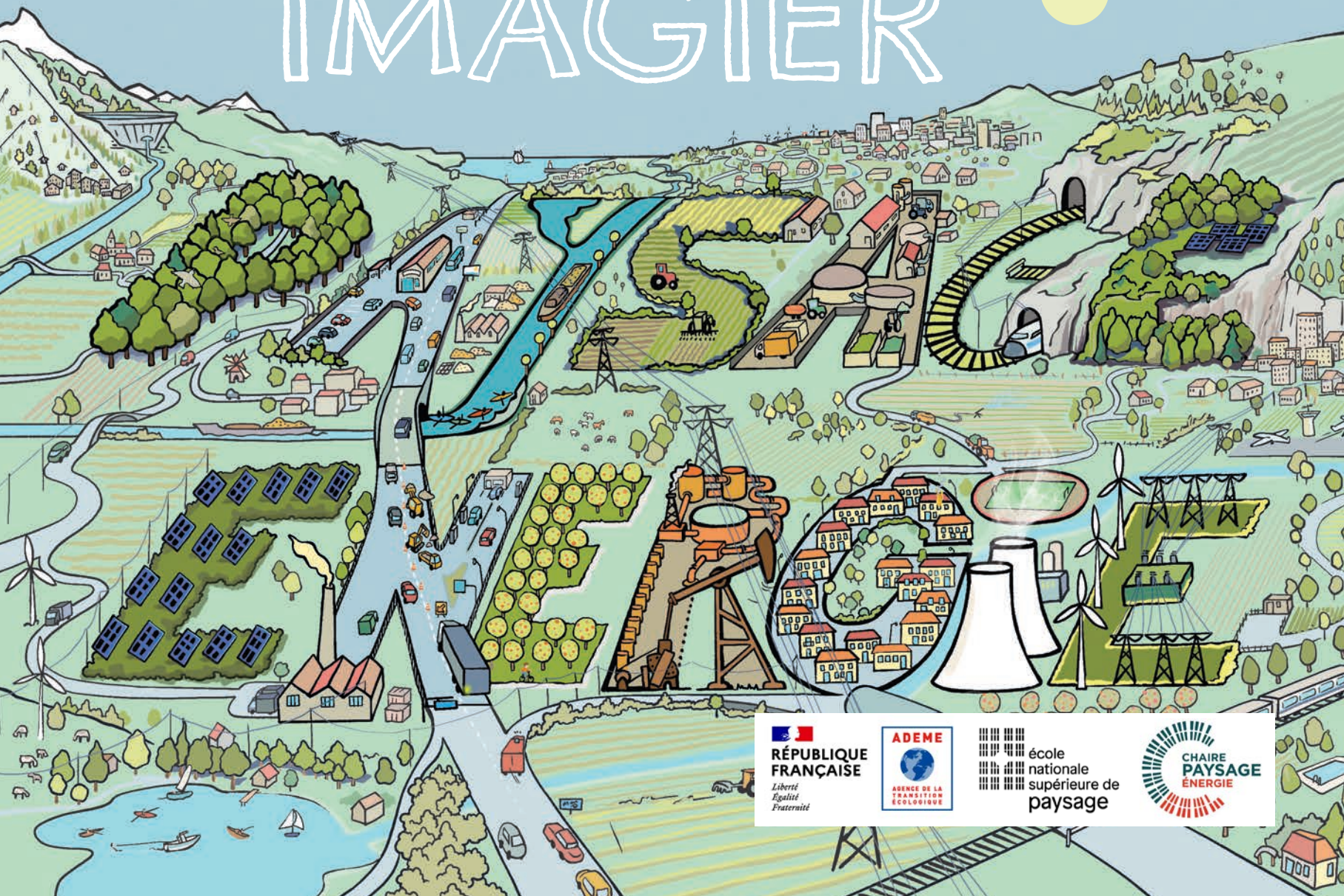


# IMAGIER



**Illustrations et mise en forme :**  
Savine Pied

**Textes :**  
Bertrand Folléa

**Conception et coordination :**

- Émilie Bonnet, chargée de mission à la Chaire Paysage et énergie
- Auréline Doreau, cheffe de projet à la Chaire Paysage et énergie
- Alice Labouré, stagiaire chargée d'étude et de recherche à la Chaire Paysage et énergie
- Mégane Millet-Lacombe, chargée de mission à la Chaire Paysage et énergie
- Bertrand Folléa, directeur de la Chaire Paysage et énergie

**Nos plus vifs remerciements s'adressent aux Partenaires membres de la Chaire Paysage et énergie :**

- Pour l'Ademe : Jean-Louis Bergey, Sébastien Billeau, Florence Clément, Thomas Eglin, Paul Franc, Jean-Michel Parrouffe, Amandine Volard et leurs experts
- Pour RTE : Aurore Bailly, Emilie Cardon, Nathalie Devulder, Raphaël Federspiel, Vincent Feltin, David Game, Pierre Hagenburg
- Pour le Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires : Patrick Brie, Gilles de Beaulieu, Dorine Laville, Anne Marvie, Guillaume Poirier (DGALN) et Violaine Tarizzo (DGECC)
- Et pour Boralex, partenaire associé de la Chaire en 2019-2021 : Eric Bonnaffoux, Philippe Loiseau, Chantal Oudin, Lucas Robin-Chevallier, Sivane Soumagnac, Louise Verrier.

**Aux experts qui ont bien voulu consacrer de leur temps pour prodiguer leurs précieux conseils :**

- Pour le collectif PAP : Régis Ambroise, Odile Marcel
- Pour l'Institut Négawatt : François Harivellerie, Yves Marignac, Benoît Verzat
- Pour les Mines ParisTech : Philippe Blanc, Robin Girard
- Pour AMORCE : Gwénolé Le Bars
- Pour le CLER : Charlotte Tardieu
- Pour l'ADCF : Christophe Degruelle
- Pour le SER : Paul Duclos, Mathilde Jacquot, Louis Lallemand, Jérémie Simon
- Pour le CNFPT : Gaëlle Aggeri
- Pour La Fabrique des transitions : Julian Perdrigeat

**À l'ENSP :**

Patrick Moquay (directeur du LAREP, laboratoire de recherche), Vincent Piveteau (ancien directeur de l'école) et Alexandra Bonnet (nouvelle directrice)

**Et à toutes les personnes qui ont contribué et dont le nom pourrait nous avoir échappé !**

Cet ouvrage a été réalisé grâce aux partenaires principaux de la Chaire paysage et énergie :



et avec le soutien de Boralex, partenaire associé en 2019-2021

**BORALEX**

# IMAGIER PAYSAGE-ÉNERGIE

## L'ÉVOLUTION DES PAYSAGES EN FRANCE : QUELLE PLACE POUR L'ÉNERGIE ?

## SOMMAIRE

- 6 INTRODUCTION**
- 8 QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE ?**
- 18 LES PAYSAGES ET L'ÉNERGIE : LES ÉVOLUTIONS DEPUIS PLUS DE 200 ANS**
  - 20 Juste avant la révolution industrielle en France (avant 1800)
  - 24 La première révolution industrielle (1800 - 1900)
  - 28 La seconde révolution industrielle (1900 - 1950)
  - 32 La grande accélération (1950 - 2000)
  - 36 Depuis 2000 : vers la Transition Énergétique ?
- 40 LES PAYSAGES ET L'ÉNERGIE : LES ENJEUX ACTUELS**
  - 42 Accros aux énergies fossiles
  - 44 Les conséquences
  - 48 Un exemple pour mieux comprendre
  - 50 Un mix énergétique, comment ça se construit ?
- 52 LES PAYSAGES ET L'ÉNERGIE : À L'HORIZON 2050**
  - 58 Paysage du scénario S1 ADEME : Génération frugale
  - 60 Paysage du scénario S2 ADEME : Coopérations territoriales
  - 64 Scénario S3 EnR offshore : Technologies vertes
  - 66 Scénario S3 NuC : Technologies vertes
  - 68 Paysage du scénario S4 ADEME : Pari réparateur
- 72 DES IDÉES POUR DES PAYSAGES HARMONIEUX**

## EDITO

Depuis toujours, il existe un lien étroit entre le paysage et l'énergie. La production, le stockage et l'acheminement de l'énergie contribuent depuis des milliers d'années à l'évolution et la transformation des paysages. Ils marquent l'histoire de nos territoires et forgent leurs identités : aqueducs, canaux, moulins, barrages, gestion de la forêt, terrils, raffineries, stations essences, centrales hydroélectriques, nucléaires, au fioul, à charbon et au gaz, lignes à haute tensions, biocarburants, panneaux solaires et photovoltaïques, éoliennes...

Le charbon, le pétrole et le gaz, ayant la particularité d'une forte densité énergétique et extraits pour l'essentiel hors de France, étaient peu visibles et limitaient la nécessité de les prendre en compte dans les paysages. Leurs disponibilités abondantes ont eu néanmoins des impacts considérables sur les paysages à travers l'étalement urbain, l'implantation de zones industrielles et commerciales, l'intensification et spécialisation de l'agriculture, etc. Aujourd'hui, la sortie des énergies fossiles est actée même si elle prendra du temps. Cette transformation en cours repose d'une part sur la nécessité d'économiser notre consommation d'énergie, et d'autre part sur le développement des énergies renouvelables dans chacun de nos territoires. Cette transition énergétique est planifiée dans la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) et la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui prévoient un développement important des énergies renouvelables et des réductions de nos consommations d'énergie via notamment une évolution de nos modes de vie.

Les paysages sont au cœur d'enjeux majeurs qui dépassent ceux des énergies renouvelables. Comme l'illustrent les prospectives de l'ADEME « Transition(s) 2050 » ou de RTE « Futurs Énergétiques », la lutte contre le changement climatique et l'atteinte de la neutralité carbone supposent des évolutions fortes de l'ensemble de notre économie, et de nos modes de consommation.

Il y a bien la question de l'implantation des systèmes de production d'énergie renouvelable mais il y a aussi celles de l'usage des terres, de la sobriété, de la mobilité ou de la place laissée au vivant. Même si nous n'agissions pas, le changement climatique modifierait en profondeur les paysages directement par ses impacts sur les milieux naturels ou l'agriculture, et indirectement à travers les solutions que l'on mettrait en œuvre pour s'y adapter. Les paysages sont depuis toujours et resteront donc en évolution permanente.

Cet imagier réalisé par la Chaire Paysage et Énergie de l'École Nationale Supérieure de Paysage de Versailles-Marseille permet de prendre conscience du lien étroit historique entre l'énergie et les paysages, et des enjeux à venir de la transition énergétique et écologique. Dans le même temps, il permet à chacun de s'approprier la démarche paysagère. Il permet d'appréhender visuellement les effets sur les paysages, en rappelant les évolutions passées depuis la révolution industrielle et en dessinant des futurs possibles sur la base des scénarios proposés par l'ADEME. Il montre que le paysage n'est pas juste un tableau ou un décor figé, mais est la conséquence de nos modes de vie et résulte d'un projet commun autour duquel il est essentiel de renforcer le dialogue. Cet ouvrage vise à y contribuer.

David Marchal,

Directeur exécutif adjoint de l'expertise et des programmes - ADEME

Jérôme Mousset,

Directeur Bioéconomie et Énergies Renouvelables - ADEME

## INTRODUCTION

**E**n France, en Europe plus globalement, passer de l'énergie fossile à l'énergie renouvelable suppose de remettre dans nos paysages quotidiens et domestiques la production énergétique, son transport voire son stockage. C'est ainsi que depuis 20 ans, les éoliennes, les panneaux photovoltaïques, les méthaniseurs, font irruption dans notre cadre de vie : dans les champs, aux abords des villes, des villages et des routes, et jusque sur nos toits et dans nos jardins.

Or, depuis des décennies que les combustibles fossiles du pétrole et du gaz nous abreuvant souterrainement tout en étant extraits loin de nos frontières, nous avons perdu l'habitude de cette présence des énergies sous nos yeux, pourtant longtemps familières dans l'histoire humaine.

Les centrales nucléaires et les barrages hydroélectriques sont certes bien implantés en France, et de grandes dimensions, mais les premières restent peu nombreuses (18 centrales en activité en France) et les seconds restent éloignés des lieux de vie quotidiens, dans la montagne. Il n'y a guère que les lignes électriques et leurs pylônes, transportant l'électricité produite, qui s'affichent en guirlandes dans le paysage.

Quant à la sobriété attendue par la transition énergétique, elle aussi est appelée à bouleverser le paysage, en prenant des directions opposées à celles suivies à la faveur de l'ébriété énergétique des dernières décennies :

- non plus de l'étalement urbain, mais de l'habitat compact ;
- non plus du zoning séparant les fonctions, mais de la mixité d'usages ;
- non plus des zones d'activités commerciales, mais des commerces de proximité ;
- non plus des voiries dilatées pour le trafic routier des camions et voitures, mais des espaces publics redonnant place aux modes actifs et doux, piétons et vélos ;
- non plus de l'agrochimie dispendieuse en énergie et intrants, mais de l'agroécologie fondée sur le vivant.

Les collectivités sont chargées de concrétiser les ambitieux objectifs nationaux de transition énergétique, fixés par la PPE (Programmation pluriannuelle de l'énergie) et la SNBC (Stratégie nationale bas carbone), et donc de transformer profondément les cadres de vie des habitants, et les modes de vie qui vont avec.

Il s'agit d'un défi d'ampleur : le mix énergétique qu'elles ont à constituer, à installer dans le paysage, et à faire évoluer, est important ; et l'énergie est un domaine complexe, qui fait appel à des notions techniques nombreuses, à des chiffres abondants et à des unités de mesure diverses.

Le présent imagier a pour objectif d'aider à mieux cerner ces données énergétiques dans leur rapport à l'espace et au paysage.

Il fait partie d'un ensemble de trois publications complémentaires réalisées par la Chaire Paysage et énergie ces dernières années, avec un ouvrage d'histoire «Paysages et énergies : une mise en perspective historique» (Sylvain Allemand, éditions Hermann, 2021) et un guide méthodologique «Transition énergétique : vers des paysages désirables» (avril 2022)\*.

\*Disponible sur internet à l'adresse suivante : [http://www.ecole-paysage.fr/site/ensp\\_fr/Guide-Transition-energetique-vers-des-paysages-desirables-htm](http://www.ecole-paysage.fr/site/ensp_fr/Guide-Transition-energetique-vers-des-paysages-desirables-htm) ainsi que sur le site Objectifs Paysages du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires



**QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE ?**

## L'énergie est une notion mystérieuse et complexe

Elle est la mesure d'un changement d'état : il faut de l'énergie pour déplacer un corps ou un objet, modifier sa température ou changer sa composition (cercle orange, les 5 formes d'énergies et cercle bleu, les sources d'énergies présentes dans la nature).

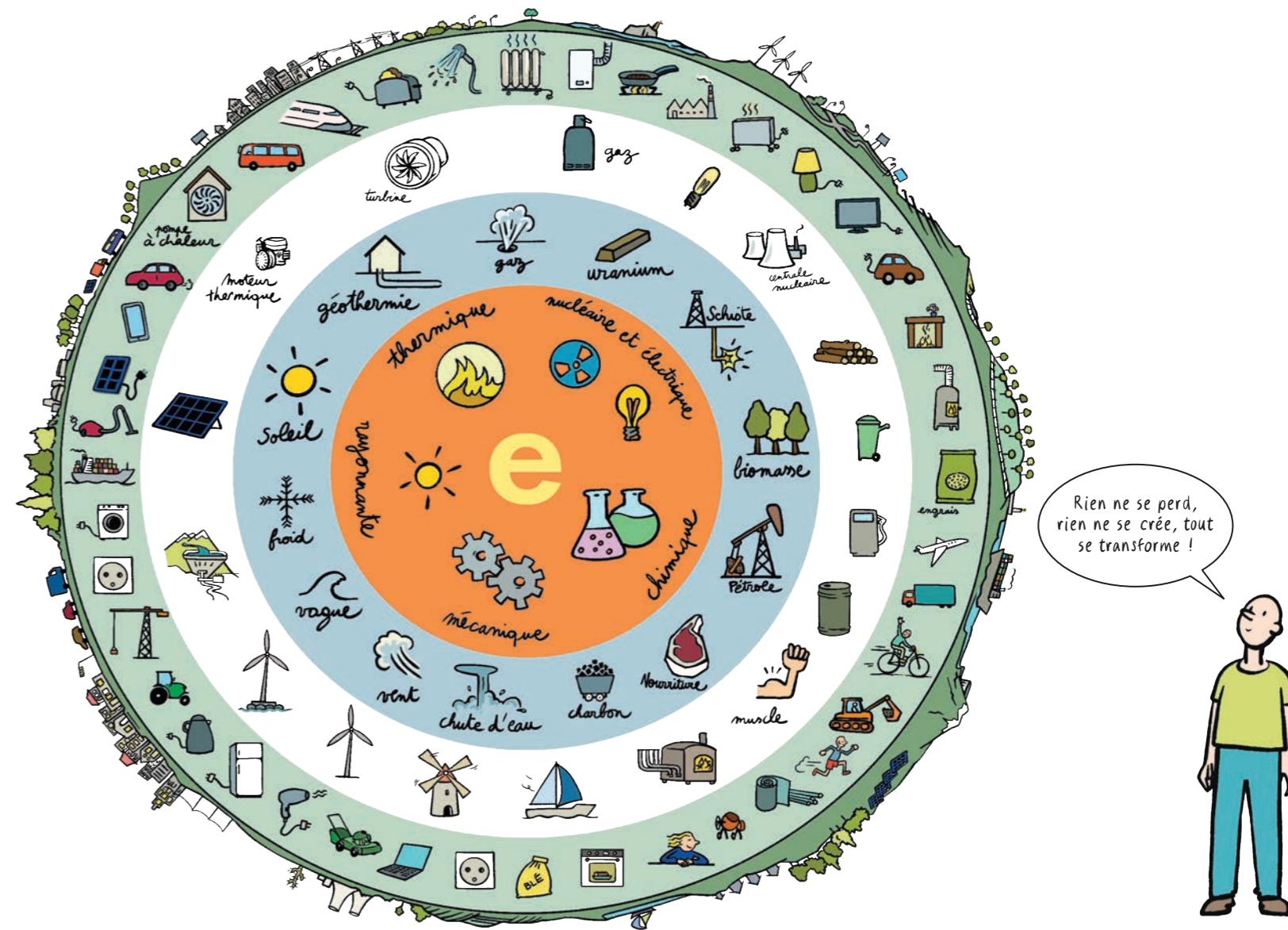
Tous nos gestes et nos objets du quotidien dépendent de l'énergie que nous consommons : notre alimentation, qui est source d'énergie nécessaire pour notre organisme ; mais aussi toute l'énergie indispensable pour les innombrables machines que nous fabriquons et utilisons et qui nous rendent service. L'énergie détermine la transformation du monde. Sans elle, on ne ferait pas grand-chose.

Nous ne pouvons pas créer de l'énergie à partir de rien, juste récupérer celle qui est présente dans la nature : par exemple l'énergie du rayonnement solaire, du vent, de l'eau qui court ou qui tombe, de la chaleur géothermique, ou l'énergie chimique accumulée dans le bois ou les combustibles fossiles.

Nous récupérons l'énergie par des convertisseurs (cercle blanc), par exemple :

- L'éolienne, qui convertit l'énergie du vent en énergie électrique ;
- La cellule photovoltaïque, qui convertit l'énergie lumineuse en énergie électrique ;
- L'ampoule qui convertit l'énergie électrique en énergie lumineuse et en énergie thermique ;
- Nos muscles qui convertissent de l'énergie chimique en énergie de mouvement.

Ce faisant, nous disposons de la force pour adapter le monde à notre convenance, améliorer notre milieu et nos conditions de vie, à travers toutes sortes de machines, de l'avion au grille-pain (cercle vert). C'est par elle que nous façonnons notre cadre de vie.



## Les multiples du Wh

L'unité de mesure officielle de l'énergie est le joule (J). Il représente une quantité d'énergie perçue comme petite dans l'activité courante d'un être humain. Par exemple l'énergie consommée dans le monde en une année représente des centaines de milliards de milliards de joules ( $10^{20}$  J). Aussi, dans la pratique, l'énergie est fréquemment mesurée en utilisant d'autres unités, plus adaptées. Par exemple le Watt-heure est une unité de mesure habituelle.

Un Watt-heure correspond à l'énergie consommée ou délivrée par un système d'une puissance de 1 Watt pendant une heure. Cette unité de travail est équivalente à 3 600 joules.

On utilise plus souvent des multiples exprimés :

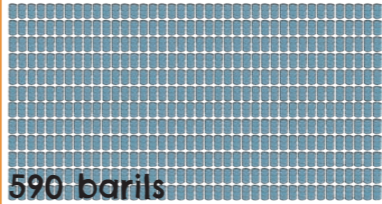






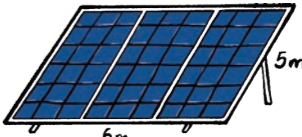




- en kWh (kilowattheure),
- en MWh (mégawattheure),
- en GWh (gigawattheure)
- ou en TWh (térawattheure),

avec  $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$  ( $10^3$ ),  
 $1 \text{ MWh} = 1 \text{ million de Wh}$  ( $10^6$ ),  
 $1 \text{ GWh} = 1 \text{ milliard de Wh}$  ( $10^9$ ),  
 $1 \text{ TWh} = \text{Mille milliards de Wh}$  ( $10^{12}$ ).



Attention : puissance ne signifie pas énergie.

La puissance c'est la vitesse à laquelle l'énergie est délivrée. Un kilo de TNT contient dix fois moins d'énergie qu'un kilo de pétrole. Mais il la délivre d'un coup sous forme explosive (forte puissance), alors que l'huile de pétrole brûle lentement et donc délivre son énergie à petite vitesse (faible puissance).

| Wh    | PETROLE  | ÉQUIVALENT DE PRODUCTION  | CONSOMMATION ÉLECTRIQUE  |
|-------|--|---|--|
| 1 GWh | <br>590 barils      | 3 mois d'une éolienne de 2 MW  | 1 minute    |
| 1 MWh | 0,6 baril           | 250 kg de bois de chauffage    | 1 semestre  |
| 1 kWh | 1 canette de 33 cl  | 1 heure                        | 1 heure     |
| 1 Wh  | 1 goutte           | 36 secondes                   | 1 minute   |

La puissance se mesure en watts. Un watt est la puissance d'une machine qui fournit un joule toutes les secondes. Comme les quantités d'énergie varient énormément selon ce que l'on veut calculer, il existe bien d'autres unités de mesure de l'énergie. Par exemple la tonne d'équivalent pétrole (tep) : énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole.  $1 \text{ tep} = 4,186 \cdot 10^{10} \text{ J}$ .

## Ce qu'on produit et ce qu'on consomme en France

### Quelle énergie primaire consomme-t-on ?

Tous secteurs confondus, l'uranium pour le nucléaire est la première forme d'énergie primaire<sup>1</sup> non renouvelable consommée en France : 40%. Viennent ensuite les énergies primaires non renouvelables fossiles, soit le pétrole : 29%, le gaz : 15%, et le charbon : 3%, puis les énergies primaires renouvelables et déchets : 13 %.

### D'où vient l'énergie que l'on importe ?

L'énergie primaire importée est essentiellement fossile, auxquels il faut ajouter l'uranium.

- Le pétrole vient principalement de l'Arabie saoudite, du Kazakhstan et de la Russie.
- Le gaz vient essentiellement de Norvège et de Russie par gazoducs.
- Le charbon est surtout importé d'Australie et de Russie.
- L'uranium provient surtout du Niger, du Canada, de l'Australie et du Kazakhstan.

Depuis début 2022, la guerre en Ukraine conduit la France et l'Europe à revoir leurs sources d'approvisionnement en pétrole et gaz pour moins dépendre de la Russie.

### Quelle énergie finale<sup>2</sup> consomme-t-on ?

Par ordre d'importance, la consommation d'énergie finale en France s'appuie sur les vecteurs énergétiques suivants : les combustibles liquides (pétrole, fioul, GPL), l'électricité, le gaz, les énergies renouvelables thermiques hors réseau (biomasse, pompes à chaleur, biocarburants et solaire thermique), le naphta (dérivé du pétrole, notamment pour ses usages dans l'industrie), la chaleur (ou le froid) des réseaux de chaleur (alimentés essentiellement par le gaz ou les énergies renouvelables) et le charbon. Les combustibles liquides, l'électricité, le gaz, et les énergies renouvelables thermiques hors réseau satisfaisaient en 2015 plus de 94% de la consommation d'énergie finale de la France.

### Et qui consomme ?

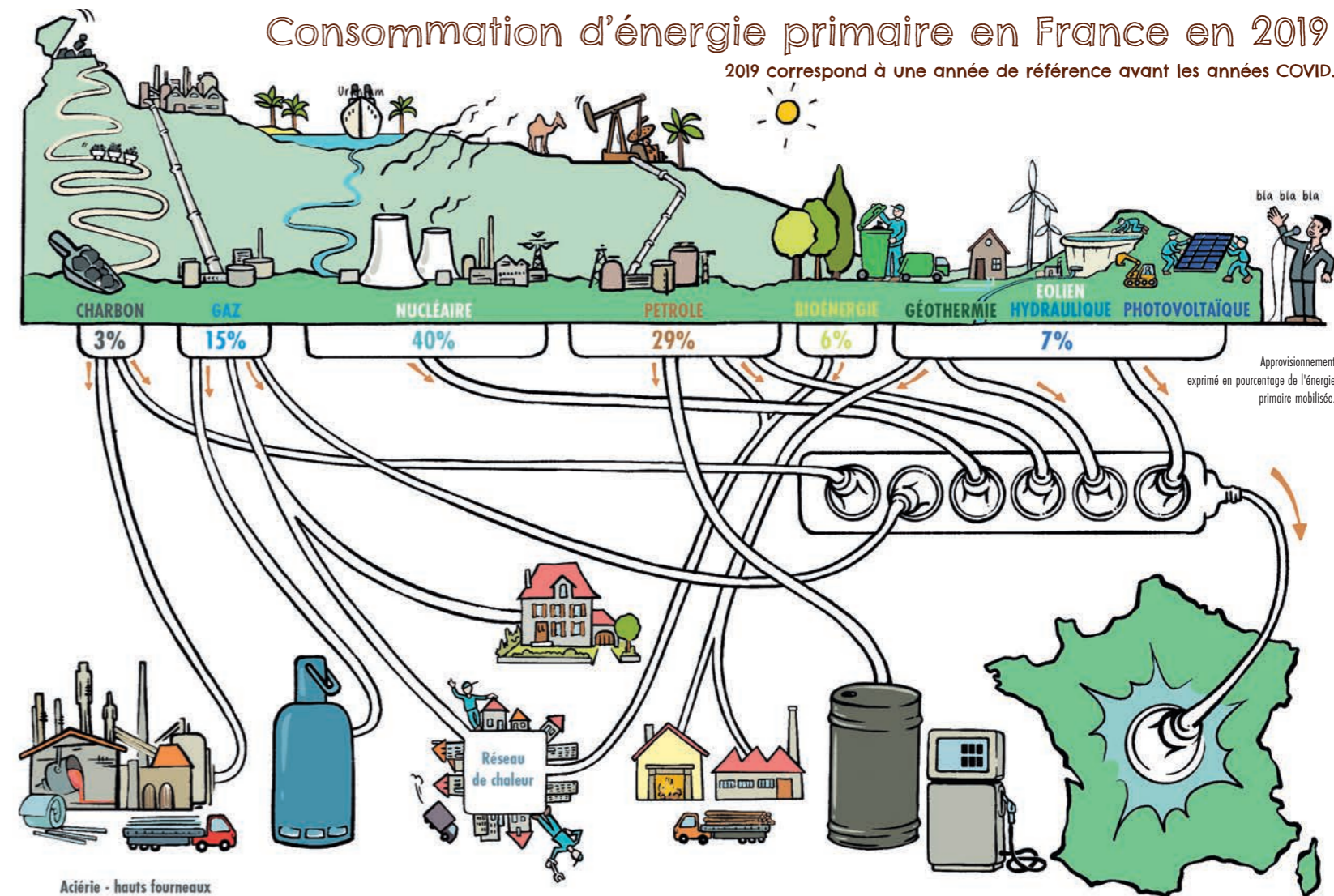
En 2019, c'est le secteur du résidentiel et du tertiaire qui consomme le plus : 46% de la consommation énergétique nationale pour les résidences des ménages et les bâtiments d'activités, les commerces, bureaux etc. Puis viennent les transports, qui consomment 33% et le secteur industriel, avec 19%. Les secteurs industriel, résidentiel et tertiaire consomment surtout de l'électricité et du gaz, alors que le secteur du transport utilise presque exclusivement du pétrole.

1 : Energie primaire : forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation.

2 : Energie finale : elle représente la part d'énergie consommée directement par l'ensemble des utilisateurs.

## Consommation d'énergie primaire en France en 2019

2019 correspond à une année de référence avant les années COVID.



[https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-11/datalab\\_70\\_chiffres\\_cles\\_energie\\_edition\\_2020\\_septembre2020\\_1.pdf](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-11/datalab_70_chiffres_cles_energie_edition_2020_septembre2020_1.pdf)



## L'électricité, un vecteur particulier

L'électricité est un vecteur d'énergie ; elle est créée à partir d'autres énergies : la combustion du charbon, la fission d'atomes d'uranium, la force du vent, les rayons du soleil... Entre sa production et sa consommation, cette énergie subit des pertes du fait de son stockage, de son transport et, au bout de la chaîne, de sa transformation finale : par exemple en chaleur (four électrique, chauffage) ou en mouvement (voiture, ventilateur). Pour 1 kWh d'électricité finale, il faut en moyenne produire 2,58 kWh.

### D'où vient notre électricité ?

En 2019 (avant la crise covid et la guerre en Ukraine), l'électricité en France était produite par 70,6% de nucléaire, pour 20,6% de sources d'énergies renouvelables (production hydroélectrique : 11,2%, éolien : 6,3%, solaire : 2,2%, bioénergies : 1,8%) et pour 7,9% de centrales thermiques fossiles (surtout du gaz).

### Comment et par qui est-elle acheminée ?

L'électricité circule depuis le lieu où elle est fabriquée jusqu'à l'endroit où elle est consommée, par l'intermédiaire d'un réseau de lignes électriques aériennes ou souterraines. Ce réseau permet de transporter et de distribuer l'énergie électrique sur l'ensemble du territoire français et même vers d'autres pays d'Europe. Il est organisé en 2 niveaux : le réseau de transport et le réseau de distribution.

Réseau de transport d'électricité (RTE) est le gestionnaire du réseau public de transport d'élec-

tricité français. Ce réseau achemine des quantités importantes d'électricité sur de grandes distances, entre les régions et vers les pays voisins. Il est constitué de la quasi-totalité des lignes exploitées à une tension supérieure à 50 kV sur le territoire métropolitain continental, ce qui représente plus de 100 000 km de lignes, 4 000 postes électriques et 47 interconnexions.

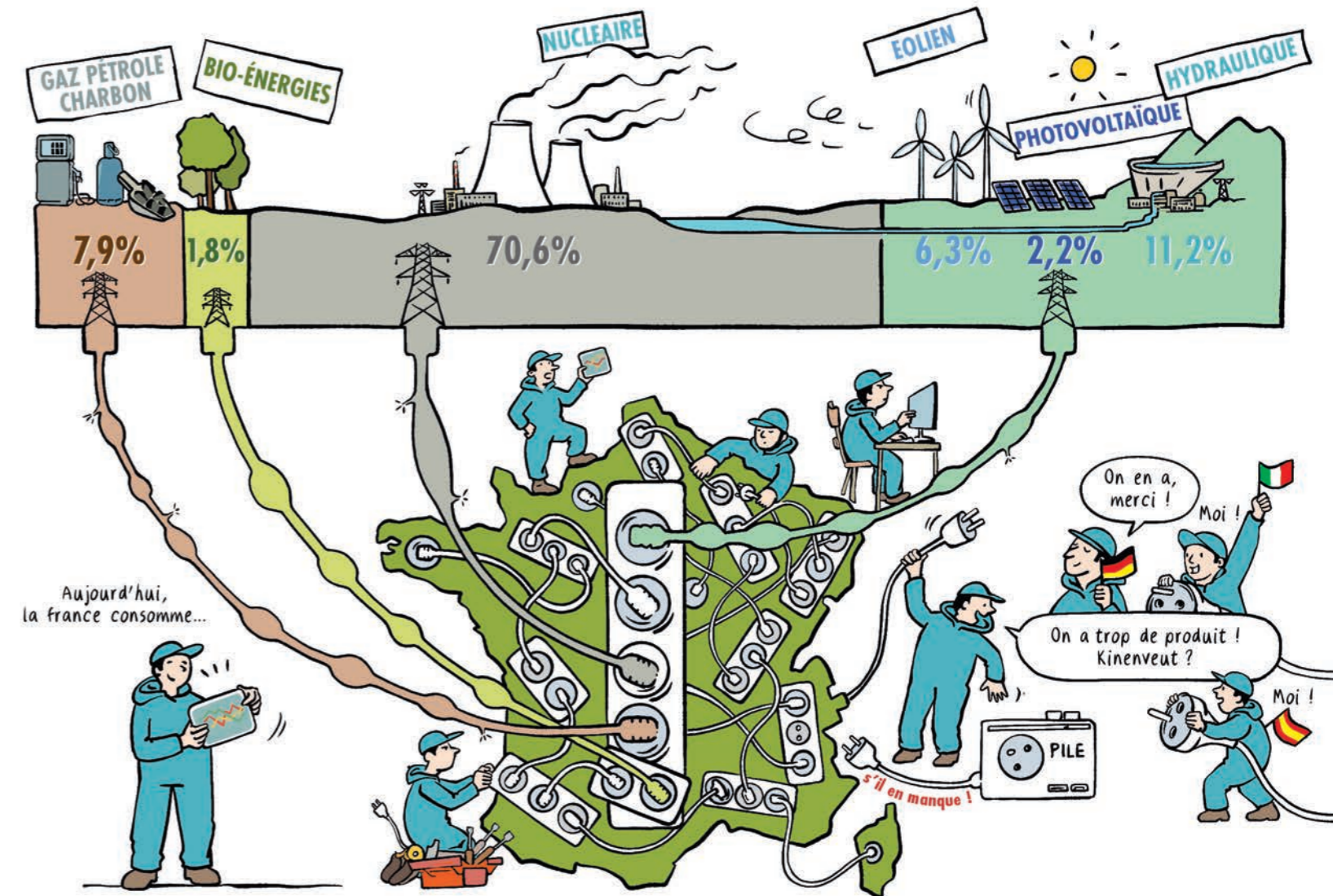
Le courant produit est porté à un niveau de tension de 400 kV, ce qui permet de le transporter sur de longues distances en minimisant les pertes. Le courant est ensuite transformé en 225 kV, puis 90 ou 63 kV pour l'alimentation régionale et locale en électricité.

Réseau de transport d'électricité (RTE) adapte à tout moment la production et la consommation sur le réseau, car l'électricité ne peut être stockée en quantité importante à des conditions économiques acceptables.

L'insertion de grandes quantités d'énergies renouvelables modifie en profondeur les flux sur le réseau de transport d'électricité, ce qui nécessite de l'adapter pour réussir la transition énergétique.

ENEDIS distribue l'électricité, c'est-à-dire l'achemine chez le client final<sup>1</sup>. A ce titre, ENEDIS exploite, gère et entretient 95% du réseau de lignes électriques français par lequel transite l'électricité. Il exploite 1,3 million de km de lignes, presque 800 000 postes de distribution (moyenne et basse tension) et plus de 2 000 postes sources (haute et moyenne tension).

[https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-06/bilan-electrique-2019\\_L0.pdf](https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-06/bilan-electrique-2019_L0.pdf)



<sup>1</sup> Par ailleurs, les régies, les sociétés d'économie mixtes, les coopératives d'usagers et les sociétés d'intérêt collectif agricole concessionnaires d'électricité, existant avant 1946, ont conservé leur compétence de gestionnaire des réseaux publics de distribution dans leur zone de desserte. 150 « entreprises locales de distribution » (ELD) desservent actuellement environ 5% du territoire métropolitain.



**LES PAYSAGES ET L'ÉNERGIE :  
LES ÉVOLUTIONS DEPUIS PLUS DE 200 ANS**

## 1 Juste avant la révolution industrielle en France (avant 1800)

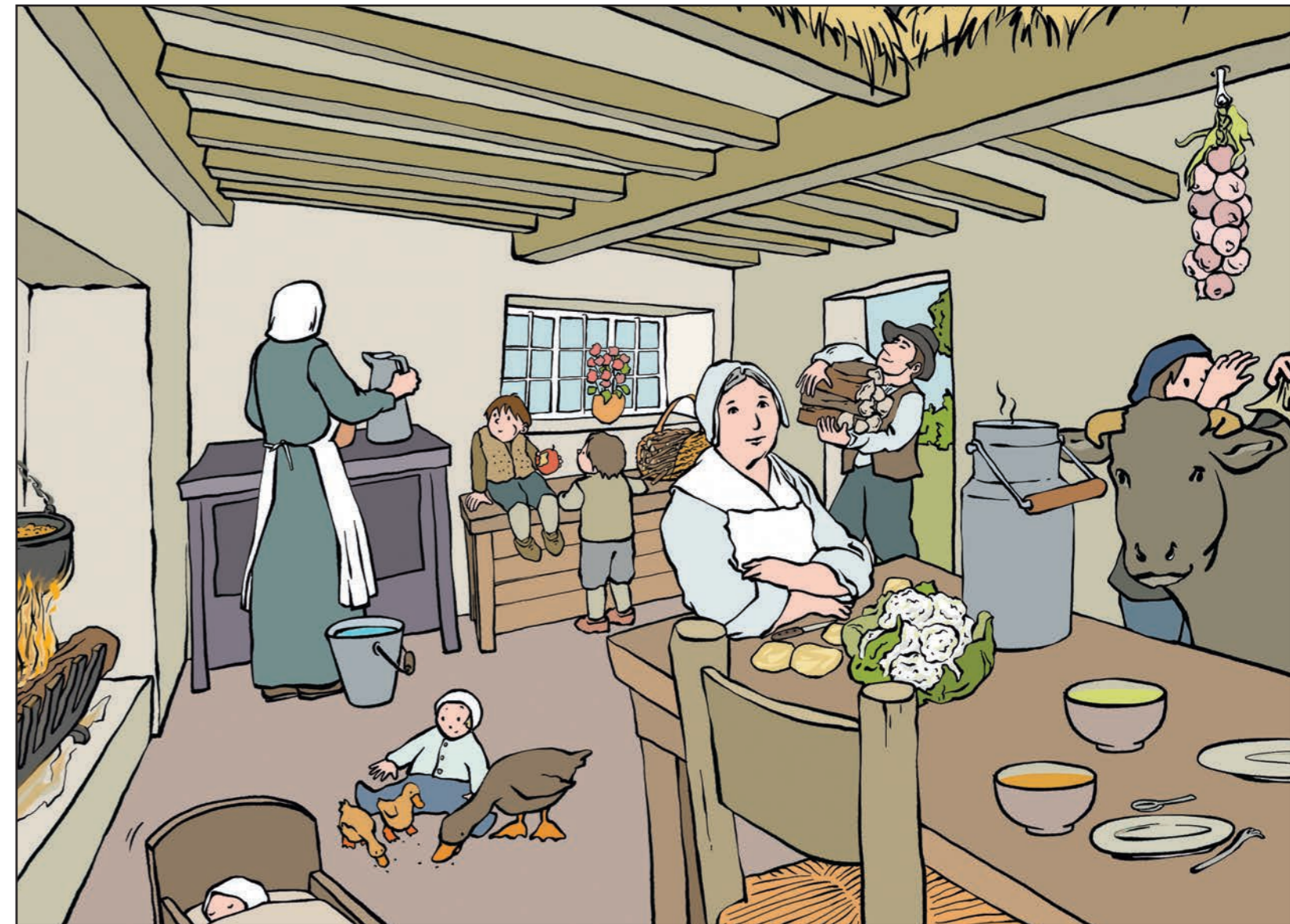
Pendant la quasi-totalité de son existence, l'humanité a utilisé une toute petite quantité d'énergie et les paysages se modifiaient peu.

➤ Où les hommes prélevaient-ils l'énergie ?

- Dans les plantes et les animaux pour s'alimenter.
- Dans le bois et la tourbe pour faire du feu, se chauffer, s'éclairer et cuire leurs aliments.
- Dans les animaux domestiqués pour porter, tirer, labourer.
- Dans la force humaine, souvent des esclaves, pour la cuisine, les champs, la construction, la fabrication et le transport.
- Dans les courants des rivières et des mers et dans le vent pour se déplacer avec un bateau ou pour transporter du bois par flottaison.
- Dans les chutes d'eau pour faire tourner des moulins à eau qui servaient à broyer, pilonner, battre.
- Dans le vent pour faire tourner des moulins à vent avec les mêmes fonctions.

Et c'est tout, du moins jusqu'à il y a à peine plus de 200 ans.

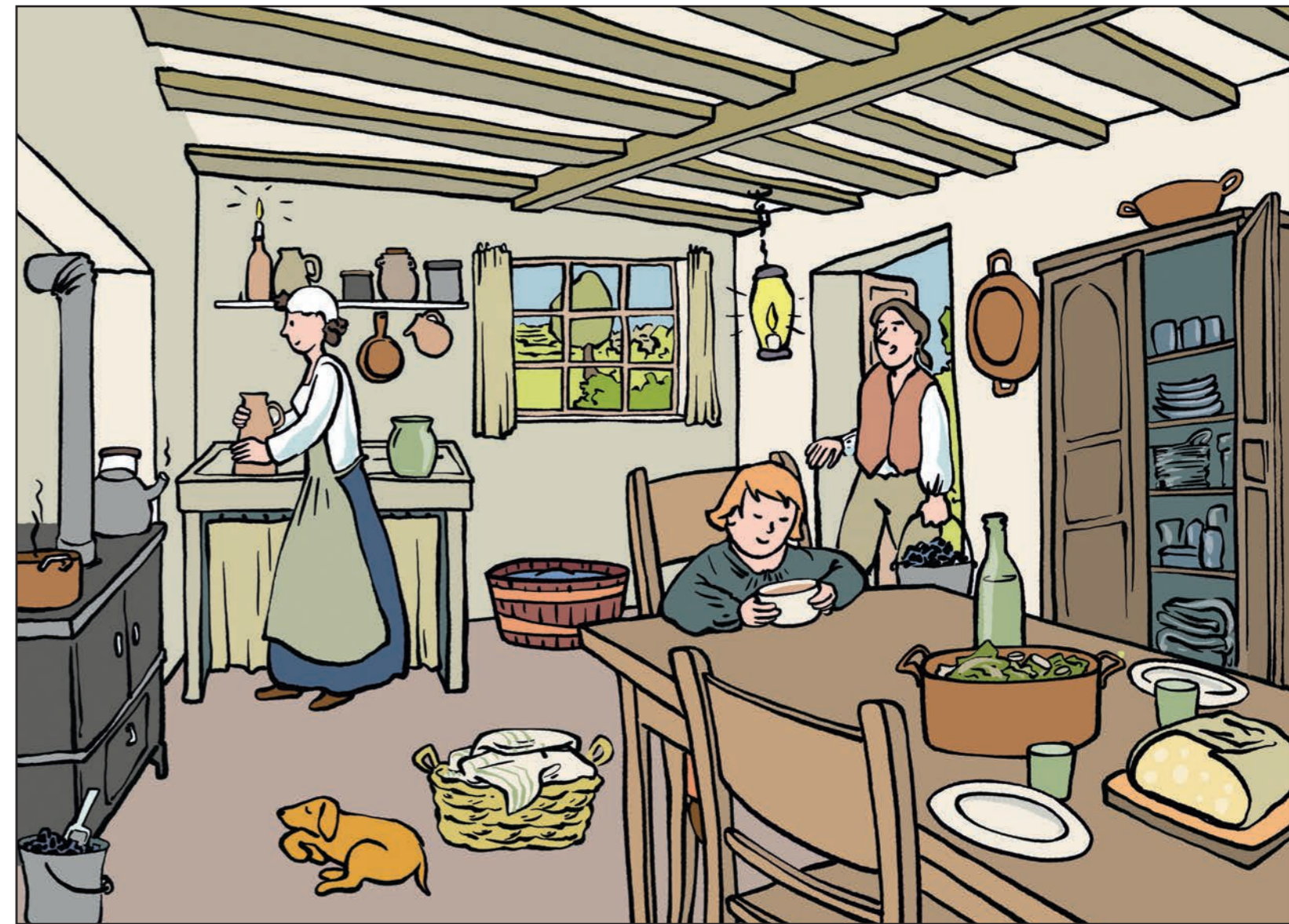
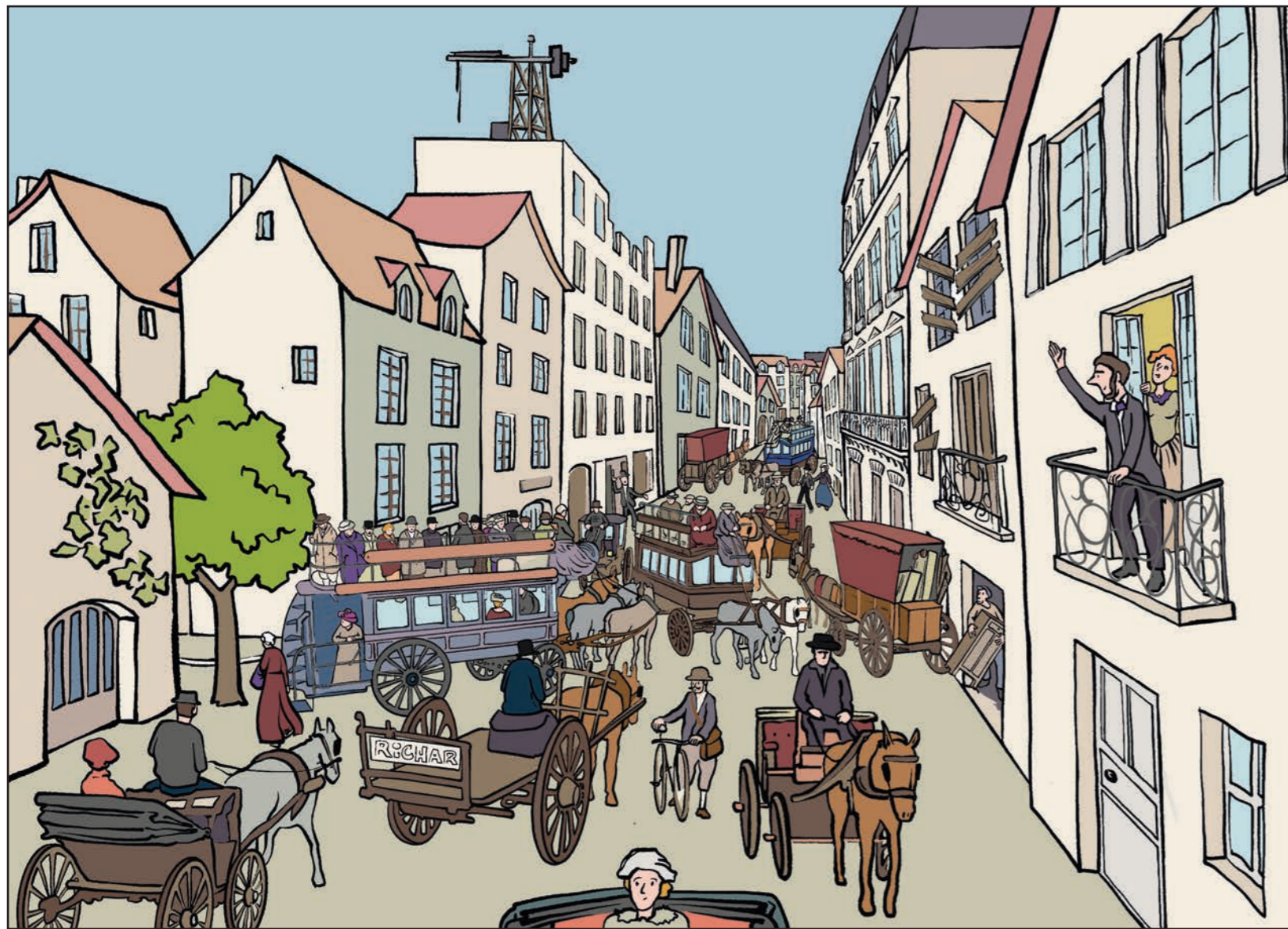




## 2 La première révolution industrielle (1800 - 1900)

Au fil du temps, on s'est mis à avoir de plus en plus besoin d'énergie, pour se nourrir aussi bien que pour faire fonctionner les machines. Le bois était très utilisé et se raréfiait. On s'est mis à extraire le charbon de terre qui a permis de faire fonctionner des machines à vapeur et a contribué à la première révolution industrielle, de l'Angleterre (à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle) à l'ensemble de l'Europe et aux États-Unis (au fil du XIX<sup>e</sup> siècle). L'industrialisation grâce au charbon et à la vapeur est progressive en France. Aux héritages des siècles passés (moulins, transport animal par exemple), s'ajoutent aux paysages les innovations de la révolution industrielle : bateaux à vapeur, canaux, trains, industries sidérurgiques, textiles, métallurgiques, ...



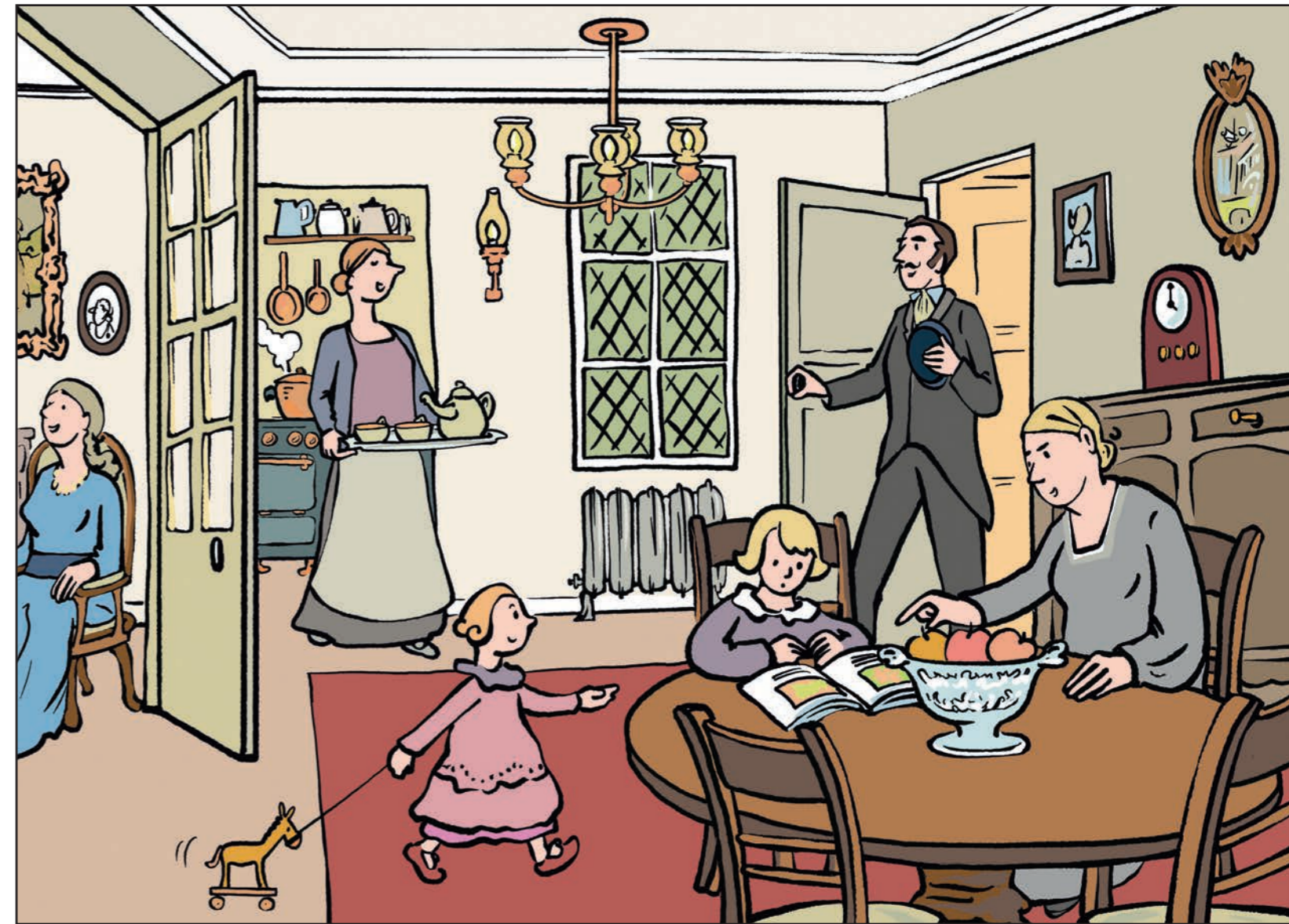
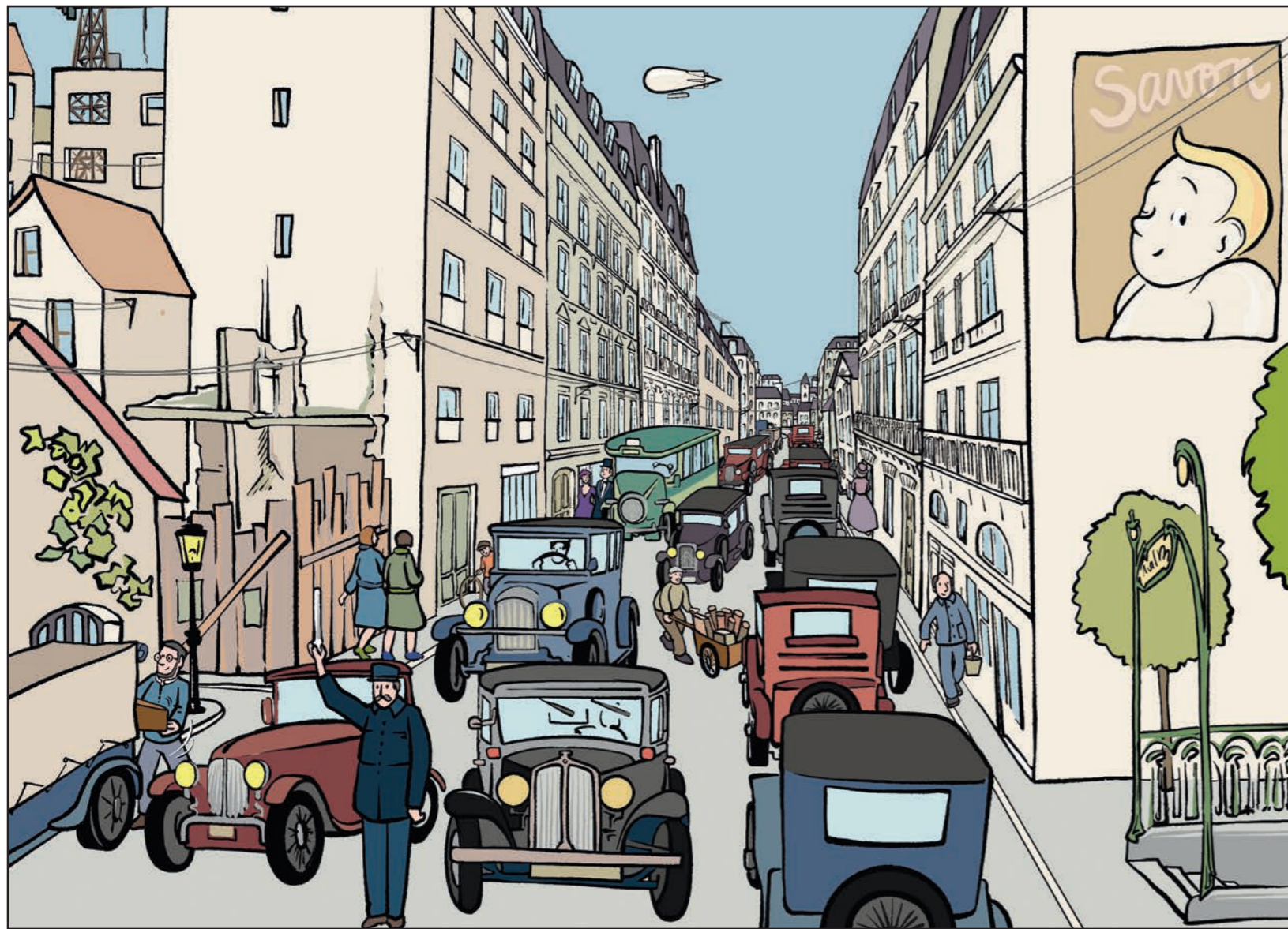


### 3 La seconde révolution industrielle (1900 - 1950)

La seconde révolution industrielle, couplée avec la croissance démographique, est marquée par l'utilisation de l'électricité, du pétrole et du gaz. Elle transforme bien plus profondément les paysages que la première révolution industrielle :

- agrandissement des villes et étalement urbain,
- développement des transports (trains, avions, camions, voitures),
- artificialisation des paysages (bétonisation, développement des zones industrielles et d'activité...),
- révolution agricole (mécanisation, intrants, remembrements entraînant suppression de haies et d'îlots forestiers),
- développement du tourisme.





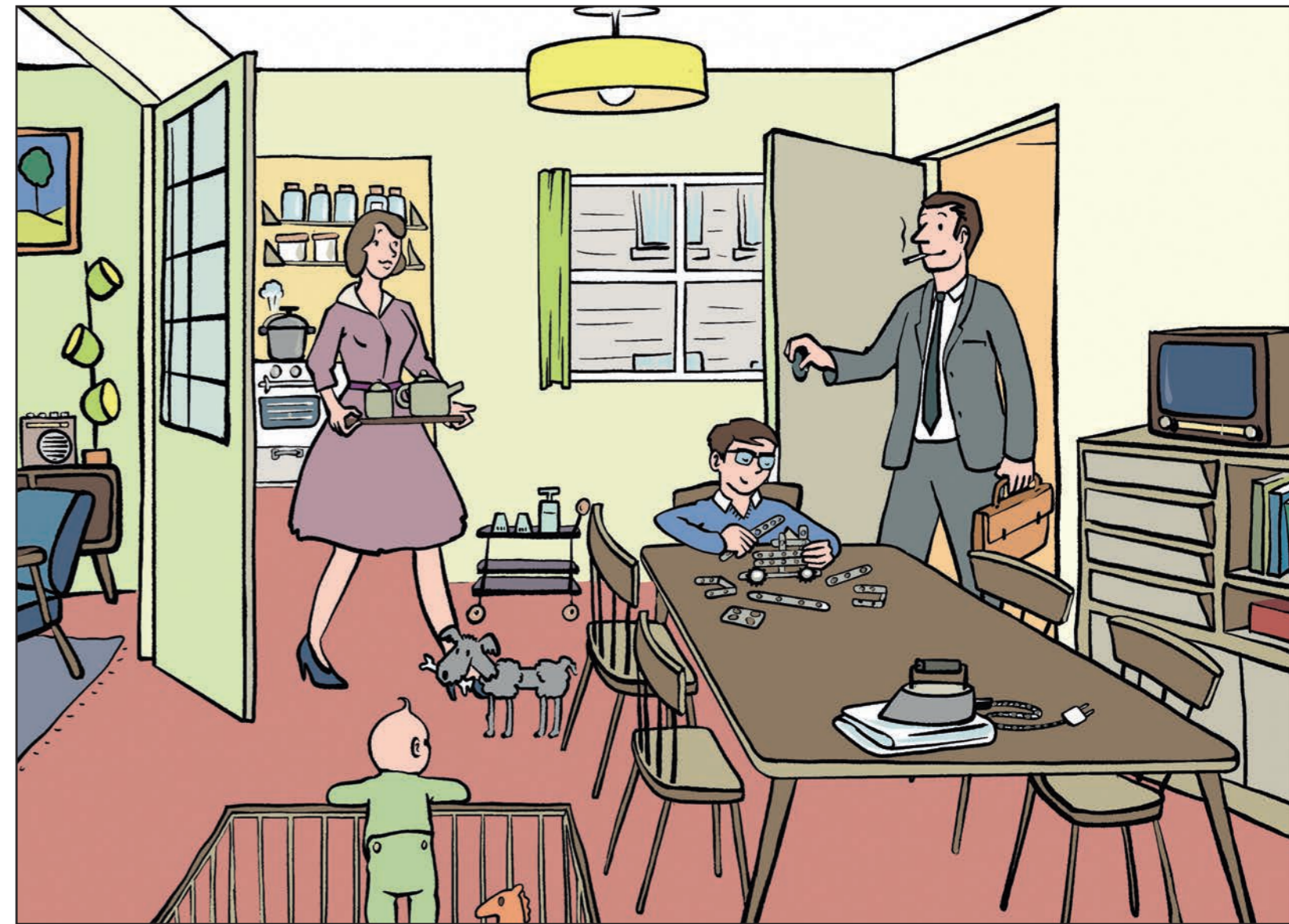
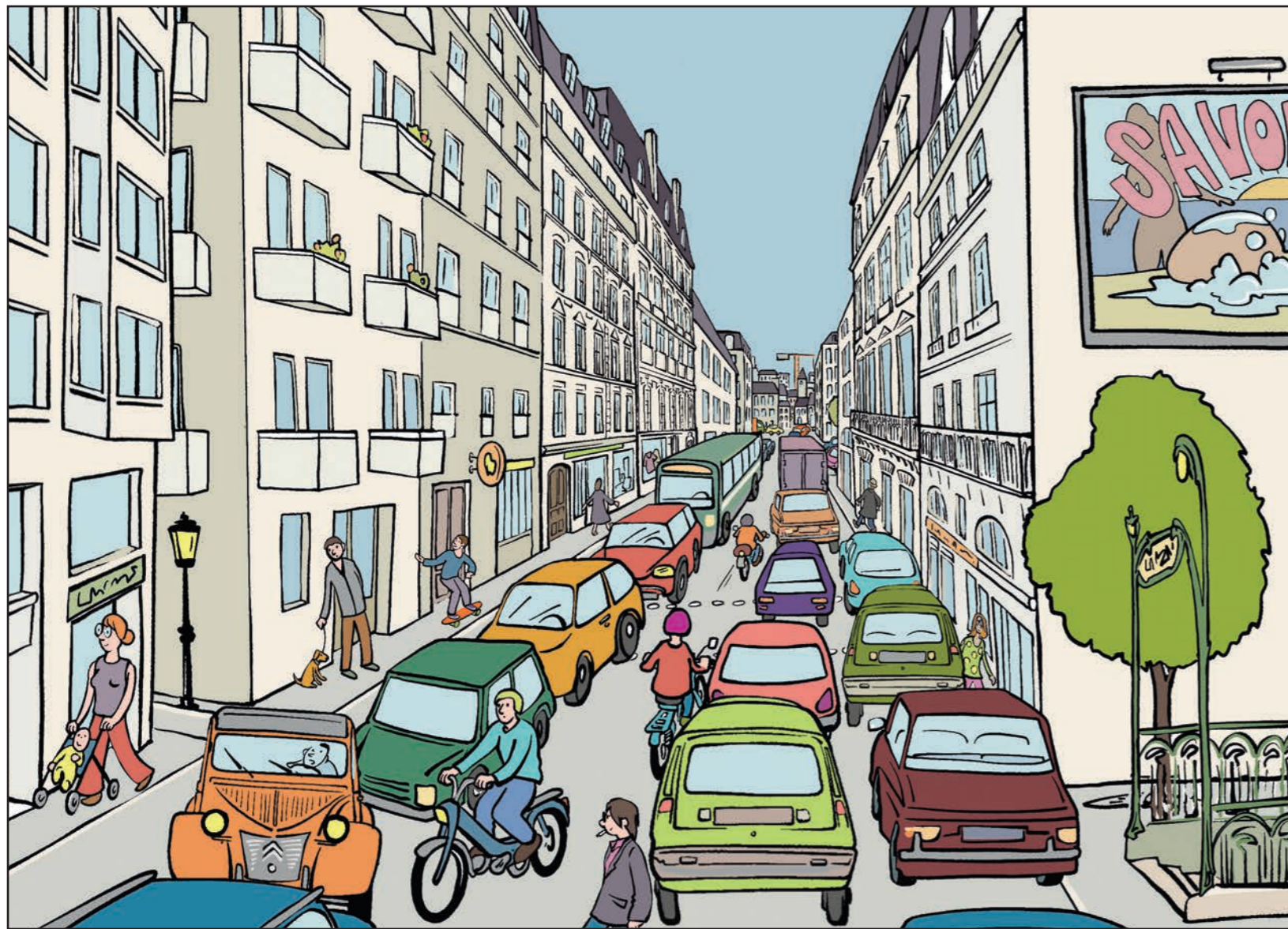


#### 4 LA GRANDE ACCÉLÉRATION (1950 - 2000)

La transformation des paysages par l'usage massif et généralisé des énergies fossiles est encore bien plus marquée depuis les années 1950. En quelques décennies, la France en a été bouleversée.

Nos paysages se sont métamorphosés et la fièvre aménagiste a gagné la planète entière.



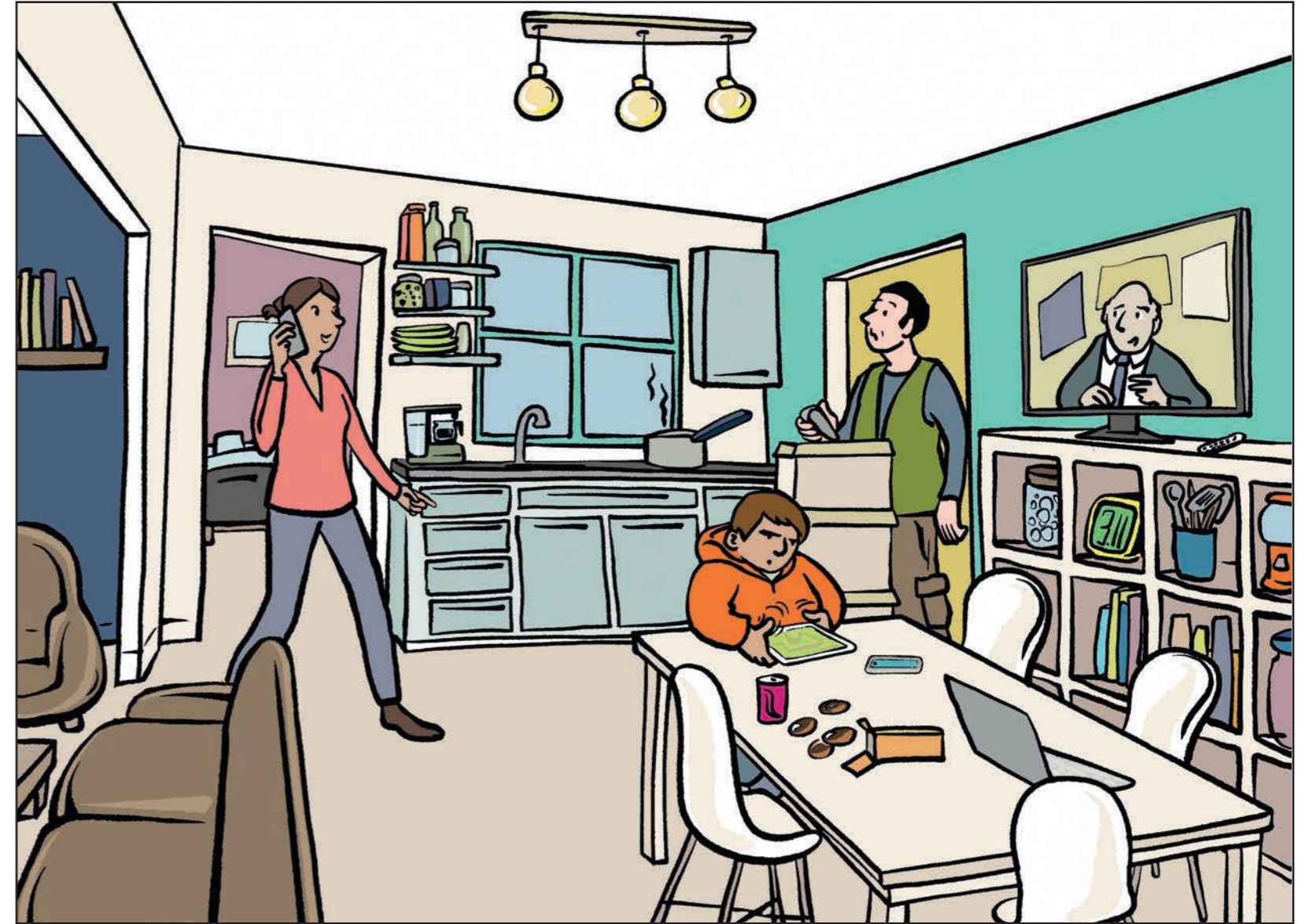
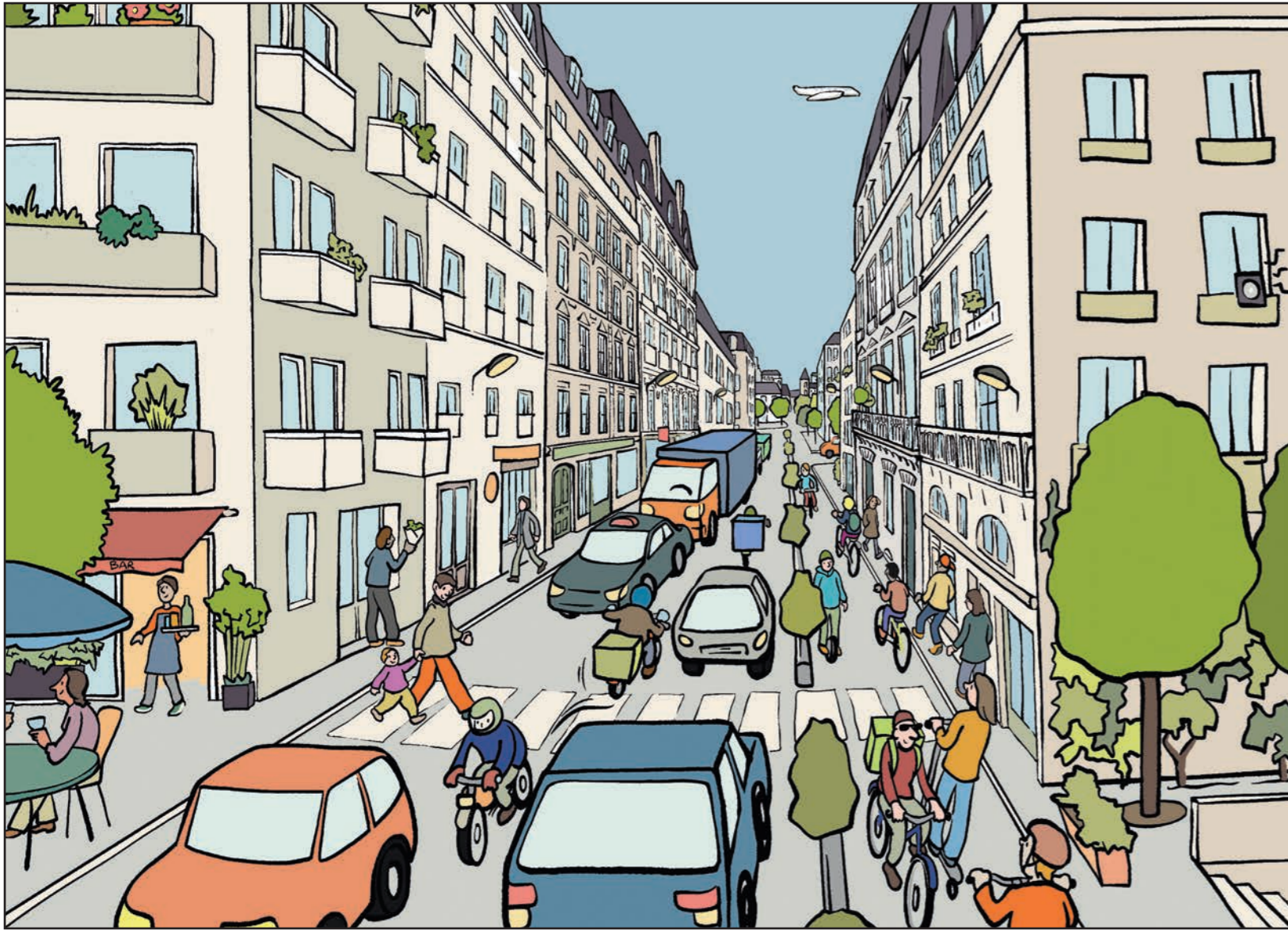


## 5 DEPUIS 2000 : VERS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

Depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle, la communauté scientifique converge et alerte sur le dérèglement climatique et l'effondrement de la biodiversité à l'échelle mondiale.

En cause notamment : nos modes de vie peu respectueux des autres êtres vivants de la planète et notre utilisation massive d'énergies fossiles, qui émet beaucoup de gaz à effet de serre, pollue et bouleverse les milieux de vie. Les villes commencent à s'adapter en végétalisant davantage (plantation d'arbres et zones enherbées par exemple), en déminéralisant les sols, en limitant la place de la voiture au profit des circulations actives (vélo, marche, ...). Mais l'étalement urbain se poursuit, tout comme la désindustrialisation, avec pour conséquence la dévitalisation des villages, petites villes et villes moyennes.





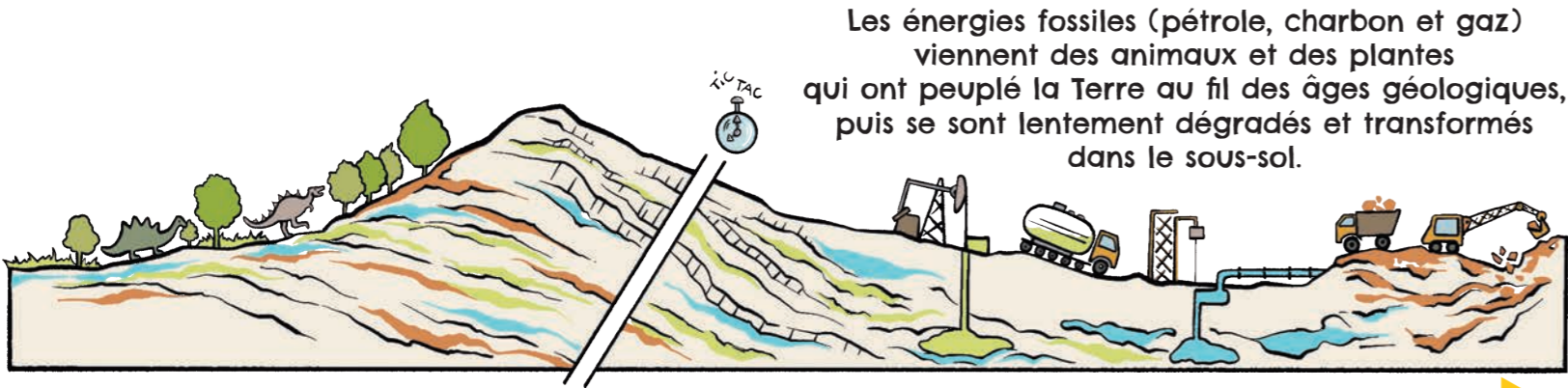
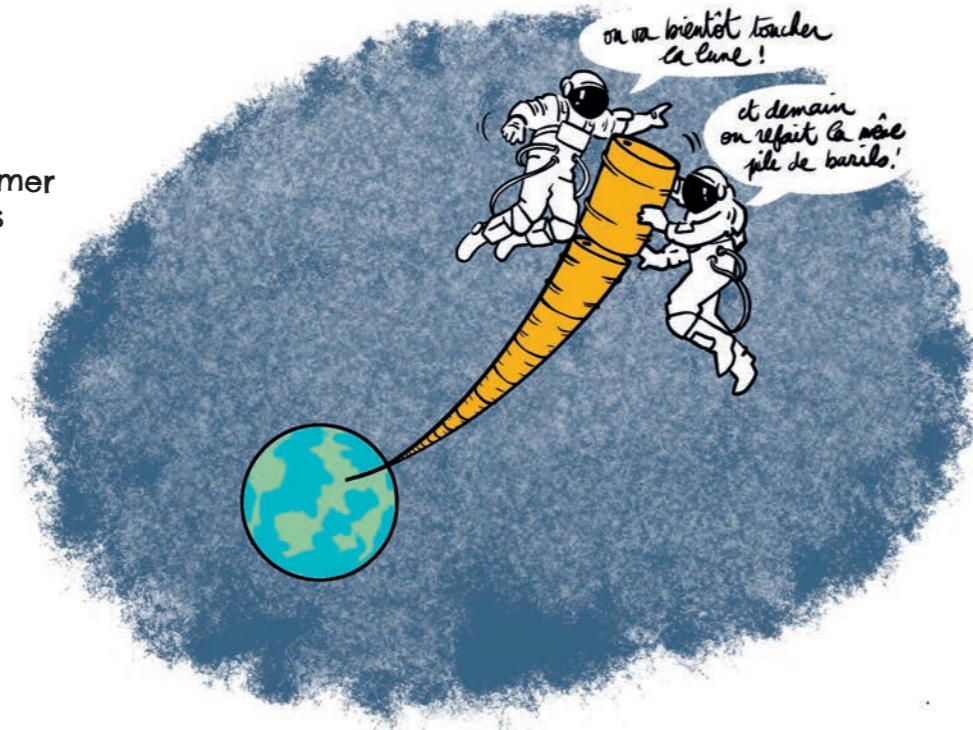


## LES PAYSAGES ET L'ÉNERGIE : LES ENJEUX ACTUELS

## 1 ACCROS AUX ÉNERGIES FOSSILES

Aujourd'hui, l'humanité continue à consommer de plus en plus d'énergies (+ 115% en moins de 50 ans) et tout particulièrement d'énergies fossiles. Le pétrole, le charbon et le gaz couvrent plus de 80% des énormes besoins mondiaux en énergie primaire.

Chaque jour sur Terre, nous consommons 100 millions de barils de pétrole. Si l'on empile ces barils les uns sur les autres (chacun fait 80cm de haut par 50 cm de large), cela constitue une colonne de 76 000 km de haut.



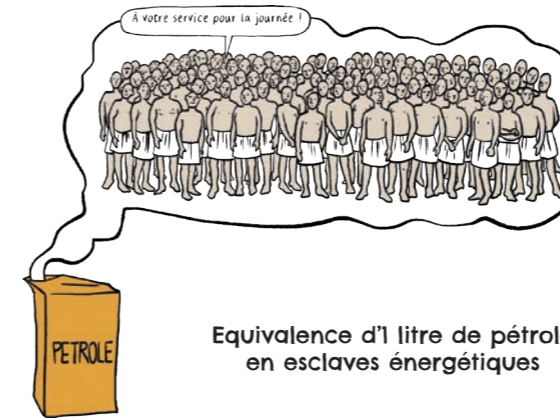
Les énergies fossiles (pétrole, charbon et gaz) viennent des animaux et des plantes qui ont peuplé la Terre au fil des âges géologiques, puis se sont lentement dégradés et transformés dans le sous-sol.

Le temps a passé, nous en sommes là ...

A chaque seconde, l'humanité consomme 184 000 litres de pétrole. Pendant cette même seconde, nous consommons 190 000 kg de charbon et 127 000 m<sup>3</sup> de gaz fossile (soit un cube de plus de 50 m de côtés). Nous sommes en état d'ébriété énergétique !

Il faut dire que les énergies fossiles sont une vraie drogue dure : avec seulement un litre de pétrole (la taille de notre brique de lait du matin), chacun de nous dispose de l'équivalent en énergie de 100 hommes pendant une journée !

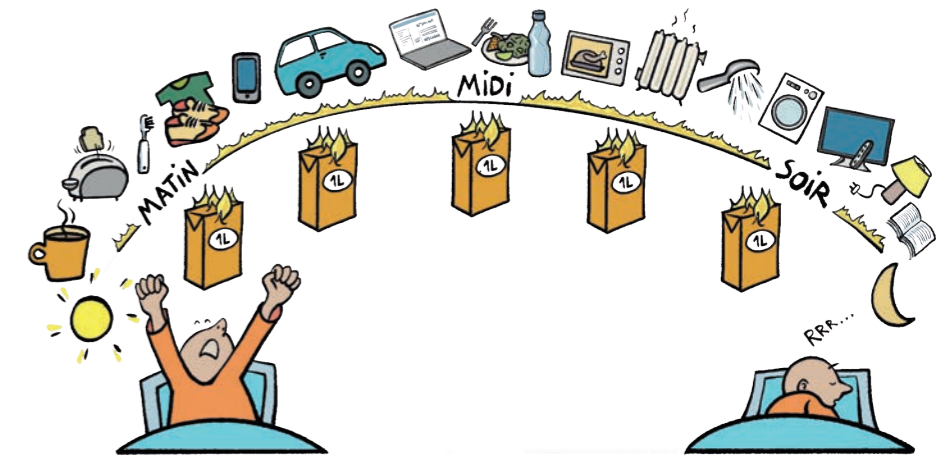
Aujourd'hui, on considère que chaque Français a, à sa disposition, l'équivalent de 400 à 500 esclaves infatigables, travaillant 24h/24\* (sans compter les importations).



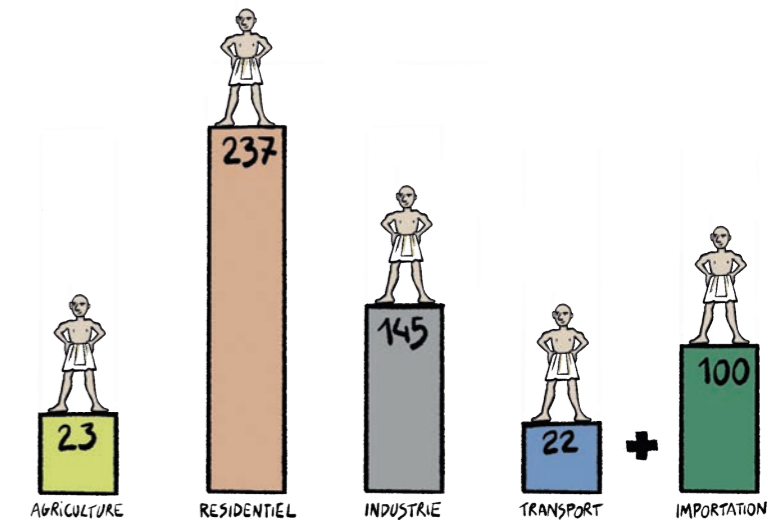
Equivalence d'1 litre de pétrole en esclaves énergétiques

\* Selon J.M Jancovici. (voir <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/combien-suis-je-un-esclavagiste/>).

## Une journée trop pleine d'énergie d'un Français



## Répartition moyenne des esclaves énergétiques à disposition de chaque Français



## 2 Les conséquences

La puissance extraordinaire offerte par les énergies fossiles serait merveilleuse si les énergies fossiles n'avaient pas ces quatre (graves) inconvénients :

### Elles s'épuisent.

Il s'agit d'énergies fossiles qui ont mis des millions, voire des centaines de millions d'années, à se former à partir de la décomposition du vivant. Elles sont donc non renouvelables puisqu'une fois utilisées, elles ne peuvent être reconstituées qu'à l'échelle des temps géologiques. Elles tendent donc à s'épuiser à l'échelle du temps humain. Les réserves mondiales prouvées d'énergies fossiles sont estimées à 84 ans de production au rythme actuel. Cette durée est très variable selon le type d'énergie :

- 53 ans pour le pétrole,
- 49 ans pour le gaz naturel,
- 139 ans pour le charbon.



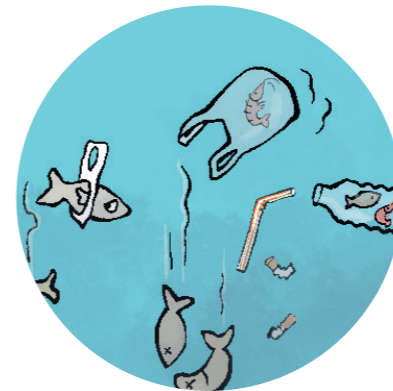
### Elles provoquent des conflits.

Comme nous en dépendons énormément et qu'elles sont inégalement réparties sur la planète, elles génèrent des tensions, des conflits, des guerres à travers la planète, qui ne peuvent que s'aggraver avec leur épuisement progressif.



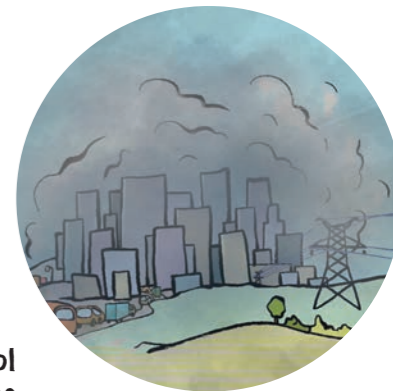
### Elles polluent et tuent le vivant.

Les énergies fossiles polluent l'air, l'eau et les sols à l'occasion de leur extraction, transformation, transport et consommation ainsi que lorsqu'elles sont rejetées dans la nature (y compris sous forme de plastique essentiellement fabriqué à base de pétrole). Elles dégradent la santé et détruisent des milieux vivants et espèces végétales et animales, d'autant que leur efficacité génère un sentiment de surpuissance dévastateur.



### Elles bouleversent le climat.

En extrayant du sous-sol ces combustibles fossiles et en les brûlant, nous émettons une énorme quantité de gaz à effet de serre, notamment du CO<sub>2</sub> qui provoquent une évolution très rapide du climat. Ce réchauffement climatique précipité détruit et désorganise les installations et les activités humaines : tempêtes, sécheresses, canicules, incendies, érosions, submersions, inondations. La modification du climat a également de graves conséquences sur le vivant animal et végétal qui n'a pas le temps de s'adapter.



**Nous devons donc nous sevrer progressivement de cette drogue dure. C'est la transition énergétique : moins consommer, développer les énergies renouvelables, être plus efficaces. Facile à dire, plus difficile à faire.**

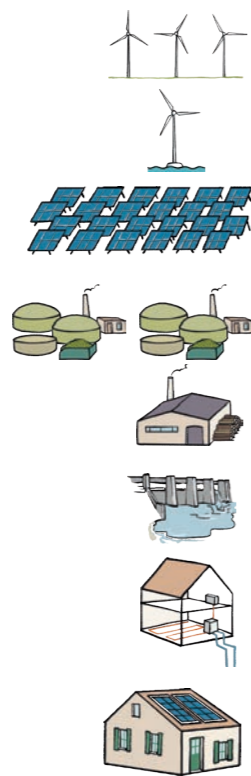




### 3 Un exemple pour mieux comprendre

Prenons l'exemple d'une ville de 5 000 habitants. Pour se passer des énergies fossiles, le maire, son équipe municipale et les habitants vont devoir intégrer un mix énergétique dans leur paysage en fonction des besoins essentiels, des ressources disponibles et des volontés locales. Pas simple, d'autant que chaque type d'énergie renouvelable répond à des besoins différents.

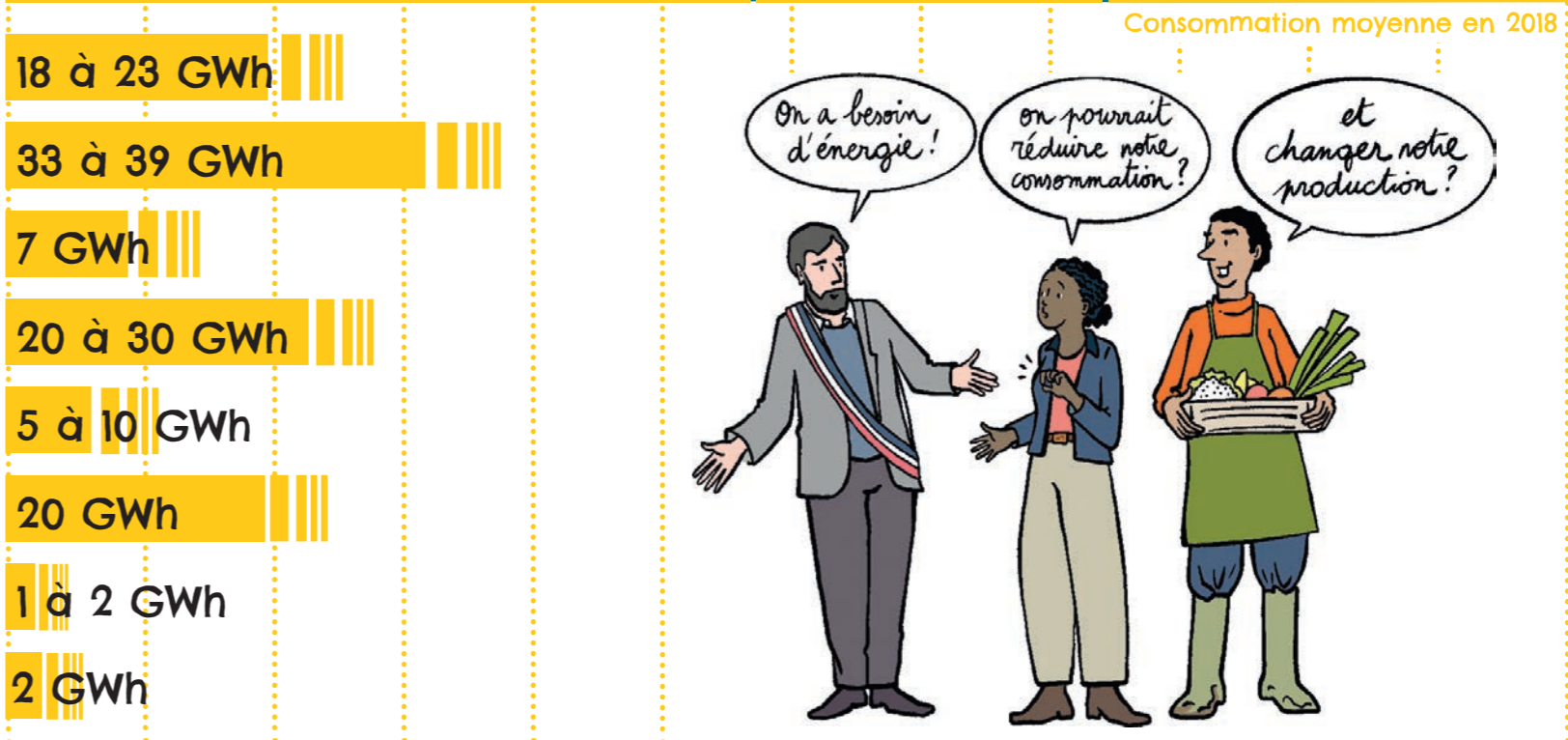
Les sites de productions et les lieux de consommation (maisons, bâtiments, entreprises, etc.) sont généralement reliés à l'échelle nationale par des réseaux électriques, de gaz, et dans certains cas, à l'échelle locale, par des réseaux de chaleur. Ainsi toute l'énergie produite localement peut voyager facilement vers les lieux où on en a besoin. Le plus souvent l'énergie est consommée au plus près de son lieu de production. Les territoires peuvent ainsi prendre leur part et contribuer à l'alimentation et/ou à l'équilibre des réseaux aux échelles locale, régionale, nationale voire européenne.



#### Des énergies renouvelables à disposition

- 3 éoliennes terrestres
- 1 éolienne offshore
- 7 hectares de PV au sol
- 2 méthaniseurs
- 1 chaufferie bois
- 1 retenue au fil de l'eau
- Géothermie
- 600 maisons équipées de PV sur toiture

#### Besoins moyens annuels pour une ville de 5 000 habitants



Les chiffres de production sont des ordres de grandeurs donnés à titre indicatif sur une année et cohérents pour une ville de 5 000 habitants. Ils sont à adapter au contexte du territoire et aux technologies utilisées. Par exemple, ici les éoliennes terrestres ont une puissance de 3,5 MW chacune, représentative des nouvelles installations, pour des facteurs de charge compris entre 20 et 25%. Les besoins sont calculés sur la base de la consommation nationale et du nombre de Français.

4 Un mix énergétique, comment ça se construit ?





**LES PAYSAGES ET L'ÉNERGIE  
À L'HORIZON 2050**

## À quoi pourraient ressembler nos paysages en 2050 ? Cela dépend beaucoup de nos choix et de la transition énergétique que nous allons réaliser.

### Objectif : atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050

Les dessins suivants illustrent quatre scénarios issus des travaux de l'ADEME parus en décembre 2021 : Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat<sup>1</sup>.

Tous sont des scénarios de rupture par rapport à la trajectoire actuellement suivie. Nos tendances actuelles, en étant prolongées, ne permettent pas de répondre aux objectifs de l'accord de Paris de limiter le réchauffement à moins de 2°C.

Sans transition énergétique, ce réchauffement risque en effet d'atteindre +4°C en France<sup>2</sup>.

Les quatre scénarios aboutissent à la neutralité carbone dès 2050. Autrement dit à un équilibre entre les émissions de carbone (liées aux activités humaines) et leur absorption par des puits de carbone.

<sup>1</sup> Accessibles sur internet : <https://transitions2050.ademe.fr/>

<sup>2</sup> Monde : + 5,4 °C en 2100, France : + 3,9 °C en France en 2100 (RCP 8.5 du GIEC). Dans cette perspective tendancielle, la consommation d'énergie se maintient à un niveau élevé, simplement atténué d'environ 15 % par rapport à aujourd'hui ; les émissions de GES ne sont réduites que d'un facteur 2, ce qui est largement insuffisant pour que les puits, essentiellement naturels, parviennent à annuler ces émissions ; la neutralité carbone n'est donc pas atteinte, ce qui souligne la nécessité de mettre en œuvre les transformations de rupture imaginées dans les quatre scénarios.

### Qu'est-ce qu'un puits de carbone ?

Il s'agit d'un système, naturel ou artificiel, qui absorbe plus de carbone qu'il n'en émet.

Les puits de carbone naturels sont les océans et les écosystèmes terrestres (forêts, prairies, zones humides, ...) qui stockent du carbone dans la végétation et les sols. Actuellement, c'est un peu moins de 50% des émissions de CO<sub>2</sub> liées aux activités humaines qui sont séquestrées par ces puits.

Ce sont des alliés puissants et précieux qui méritent d'autant plus d'attention que leur dégradation (par la déforestation, les incendies, la dégradation de la qualité des sols ou l'acidification des océans) conduit à les transformer, à l'inverse, en sources de carbone.

Les puits de carbone artificiels captent le CO<sub>2</sub> émis par les industries ou directement dans l'air et séquestrent le CO<sub>2</sub> uniquement sous terre dans des formations géologiques comme des aquifères salins, des réservoirs épuisés de gaz ou par carbonatation des roches ultrabasiques telles que les basaltes. Cette solution de séquestration du CO<sub>2</sub> est très coûteuse et encore à un stade expérimental.

## 4 SCÉNARIOS DE SOCIÉTÉ NEUTRE EN CARBONE



CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE  
(par rapport à 2015)



PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES  
DANS LA CONSOMMATION FINALE



SOBRIÉTÉ



EFFICACITÉ



GOUVERNANCE

LOCAL



GLOBAL



IMPACT ENVIRONNEMENTAL



ÉVITER LES IMPACTS

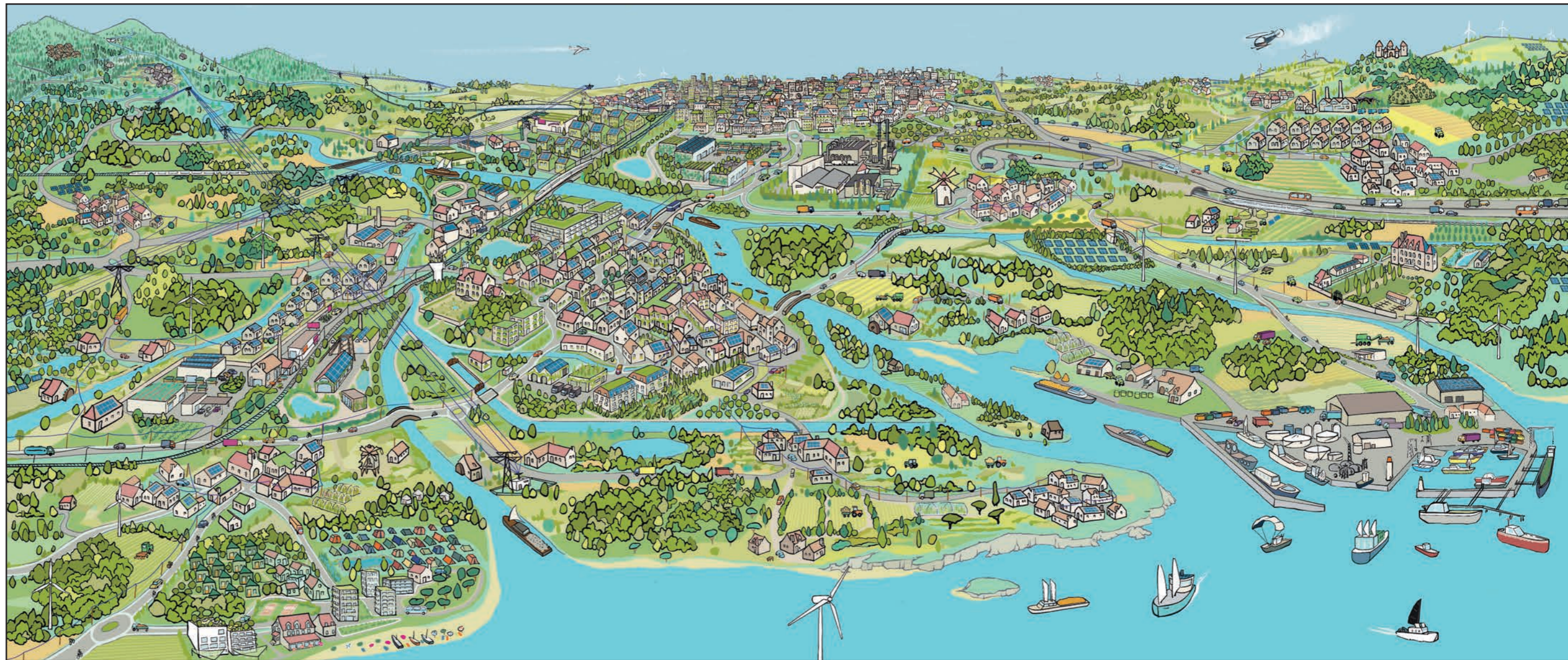


RÉPARER LES IMPACTS

## 1 SCÉNARIO S1 : GÉNÉRATION FRUGALE

C'est le scénario du changement de mode de vie par une triple sobriété : d'usage (déplacements à pied et à vélo, commerces de proximité...), dimensionnelle (voitures légères...) et coopérative (habitat plutôt collectif, partage et location de biens).

En matière de cadre de vie, c'est le scénario le plus qualitatif. L'agriculture et la sylviculture pratiquées sont favorables au stockage du carbone : agroforesterie, haies, prairies pâturées et fauchées, essences diversifiées, futaies irrégulières et jardinées... La diminution très forte de l'alimentation carnée favorise des systèmes plus extensifs : les vaches sont plus souvent dehors et mangent davantage d'herbe. L'urbanisation maîtrisée génère très peu d'artificialisation, préservant la fonction de « puits » des écosystèmes naturels et agricoles. Les villes se densifient en augmentant la hauteur des bâtiments, sans s'étaler. Les espaces extérieurs publics et privés sont renaturés pour composer une trame en faveur des circulations actives (marche, vélo...), des plantes et animaux. Les logements sont massivement réhabilités pour devenir plus économes en énergie. Les zones d'activités sont transformées en quartiers mixtes, verts et denses. Les énergies renouvelables sont très présentes, notamment les méthaniseurs de petites dimensions, répartis dans le territoire.



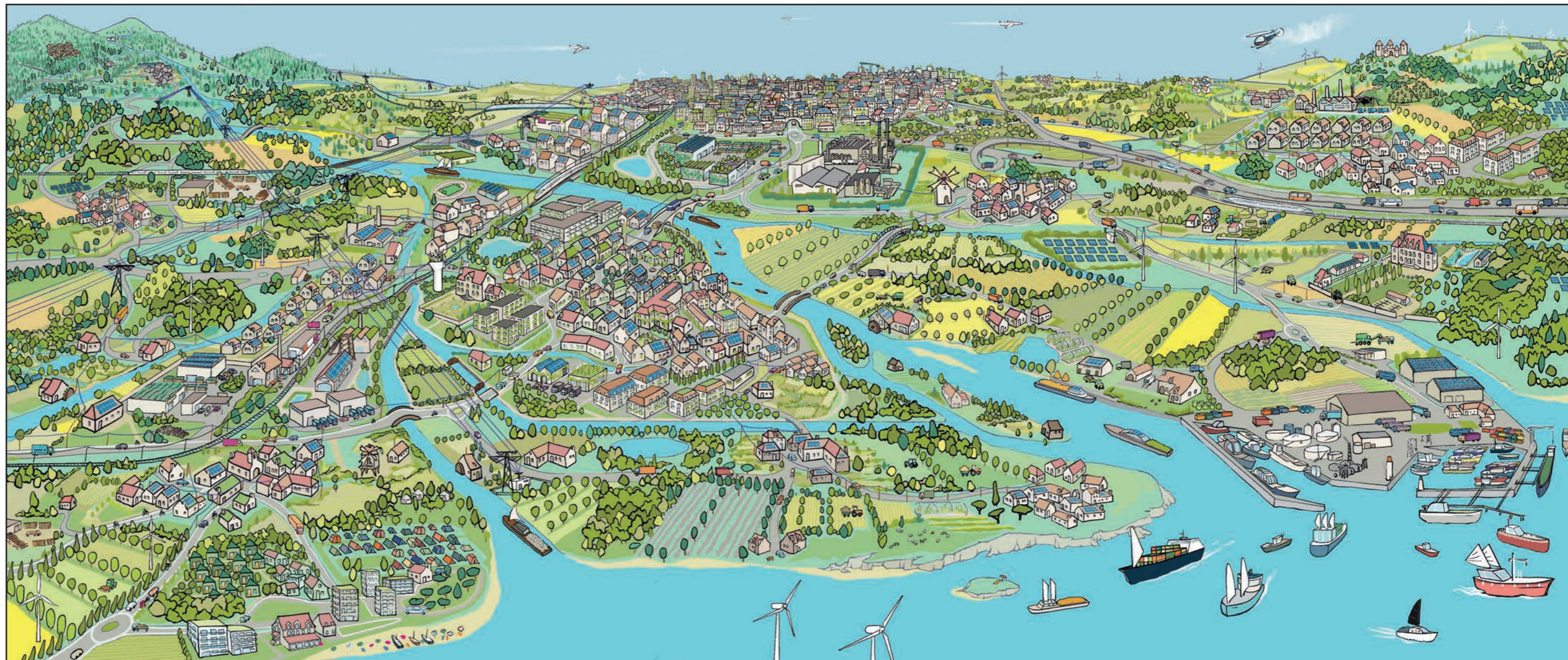
## 2 SCÉNARIO S2 : COOPÉRATIONS TERRITORIALES

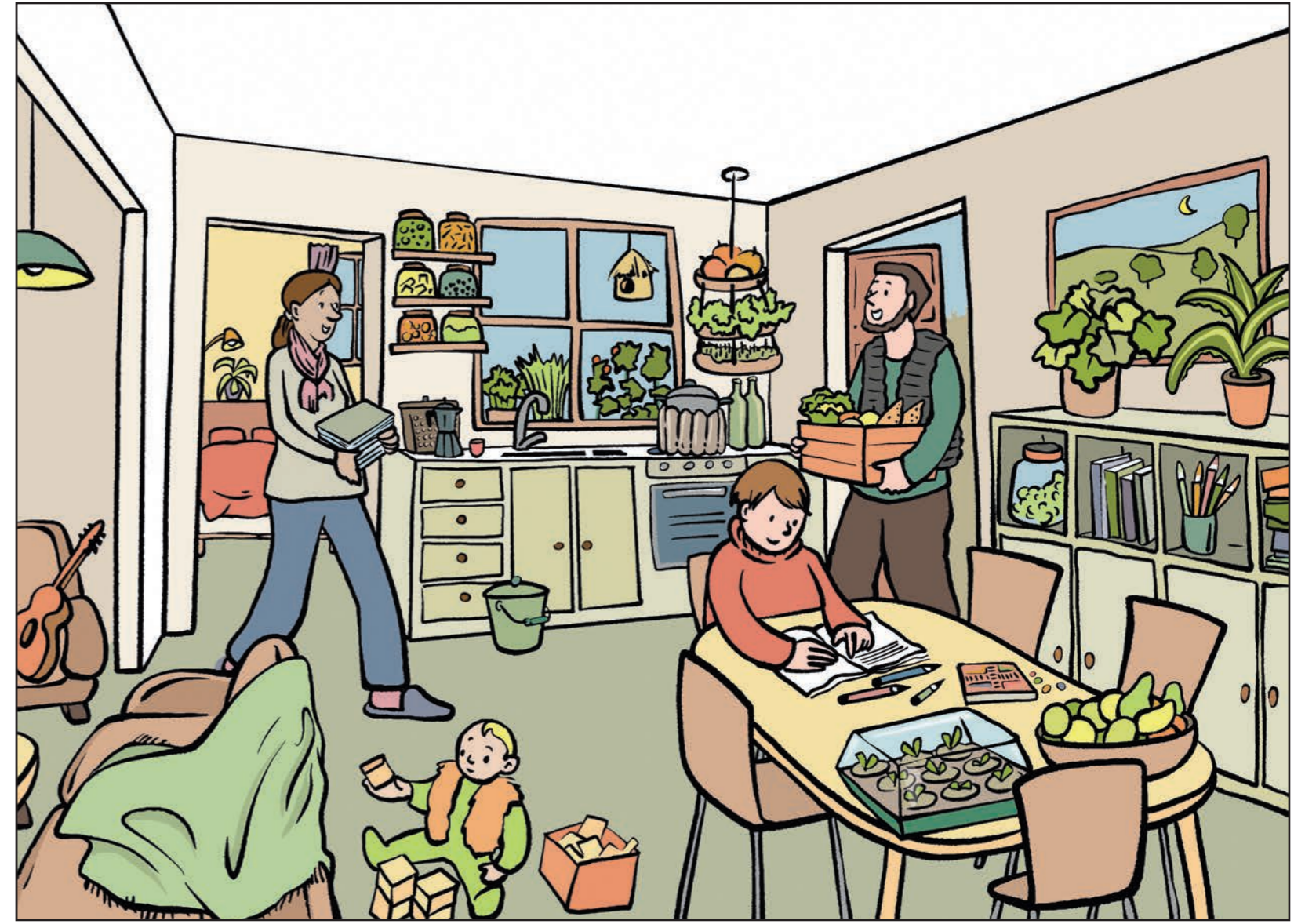
C'est aussi un scénario de la sobriété des déplacements et des consommations, mais il est moins poussé et contraignant que le S1.

Il est davantage négocié, grâce à une coopération pragmatique et forte entre organisations non gouvernementales, institutions publiques, secteur privé et société civile. Cette convergence se traduit par des investissements massifs dans les solutions de sobriété, d'efficacité et d'énergies renouvelables, comme dans le renouvellement et l'adaptation des infrastructures en place.

Le mode de vie des habitants s'oriente vers une faible croissance matérielle, moins consommatrice de ressources et d'énergie. Les paysages façonnés par ces coopérations territoriales ressemblent à ceux du scénario 1.

Ils sont cependant moins marqués par les conversions écologiques, que ce soit dans le domaine agricole, sylvicole, urbain, industriel, énergétique, ou des mobilités.





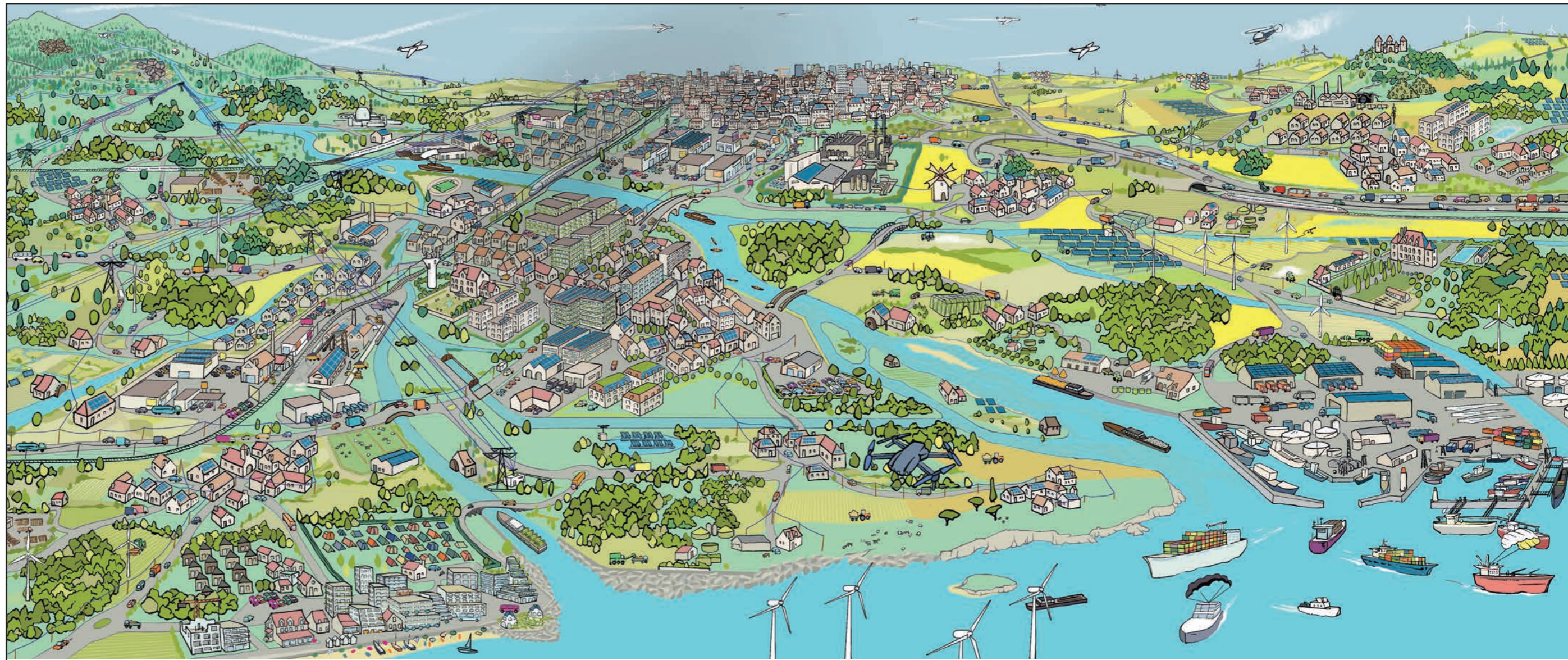


### 3 SCÉNARIO S3 EnR Offshore : TECHNOLOGIES VERTES

C'est le scénario de la croissance et des innovations technologiques, en développant l'éolien flottant. Mais ces innovations ne progressent pas assez rapidement et la dépendance aux énergies fossiles diminue lentement. Il faut donc développer des technologies de réparation en conséquence, qui se traduisent en usines de captage et stockage de CO<sub>2</sub>.

En termes de paysage, la maîtrise technologique marque les espaces : les forêts et les champs sont en coupes réglées, les bâtiments d'habitation et des zones d'activités sont industrialisés et construits en préfabriqué pour faciliter la réversibilité des usages.

La neutralité carbone est atteinte, mais au prix d'une pression sur les milieux et les ressources qui laisse entier le problème de l'érosion du vivant.



### 3 SCÉNARIO S3 NUC : TECHNOLOGIES VERTES

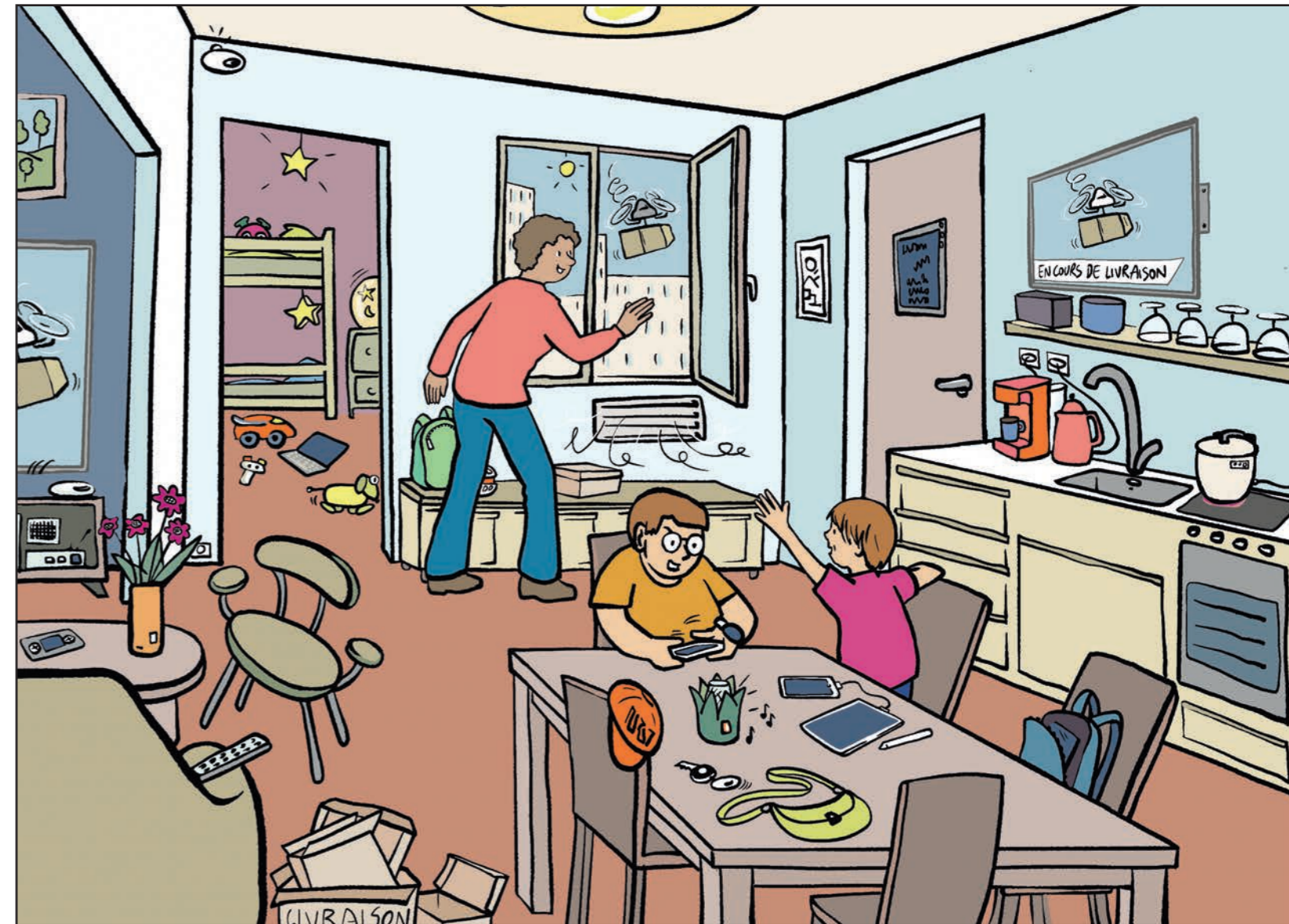
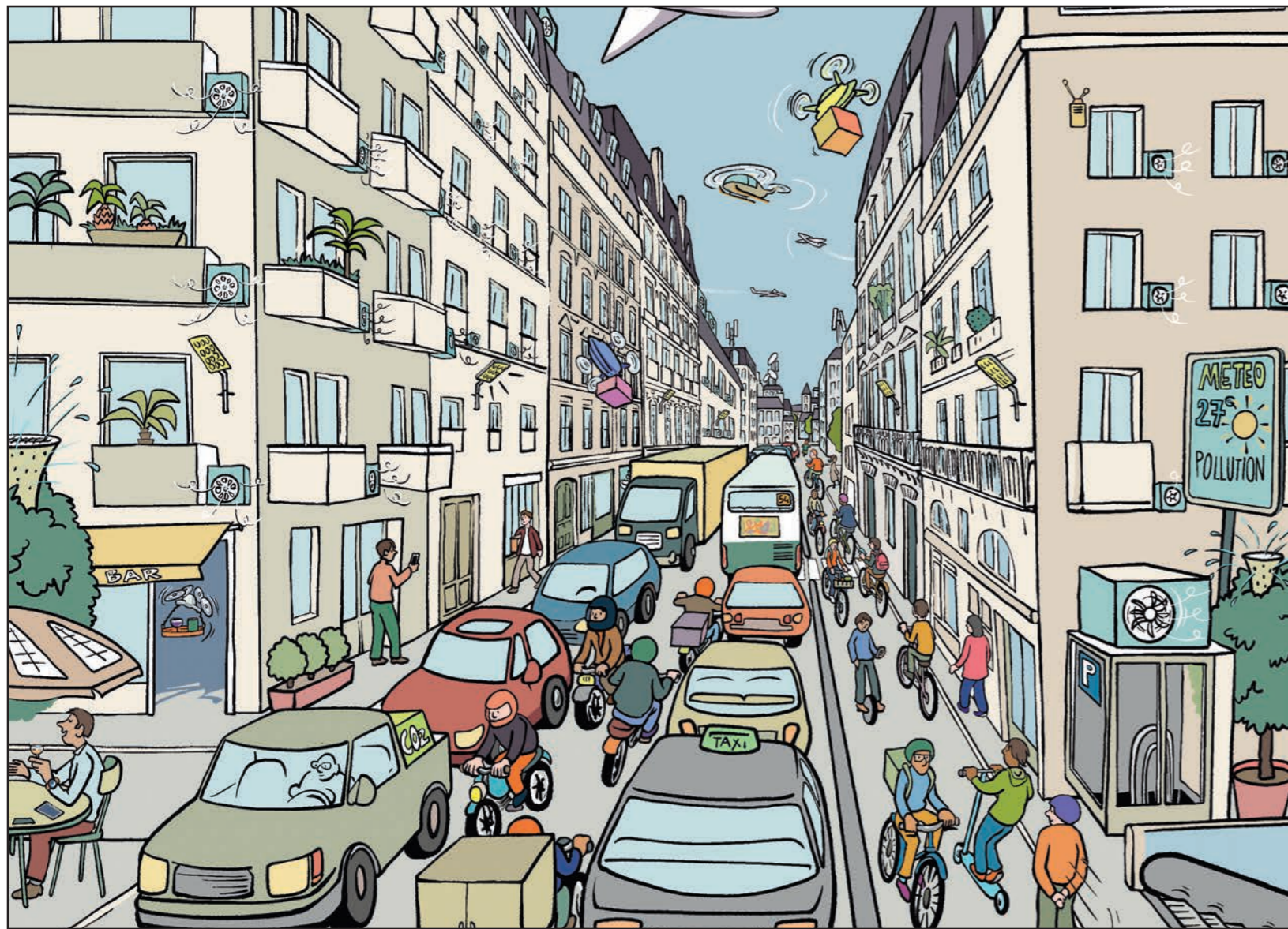
Le scénario repose sur les mêmes modes de vie et d'organisation des paysages que le précédent mais avec un choix de politique industrielle nationale différent. L'éolien flottant est ainsi remplacé par 3 paires de réacteurs nucléaires de nouvelles générations (EPR).



#### 4 SCÉNARIO S4 : PARI RÉPARATEUR

Ce scénario poursuit le modèle économique fondé sur la production et la consommation de masse. Pour traiter les défis écologiques, un investissement massif est opéré sur la technologie de captage du CO<sub>2</sub>. Le paysage du scénario 4 ressemble à celui du scénario 3, en étant plus poussé encore en termes d'exploitation de l'espace, dans tous les secteurs, sacrifiant probablement l'objectif de la reconquête de la biodiversité en faveur du pari technologique de la décarbonation artificielle.







DES IDÉES POUR DES PAYSAGES HARMONIEUX

## Les impasses de la démarche aménagiste

La démarche aménagiste héritée du XX<sup>e</sup> siècle est encore largement dominante. Elle consiste à équiper le territoire et à réduire le paysage à une conséquence secondaire plus ou moins fortuite de l'aménagement.

Par réaction, la démarche aménagiste provoque des réflexes défensifs de protection du cadre de vie, compréhensibles mais quelque peu paralysants car ils considèrent à l'inverse le paysage comme une carte postale immuable à protéger.

Et par compromis, elle génère des mesures de compensations écologiques peu efficaces et de plantations des abords anecdotiques.

La triple réduction du paysage à une variable d'ajustement, un tableau immuable ou un décor végétal, conduit aujourd'hui à des conflits et des blocages grandissants, entravant de ce fait la mutation des cadres et modes de vie, indispensable pour concrétiser la transition énergétique et écologique.

**Une alternative existe aujourd'hui :**

**la démarche de paysage**, promue par de nombreux acteurs\*, pratiquée par le paysagiste concepteur et de plus en plus mise en œuvre par les territoires et villes en transition.

\* La démarche de paysage pour la transition écologique a fait notamment l'objet d'un Appel au Bon Gouvernement en mars 2022, cosigné par sept organismes acteurs du paysage en France : la Fédération des Parcs naturels régionaux de France (FPNRF), la Fédération nationale des agences d'urbanisme (FNAU), la Fédération nationale des Conseils en Architecture, Urbanisme et Environnement (FNCAUE), le Réseau des Grands Sites de France (RGSF), la Fédération française du paysage (FFP), l'Association des paysagistes-conseils de l'Etat (APCE), le collectif Paysages de l'après pétrole (PAP), à l'origine de cette initiative. <http://www.paysages-apres-petrole.org/wp-content/uploads/2022/01/2022-01-28-Appel-pour-le-bon-gouvernement-PAP.pdf>

## Adopter la démarche de paysage pour réussir la transition

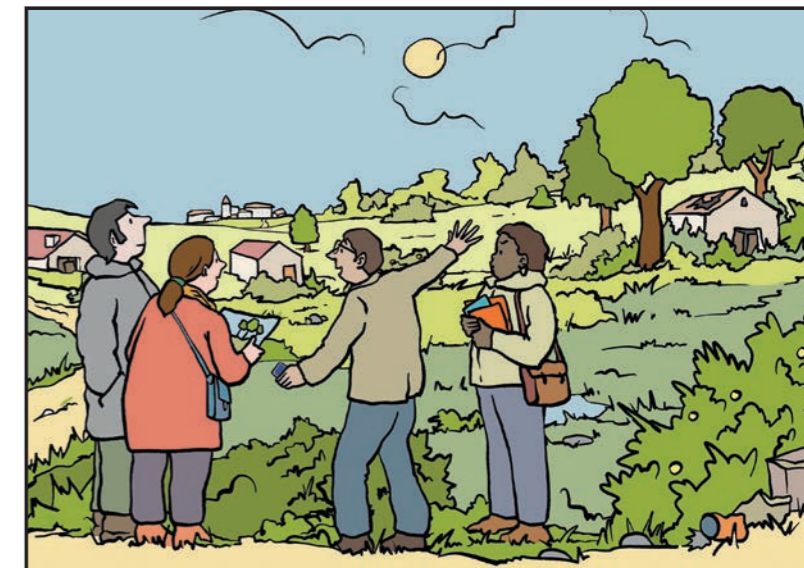
Le paysagiste concepteur est un acteur fondamental de la construction des villes et des territoires.

Il intervient dans les domaines du paysage, de l'environnement, de l'aménagement et de l'urbanisme, en concevant et assurant la maîtrise d'œuvre d'aménagements à des échelles variées : parcs et jardins, espaces publics, quartiers, urbanisme opérationnel, projets de territoire, grandes infrastructures, espaces naturels, culturels, ruraux, planification, ...

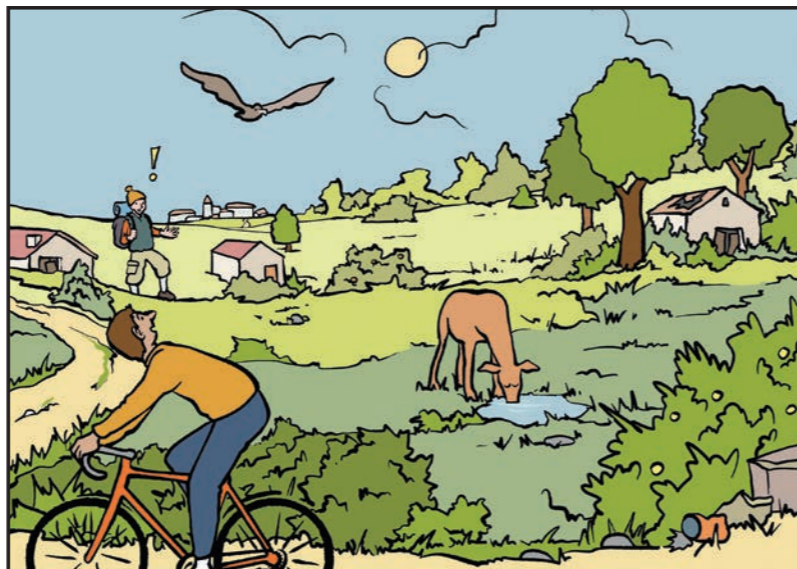
Il adopte une méthode innovante, dynamique et attractive pour améliorer le cadre de vie de des habitants, favoriser la cohésion sociale et la biodiversité, et réussir la transition énergétique et écologique dans les territoires : la démarche de paysage.

Cette pratique tient en cinq points :

**1** Le paysagiste concepteur intègre les sensibilités des populations et des acteurs à leur territoire. Son savoir-faire pluridisciplinaire est à la fois scientifique et technique, mais il intègre aussi les dimensions culturelle, économique, sociologique, créative et artistique pour appréhender pleinement le paysage dans lequel il intervient. Le territoire n'est donc pas qu'une donnée objective dénuée de toute sensibilité : il est perçu et vécu par les populations. La démarche du paysagiste intègre cette sensibilité qui s'exprime par les perceptions, usages et représentations : finies les approches purement quantitatives !



**2** Le paysagiste concepteur prend en compte tout le vivant : les humains ne sont pas séparés des non humains dans la réflexion : les usages des habitants sont intégrés à la démarche, tout comme le fonctionnement écologique du vivant non humain (animal et végétal) et des éléments ou phénomènes naturels : finies les approches exclusives, sociologiques d'un côté, écologiques de l'autre !



**3** Le paysagiste concepteur rassemble les champs de compétences : il place l'ambition qualitative pour le paysage comme bien commun au cœur des intérêts, croisant de ce fait l'ensemble des champs sectoriels de l'aménagement : économique (attractivité des territoires, tourisme, qualité du cadre de travail), social (liens sociaux, santé physique et mentale, loisirs) et environnemental : finies les approches cloisonnées en silos !



**4** Le paysagiste concerte et fait participer : il implique les habitants et les usagers dans les processus de transformation du cadre de vie. Il travaille en étroite collaboration avec de nombreux partenaires de l'aménagement et acteurs du territoire. Non technique et parlante pour tous, sa démarche donne toute sa place à l'expression des sensibilités des populations dans leur diversité : élus, techniciens, entreprises, associations, professionnels. Elle fait le pari de l'intelligence collective au service d'un bien commun. Finies les approches top down et dé-responsabilisantes !



**5** Le paysagiste concepteur est créatif : il reconnaît le caractère irrépressible des transformations des cadres et modes de vie, et propose de les choisir plutôt que de les subir, ceci de façon à la fois exigeante, créative et opérationnelle, à travers la projection imagée des espaces, lieux et milieux de vie et leur transformation effective. Finies les positions figées conservatrices, nostalgiques ou purement idéologiques !



En adoptant la démarche de paysage, les nombreux acteurs de l'aménagement (élus, population, entreprises, agriculteurs, sylviculteurs, énergéticiens, architectes, ingénieurs, urbanistes, écologues, etc) peuvent travailler ensemble pour concrétiser et réussir la transition écologique.

Pour en savoir plus :

<https://www.f-f-p.org/paysagiste-concepteur/>

<https://objectif-paysages.developpement-durable.gouv.fr/les-paysagistes-concepteurs-28>





Les paysages de demain seront le reflet de nos choix de transition.



Édition :

École nationale supérieure de paysage

Impression :

Tpi sas, La Frette-sur-Seine (95)

Dépôt légal : septembre 2022

ISBN : 978-2-490857-15-9