

# Quel avenir pour les énergies fossiles ?

Association Événement OSE



Association Événement OSE, *Quel avenir pour les énergies fossiles ?*, Paris, Presses des Mines, collection Énergie et développement durable, 2025.

© Presses des MINES - TRANSVALOR, 2025.

60, boulevard Saint-Michel - 75272 Paris Cedex 06.

[presses@minesparis.psl.eu](mailto:presses@minesparis.psl.eu)

[www.pressesdesmines.com](http://www.pressesdesmines.com)

ISBN : 978-2-38542-707-8

Dépôt légal : 2025

Achevé d'imprimer en 2025 (Paris)

Photo de couverture : © Pixabay.

Cette publication a bénéficié du soutien de l'Institut Carnot M.I.N.E.S.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution réservés pour tous les pays.

**Quel avenir pour les énergies fossiles ?**



Association Événement OSE

# Quel avenir pour les énergies fossiles ?

Congrès organisé par les étudiants du Mastère Spécialisé© OSE  
(Optimisation des Systèmes Energétiques)

École nationale supérieure des mines de Paris  
Sophia Antipolis, le 24 septembre 2024



| PSL 

PRESSES **DES MINES**  
*L'excellence scientifique*

# ***Table des matières***

Introduction .....	8
<i>Clara Paturel</i>	
<b>Partie 1 – Prospective énergétique</b> .....	11
1. Introduction à la prospective.....	11
<i>Nadia Maïzi</i>	
2. Perspectives mondiales de l'énergie : éclairages sur les transitions énergétiques.....	17
<i>Yasmine Arsalane</i>	
3. Quelle planification énergétique pour sortir des énergies fossiles ? .....	29
<i>Thomas Jeannin</i>	
4. Quelles stratégies à moyen et long termes pour TotalEnergies ? .....	39
<i>Fabien Villette</i>	
<b>Partie 2 – Décarbonation sectorielle</b> .....	52
Table ronde n° 1. Décarbonation de l'industrie .....	53
<i>Thomas Jeannin, Jean-Philippe Perrot, Guillaume Lesoin et Benjamin Royer</i>	
Table ronde n° 2. Décarbonation des transports .....	73
<i>Samuel Deshays, François Mirabel et Alexandre Stuber</i>	
<b>Partie 3 – Challenges et opportunités</b> .....	96
5. Défis de l'électrification massive des usages .....	97
<i>Lucie Meier et Christophe Crocombette</i>	
6. Solutions gazières dans la transition énergétique .....	105
<i>Aurélien Lecaille</i>	
7. Anticiper la nouvelle ère métallique de la transition bas carbone .....	115
<i>Emmanuel Hache</i>	
<b>Partie 4 – La sobriété énergétique</b> .....	126
Table ronde n° 3. La sobriété énergétique, levier significatif et accepté pour la décarbonation ?.....	127
<i>Audrey Berry et Emmanuel Hache</i>	
Partenaires .....	146

# ***Introduction***

Bonjour à toutes et à tous, et bonjour à ceux qui sont en *live*. L'ensemble de la promotion OSE 2023, les représentants du CMA et moi-même vous souhaitons la bienvenue au 24<sup>e</sup> congrès du Mastère Spécialisé OSE. Nous sommes ravis de vous accueillir aujourd'hui sur notre cher campus de l'École des mines, ici, à Sophia Antipolis, autour du thème « Quel avenir pour les énergies fossiles? Entre demande insatiable et offre inépuisable ». Nous souhaitons tout d'abord remercier nos trois sponsors sans qui l'événement n'aurait pas vu le jour :

- TotalEnergies: acteur majeur dans le secteur de l'énergie, compagnie multi-énergies mondiale de production et de fourniture, représentée par Fabien VILLETTE, Céline BERBIGUIER et Laura FORTIN.
- GRTgaz: leader européen du transport du gaz, représenté par Aurélien LECALLE.
- La Chaire Modélisation Prospective au service du développement durable des Mines Paris – PSL, représentée par Nadia MAÏZI.

On ne peut plus penser à demain sans penser aux nombreux défis environnementaux qui l'accompagnent. Quelles trajectoires possibles? Quelles actions déjà engagées? Quelles autres alternatives et voies de réflexion possibles? C'est pour se saisir de ces questions que nous allons parcourir, tout au long de la journée, quatre grands thèmes :

- prospective énergétique ;
- décarbonation sectorielle ;
- challenges et opportunités ;
- sobriété.

Merci à tous pour votre participation, en présentiel et à distance, qui, j'en suis certaine, contribuera à la richesse des échanges de cette journée. Un moment est dédié à la fin de chaque présentation pour prendre vos questions, y compris en ligne. Donc n'hésitez pas. Vous pourrez retrouver l'intégralité de cette journée sur notre chaîne YouTube.

J'en profite également pour vous inviter à mettre votre téléphone en mode silencieux, afin de ne pas déranger les présentations en cours. Et place maintenant au 24<sup>e</sup> congrès et à l'introduction de cette journée par Madame Nadia MAÏZI, directrice du CMA et de la Chaire Modélisation Prospective au service du développement durable et auteure principale du 6<sup>e</sup> rapport du GIEC. Merci.

# **Partie 1**

## **Prospective énergétique**

---

# Introduction à la prospective

---

Nadia MAÏZI

Congrès OSE 2024  
PSL | OSE



Quel avenir pour les énergies fossiles ?

Introduction à la prospective



Mme. Nadia MAÏZI

Directrice du CMA et de la Chaire MPDD,  
Auteure principale du 6<sup>e</sup> rapport du GIEC



Sponsorisé par : 

Bonjour à tous.

Tout d'abord, félicitations aux élèves pour avoir organisé le 24<sup>e</sup> congrès du Mastère Spécialisé OSE, le 24 septembre 2024. Je trouve que c'est assez fort. Je ne sais pas si c'était voulu.

Je vais vous faire une brève introduction pour rappeler comment se formalise la prospective et ce qu'on peut en faire par rapport aux enjeux des discussions d'aujourd'hui, en particulier cette question de l'énergie et des énergies fossiles.

La question de la prospective, c'est la question de notre position par rapport au futur. Et quand on commence à aborder les enjeux de modélisation, les enjeux de trajectoire, on oublie complètement comment on se positionne par rapport au futur et ce qu'on attend de cette exploration du futur.

C'est vraiment dommage. Et je pense que ce qui est important, c'est de repositionner cette question dans une perspective où l'exploration du futur doit mener à la prise de décision. Si on fait une analogie avec le joueur d'échecs, jeu que vous ne pratiquez

peut-être pas tous mais dont vous connaissez les règles: quand je joue aux échecs face à un adversaire et que je dois prendre une décision pour le prochain coup, je dois évaluer toutes les possibilités de jeu qu'a l'adversaire en face de moi et je dois anticiper ce qu'il va avoir comme réaction par rapport à cet ensemble de possibilités.

Pour rejoindre les inspirateurs de cette prospective à la française – parmi lesquels Pierre MASSÉ, premier commissaire général au Plan, dans les années 1950 – cette idée d'anticiper toutes les stratégies ne peut s'appuyer que sur une exploration du futur, avec la difficulté que, par rapport à un joueur d'échecs, nous sommes dans un monde en mouvement. Il y a une accélération. En fait, les règles du jeu vont se transformer en permanence et les pièces de ce jeu vont également se modifier. Elles vont changer de nombre et de nature et leur potentialité sur l'échiquier va être bien différente des règles établies au départ.

On voit qu'on est dans une perspective beaucoup plus compliquée quand il s'agit de parler du futur. Je parle de la civilisation, mais aussi de l'ensemble des systèmes qui vont nous préoccuper et qui sont en lien entre énergie, climat et biodiversité. C'est un élément que, désormais, il faut qu'on ait en ligne de mire.

Un autre père fondateur de la prospective, très important à mes yeux, Gaston BERGER, écrivait, et je pense que cette formule résume totalement la vision qu'il faut adopter par rapport à ce regard vers le futur: «Notre civilisation est une voiture accélérant constamment sur une route inconnue, la nuit. Elle va avoir besoin de phares de plus en plus puissants, qui permettent de voir de plus en plus loin, pour éviter le désastre.»

C'est une attitude très importante parce qu'elle dit qu'on se positionne face au futur et que si on veut l'éclairer, c'est parce qu'on veut agir sur ce futur. Ce qui est très différent d'autres types de position par rapport auxquels on marche à reculons et on ne veut pas prendre en compte ce qui va potentiellement arriver. Donc, regarder le futur en face, c'est le comprendre dans sa structure, c'est lui projeter des éléments qui ne sont pas forcément le prolongement d'éléments qui se sont produits jusqu'à aujourd'hui et c'est donc comprendre qu'il va y avoir une nuance entre faire de la prospective, prédire et faire de la rétrospective. Très souvent un amalgame est fait entre «je vous propose une étude prospective» et le décideur en face qui va comprendre «donc, vous allez me dire ce qu'il va se passer dans le futur».

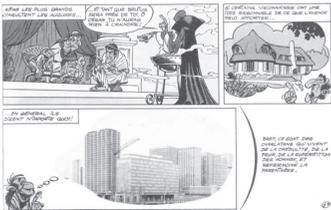
Personne ne sait ce qu'il va se passer dans le futur. Donc cette idée de prévision et de prédiction doit être distinguée de cette approche prospective, puisque la prospective, est un projet à long terme et la prévision est quelque chose qu'on va réaliser sur le très court terme. J'en profite pour enfoncer le clou et dire ce que sont la prévision et la prédiction, qui sont utilisées depuis la Nuit des temps pour rassurer le citoyen, le décideur, à travers d'abord des oracles, puis l'utilisation de ces fameuses trajectoires

dont certains pensent qu’elles écrivent exactement ce qu’il va se passer. On a bien appris, grâce à Uderzo, que la pratique du devin est parfois proche du charlatanisme et, bien sûr, on va s’éloigner de ce type d’approche tout en s’inspirant quand même de cette idée de prédiction. Je reviendrai là-dessus.

**FORECAST AND PREDICTION DIFFER FROM PROSPECTIVE**

**The demand for prediction**

- addressed to oracles (4th millennium BC)
- followed by the forecast through scientific approaches enabling the calculation of trajectories (stars, cannonballs, rockets, temperature weather)



Uderzo, Goscinny: Le Devin (The Psychic).

**Forecasting imposes the future.**

The Transition Institute 1.5

J’ai dit aussi qu’il fallait se démarquer de la rétrospective. Qu’est-ce que c’est? C’est être fasciné par le passé. Donc on va se tourner vers le passé et faire des extrapolations. On va regarder quelles ont été les tendances et comment les différents événements se sont produits et on va les projeter vers le futur. Cette façon de penser que tout va continuer à se passer comme avant, c’est quelque chose dont il faut s’éloigner quand on fait de la prospective, puisque, en fait, on essaie plutôt d’éclairer l’originalité de ce qui risque d’arriver dans la diversité des potentialités.

Ce sont donc deux éléments qui sont distincts de la prospective, mais sur lesquels on peut travailler. Utiliser la prévision pour savoir où je vais poser le prochain pied, tout en regardant beaucoup plus loin, en faisant mon éclairage prospectif; utiliser la rétrospective pour essayer de projeter des invariants, un peu comme en physique. On évalue les invariants, notre analyse du passé, et on va essayer de décliner dessus des situations originales.

C’est un art dont on peut parler philosophiquement, mais qu’on peut essayer aussi d’aborder avec l’utilisation de modèles.

Pour synthétiser, l’idée est qu’à partir de notre connaissance du présent et du passé, d’explorer le futur. Et pour quoi faire? Parce que c’est très important. Il ne suffit pas de juste explorer le futur de manière libre, mais avec l’objectif de pouvoir aider le décideur, grâce à cet examen des évolutions possibles en fonction de différents types d’hypothèses, à appréhender la diversité des situations auxquelles il devra faire face.

Éventuellement, le décideur, avec ces éléments, peut trancher, prendre un risque, choisir et agir. Je vous rassure, cela arrive assez peu souvent. L'idée de la prospective, c'est de regarder en avant et ce regard sera le premier pas de l'action. Maintenant nous allons essayer de comprendre pour quoi faire dans le cadre qui va agiter les débats de la journée.

L'idée est de se positionner dans ce narratif de la transition. Aujourd'hui, je parlerai plus précisément de la transition que l'on dit énergétique, dans un contexte de crise climatique multiforme, sur laquelle je ne reviendrai pas.

#### CHANGING CONCERNS FOR THE FUTURE

A combination of the following preoccupations led to the modeling of issues related to the greenhouse effect:

- The problem of **managing major technical systems** resulting from the application of operational research in the military field
- The problem of **development** (in the sense of models of developing economies)
- The discussion on the theme of **growth and its limits** (*Limits to growth*)
- The management of systems, technologies and **finite resources** starting from the 1973 **energy crisis**
- The question of **global pollution and greenhouse gases**

The Transition Institute 1.5

Ce qu'il faut comprendre, c'est que les préoccupations par rapport au futur ont évolué au cours du temps pour en arriver à ce qu'elles sont aujourd'hui. Elles ont été motivées par des contextes qui sont d'abord allés, dans les années 1950, sur la question de l'opération de grands systèmes techniques, avec un grand effort dans la recherche, parce que, chaque fois qu'il y a des conflits, il y a un afflux de fonds. Et cela a été l'objet du développement de tout ce qu'on appelle la recherche opérationnelle.

Ensuite se sont greffées les questions de développement avec les économies émergentes et la prise en compte de disparités dans les évolutions économiques. Dans les années 1970, ont émergé les questions de limite à la croissance et, à partir de 1973 et la première crise de l'énergie, ce sont les questions de finitude des ressources fossiles qui ont fait l'objet de débats, pour ensuite émerger en liaison avec les questions environnementales.

Derrière toute cette trame de questionnement, il y a des développements d'exploration du futur qui sont réalisés, avec des modèles qui vont parler de chacun de ces éléments. Je vais essayer de vous donner la perspective de ce à quoi les débats doivent faire face. Nous sommes rentrés dans ce qu'on appelle l'âge des transitions. De toutes sortes: des transitions sociales, numériques, écologiques. Et ce terme a été assez galvaudé

dans le sens où il va correspondre à des choses très diverses et projeter des visions très différentes de ce à quoi à cette transition correspond. Et c'est très perturbant, parce que si on n'est pas d'accord sur le terme et sa représentation et si on n'est pas non plus d'accord sur l'avenir vers lequel on veut aller, on va avoir beaucoup de mal à se mettre d'accord sur les solutions qu'il va falloir mettre en œuvre.

Il y a plusieurs écoles, au niveau historique, qui parlent de ces enjeux de transition énergétique. Certains disent qu'il n'y a jamais de transition et qu'on a vu, dans le domaine de l'énergie, que des additions de vecteurs ; d'autres disent que dans certains endroits, l'énergie a été l'objet d'un développement économique harmonieux. Mais ce qui est intéressant, c'est que l'évolution à laquelle on fait face, c'est une évolution qui a toujours été drivée par « plus d'énergie pour plus de richesses ».

Aujourd'hui, on est dans une rupture et dans une nécessité dans laquelle on a à la fois cette idée de considérer l'énergie comme elle a été considérée jusqu'à présent – c'est-à-dire, pour certains, comme un vecteur de progrès et un vecteur de richesse – et en même temps, de s'immerger dans un monde dans lequel le climat et son changement sont en train de créer des menaces qui sont à prendre en compte de manière très sérieuse pour ne pas avoir un déclin civilisationnel assez fort.

Je pense qu'aujourd'hui, ce qui peut être intéressant, c'est qu'on arrive à comprendre les enjeux derrière la question précise des fossiles pour savoir si on est capable d'arriver à un consensus sur l'intégration de ce vecteur dans la discussion, pour essayer de converger vers un futur qui soit compatible avec tout ce que le GIEC, non pas vous a dit, mais a évalué de la connaissance de la science, jusqu'à aujourd'hui.

### Modératrice

Merci beaucoup Madame Nadia MAÏZI pour cette introduction qui nous permet maintenant d'appréhender au mieux le premier thème de la journée « Prospective énergétique ». Et pour la première présentation sur ce thème, nous avons le plaisir d'accueillir Madame Yasmine ARSALANE, analyste experte à l'AIE, pour nous présenter les projections sur la demande et la production d'énergies fossiles du World Energy Outlook.