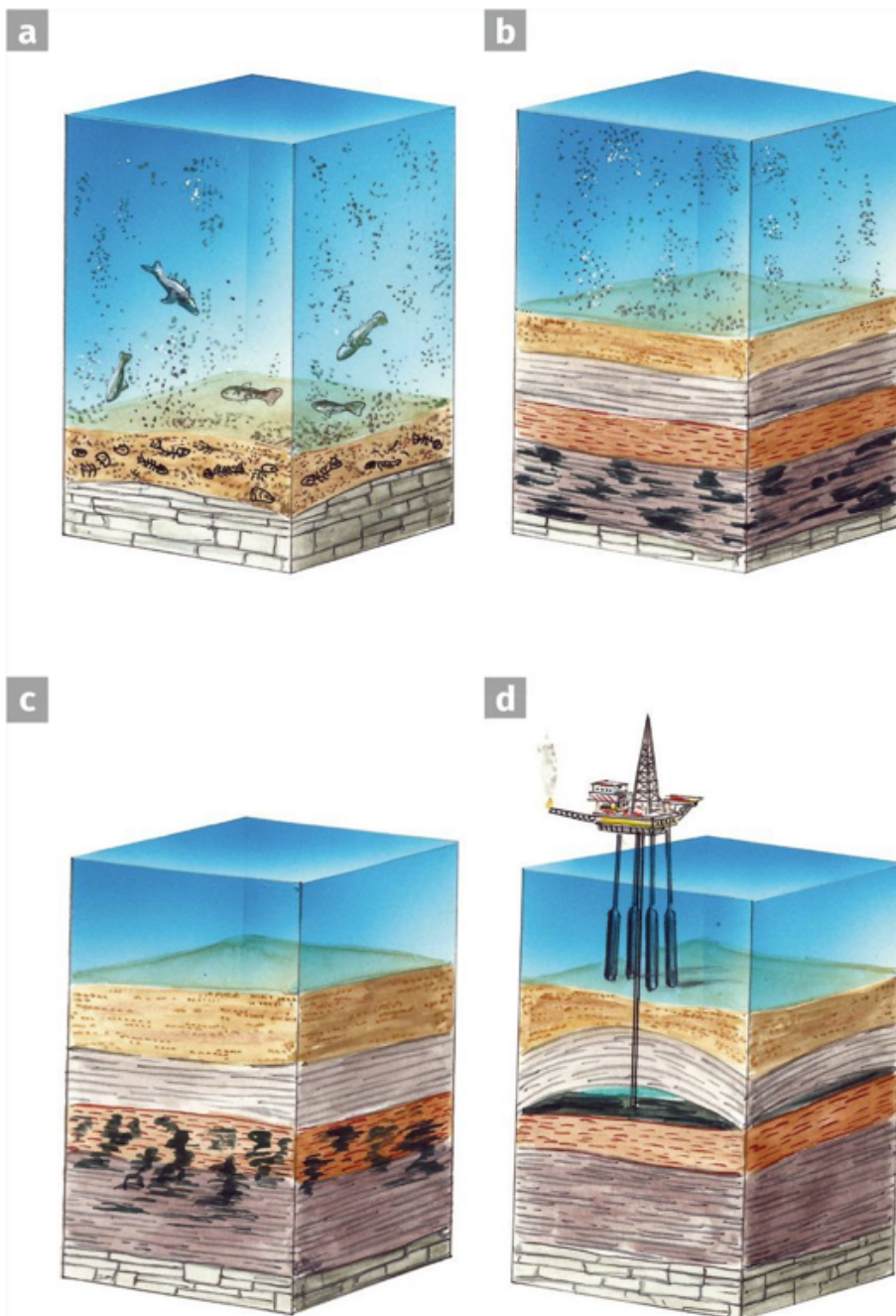
Le pétrole (littéralement « huile de pierre ») est une roche liquide, d'origine profonde, connue depuis l'Antiquité, car il peut parfois atteindre la surface où il se dégrade ensuite lentement. Il faut attendre le XVIII^e siècle pour que les premiers puits apparaissent en France. Aujourd'hui, il constitue la première source d'énergie en couvrant 32 % des besoins mondiaux (carburants pour les transports, chauffage, production d'électricité).

Il y a plusieurs dizaines de millions d'années, les **êtres vivants morts** tombent au fond de l'océan et sont **ensevelis par les sédiments**.

En l'**absence d'O₂**, la matière organique enfouie se **transforme très lentement** (plusieurs dizaines de millions d'années) en pétrole sous l'effet de la **chaleur** et de la **pression**.

Le pétrole formé remonte jusqu'à une **roche réservoir** recouverte d'une **couche imperméable**. En haut de la couche de pétrole, une poche de gaz naturel (du méthane CH₄) se forme souvent.

En 2015, on estime les réserves mondiales de pétrole à 1 700 milliards de barils, soit environ 50 années de consommation au rythme actuel.



Piste d'exploitation

- **Exploiter** les schémas pour **expliquer** plus précisément les modalités de formation du pétrole.

Document 4. Comparaison des pouvoirs calorifiques* des combustibles fossiles

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023, modifié 2024

Combustible fossile	Pouvoirs calorifique (MJ.kg ⁻¹)
Pétrole brut	41,9
Gaz naturel	49,6
Charbon (anthracite)	26,7

* *Pouvoir calorifique : le pouvoir calorifique est une mesure de la quantité de chaleur produite par la combustion d'un combustible. Il représente la capacité d'un combustible à libérer de l'énergie thermique lorsqu'il est brûlé dans des conditions spécifiques.*

Pistes d'exploitation

- **Comparer** les pouvoirs calorifiques des trois combustibles fossiles.

Document 5. Formation et utilisation des énergies fossiles.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

Les énergies fossiles mettent des millions d'années à se former.

On peut faire un petit calcul : si l'on compare le temps de formation des énergies fossiles (environ 200 millions d'années) à une durée d'une semaine, les humains commencent à utiliser les énergies fossiles le dimanche à moins d'une seconde de minuit. A minuit, les énergies fossiles sont épuisées.

D'après rts.fr avril 2011

Piste d'exploitation

- **Expliquer** pourquoi les énergies fossiles sont qualifiées de « non-renouvelables ».
- **En bilan : expliquer** pourquoi les combustibles fossiles sont une forme de stockage de l'énergie solaire du passé.

Travail 2. D'autres sources d'énergie d'origine solaire. Documents 6 à 14.

Document 6. La production d'énergie par les mouvements de masses d'air.

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023, modifié 2024

Une éolienne est un dispositif qui permet de convertir l'énergie cinétique du vent en électricité. Cette énergie est renouvelable mais intermittente. Le développement de la filière est actuellement axé sur l'installation d'éoliennes en mer. Plus coûteuses et complexes à mettre en œuvre, ces dernières ont cependant moins de contraintes d'occupation de l'espace que les éoliennes terrestres et de plus grandes capacités de puissance grâce à des vents plus forts et plus réguliers que sur les continents. Les éoliennes peuvent être l'objet d'inquiétudes et de polémiques concernant d'éventuelles pollutions visuelle et sonore.

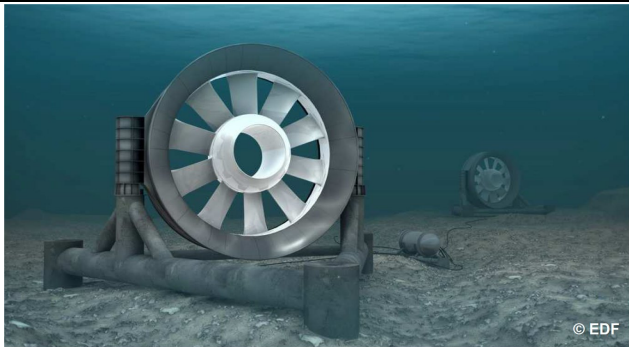
Un champ d'éoliennes en mer ou « off-shore » Image d'après www.agap2.fr	Comparaison de quelques caractéristiques des éoliennes (valeurs maximales)	Éolienne terrestre	Éolienne en mer
	Hauteur du mât (m)	100	150
	Longueur des pâles (m)	55	120
	Puissance (MW)	3	15
	Durée moyenne de fonctionnement (h.an ⁻¹)	1 900	3 400

Document 7. La production d'électricité par les mouvements de masses d'eau

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023 et <https://www.totalenergies.fr> (consulté le 11/03/25)

L'énergie solaire est responsable du cycle de l'eau. L'eau chauffée par le Soleil s'évapore puis se condense pour former des masses nuageuses déplacées par les vents. Les précipitations, le ruissellement et l'écoulement par les rivières et les fleuves permettent le retour de l'eau dans les océans. Sur le trajet, des barrages hydroélectriques peuvent être construits afin de créer une retenue d'eau dont la libération permet de faire tourner des turbines génératrices d'électricité. A l'échelle de la planète, l'hydroélectricité produit autant d'énergie que la filière nucléaire. Contrairement au rayonnement solaire et à l'éolien, il s'agit d'une ressource pilotable*. Les barrages ont un impact environnemental élevé du fait de la formation d'un lac artificiel en amont du fleuve (blocage des sédiments, perturbation de la faune aquatique).

D'autres technologies sont développées pour récupérer l'énergie liée à l'écoulement de l'eau que cela soit dans les fleuves ou dans les océans/mers. Une hydrolienne utilise l'énergie cinétique des fleuves et des courants marins pour la transformer en énergie électrique. Elle exploite la force de l'eau qui est inépuisable, renouvelable, régulière et qui peut être déterminée de manière fiable et précise. L'hydrolienne n'exige pas de travaux importants pour l'installer. Pour produire la même puissance électrique qu'une éolienne, l'hydrolienne nécessite une installation plus petite (la masse volumique de l'eau est jusqu'à 800 fois plus importante que celle de l'air). L'exploitation d'une hydrolienne peut perturber l'environnement aquatique (espèces marines pouvant être blessées par les pales ou être perturbées par les turbulences aquatiques générées par la rotation des pales). Un autre inconvénient concerne le sel présent naturellement dans l'eau qui est très corrosif. La France pourrait exploiter 2,5 GW d'énergie hydrolienne (équivalent de 2 à 3 réacteurs nucléaires).

Barrage hydroélectrique D'après https://www.totalenergies.fr (consulté le 11/03/25)	Hydrolienne D'après https://www.futura-sciences.com (consulté le 11/03/25)
	

* Pilotable : qui peut être activé ou non en fonction des besoins.

<https://svtbouchaud.fr>

26_1ES_LSSE4.docx

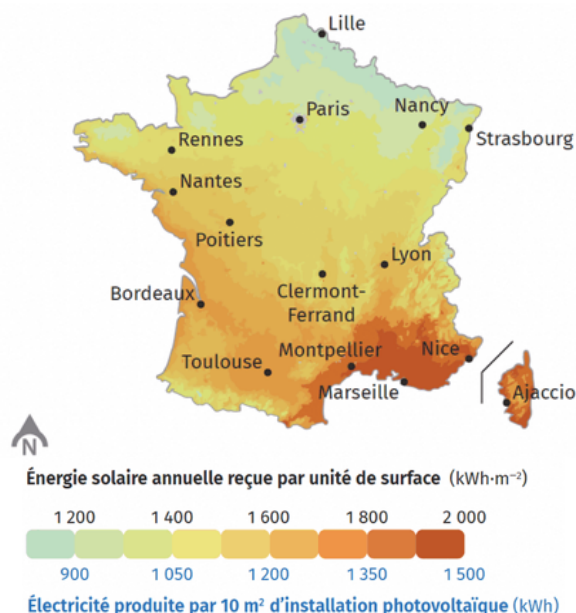
Document 8. L'énergie photovoltaïque : une récupération directe de l'énergie solaire.

D'après Enseignement scientifique première Bordas, Le Livre Scolaire 2023, <https://www.totalenergies.fr> (consulté le 11/03/25)

L'irradiation solaire et le potentiel solaire électrique en France (1kWh=3600 kJ)

En France, la filière photovoltaïque a produit $6,73 \times 10^{13}$ kJ en 2022. La fabrication des panneaux photovoltaïques nécessite des quantités importantes de silicium, dont l'extraction du sol est complexe et coûteuse en énergie.

Energie solaire annuelle reçue par unité de surface (kWh.m⁻²)



Toit avec un panneau solaire photovoltaïque individuel d'environ 20 m²



Le panneau photovoltaïque convertit l'énergie solaire en énergie électrique. Il est composé de cellules photovoltaïques, qui sont des dispositifs semi-conducteurs qui convertissent la lumière en électricité.

Le fonctionnement repose sur l'effet photovoltaïque. Cet effet décrit la capacité d'un matériau semi-conducteur à produire un courant électrique lorsqu'il est exposé à la lumière.

Document 9. Les centrales photovoltaïques

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023

En France, en 2020, les installations photovoltaïques n'ont représenté que 0,5 % de la production d'énergie primaire* totale.

Ces installations exigent des surfaces importantes comme les toitures, ombrières de parking, jachères agricoles, et même des surfaces cultivées.

L'efficacité d'une installation dépend de la latitude du site, de son orientation, du type de panneaux, de leur inclinaison, et leur état, de leur exposition et des conditions météorologiques.

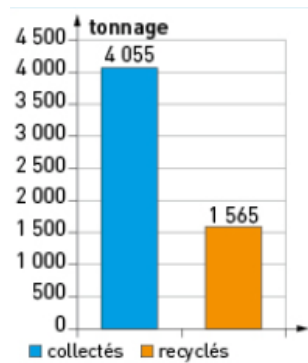
Dans des conditions optimales, un panneau ne convertit au mieux que 20 % de l'énergie solaire qu'il reçoit.

La production d'électricité d'origine solaire est soumise aux aléas météorologiques. Si sur le long terme, le potentiel de production d'une région est connu, la production reste intermittente et difficile à prévoir sur le court terme. Les jours de production permettent cependant d'économiser des ressources alternatives d'énergies pilotables mais plus polluantes (charbon, pétrole).

La production des panneaux photovoltaïques, leur transport depuis l'étranger, leur assemblage et installation, leur entretien (nécessitant d'importantes quantités d'eau) impliquent un coût environnemental élevé en partie compensé par la longue durée de vie des installations : le rendement moyen d'un panneau est encore de 80 % au bout de 25 ans.

En fin de vie, 95 % des constituants d'un panneau (verre, plastiques, aluminium, argent, cuivre...) peuvent être recyclés. Cependant, les procédés utilisés actuellement ne permettent pas d'obtenir des matériaux valorisables ce qui explique la faible quantité de panneaux recyclés.

Quantité de déchets de panneaux photovoltaïques collectés et recyclés en 2020 en France



* *Energie primaire : ensemble des sources d'énergie disponibles avant sa conversion, son transport ou son utilisation par le consommateur.*

Document 10. La biomasse* : la production et l'exploitation du bois en France

D'après Enseignement scientifique première Bordas et Le Livre Scolaire 2023 et divers crédits pour les images

En 2021, les 17,1 millions d'hectares de forêt en France métropolitaine ont produit plus de 87 millions de m³ de bois qui s'ajoutent aux 2,8 milliards de m³ de bois sur pied existant. C'est un important puits à CO₂ [réservoir absorbant le dioxyde de carbone], car chaque m³ de bois formé va incorporer jusqu'à une tonne de CO₂ pour sa croissance. En 2020, plus de 51 millions de m³ ont été coupés, dont près de 27 millions de m³ pour produire du bois de chauffage sous différentes formes. Le bois énergie représente 33 % de l'énergie renouvelable produite en France, soit $3,8 \times 10^{14}$ kJ.

D'après l'*Inventaire forestier* de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN, 2022).

La production de bois de chauffage nécessite une gestion rigoureuse de la ressource pour que celle-ci soit renouvelable. C'est le cas pour la forêt des Landes, plus grande forêt artificielle d'Europe, créée et exploitée depuis le XIXe siècle, où chaque parcelle récoltée est replantée.

Un exemple de coupe rase avant replantation

D'après www.onf.fr



* *Biomasse* : masse de matière organique (essentiellement d'origine végétale).

Pour libérer l'énergie qu'il contient, le bois, sous différentes formes, subit une combustion*. Une mauvaise combustion du bois entraîne une pollution de l'air par des particules fines, du monoxyde de carbone et d'autres substances organiques ayant des effets néfastes sur la santé humaine (intoxication, difficultés respiratoires...). Les pellets présentent de nombreux avantages en termes de manutention (conditionnement en petite ou grande quantité, absence de poussières), de valorisation des déchets forestiers (sciures ou branches trop petites pour être utilisées sous forme de bûches) et de rendement énergétique. Cependant, leur production nécessite davantage d'énergie et repose parfois sur l'utilisation de grumes* qui pourraient être utilisées pour d'autres usages (menuiserie, charpentes).

Document 11. Caractéristiques du bois de chauffage en fonction de sa forme d'utilisation. Le pouvoir calorifique correspond à la quantité d'énergie dégagée par la combustion d'un kg de bois.

	Bûches densifiées ou granulés de bois (pellets)	Bûches traditionnelles	Plaquettes de bois
			
Taux d'humidité (%)	Inférieur à 10 %	Inférieur à 20 %	De 25 à 50 %
Pouvoir calorifique (MJ/kg)	Environ 18	Environ 15	Environ 13
Coût moyen (euros par kg)	0,20 à 0,40	0,09 à 0,27	0,07 à 0,09
Usage principal	Chauffage des habitats individuels et collectifs ou production d'électricité	Chauffage des habitats individuels	Chauffage des habitats collectifs ou production d'électricité

* *Combustion* : réaction chimique entre un combustible et un comburant (dioxygène de l'air). Cette réaction produit de la chaleur.

* *grume* : tronc de l'arbre abattu

Document 12. La biomasse : la méthanisation et le circuit de la méthanisation en France

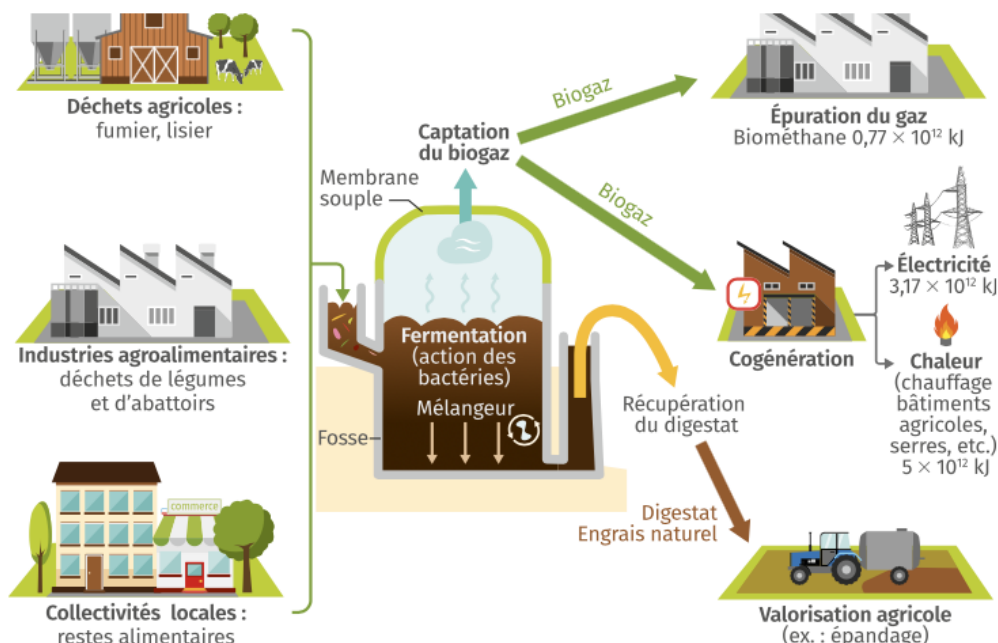
D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023

Dans un méthaniseur, en l'absence de dioxygène et sous une température de 38 °C, des bactéries transforment en quelques dizaines de jours la matière organique issue des déchets en biogaz, et en un résidu appelé le digestat. Le biogaz contient environ 60 % de biométhane.

Fin 2022, il y avait 1 705 installations de méthanisation opérationnelles en France.

Le pouvoir calorifique du méthane est de 55 MJ·kg⁻¹.

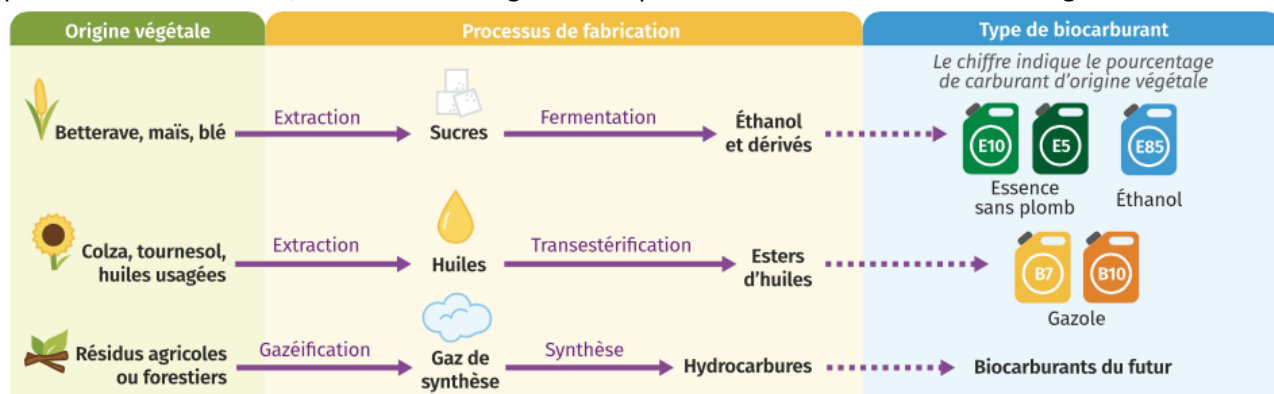
Les valeurs de la figure correspondent aux énergies produites durant l'année 2022.



Document 13. La biomasse : les différents types de biocarburants et leur origine

D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023

En 2020, les biocarburants (ou agrocarburants) représentent 8,4 % des énergies renouvelables en France, pour un total estimé à 1,22×10¹⁴ kJ. L'énergie libérée par le bioéthanol est de 26×10³ kJ·kg⁻¹.



Document 14. Pouvoir calorifique de quelques autres combustibles.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023

Combustible	Pouvoirs calorifique (MJ.kg ⁻¹)
Ethanol	29
Granulés de paille de luzerne	17
Graines de colza	25
Paille de colza	15

Piste d'exploitation

- **Effectuer** une carte mentale représentant toutes ces énergies renouvelables, avec leurs avantages et leurs inconvénients. L'énergie solaire doit être au centre de la carte mentale. Vous devez aussi montrer comment l'énergie est produite.