

Le nouveau nucléaire

G. Cognet

Expert en énergie nucléaire et stratégie énergétique

Expert de justice près la

Cour d'Appel de Nîmes et la Cour d'Appel administrative de Marseille

Ancien Conseiller Nucléaire près des Ambassades de France en
Europe de l'Est et en Turquie

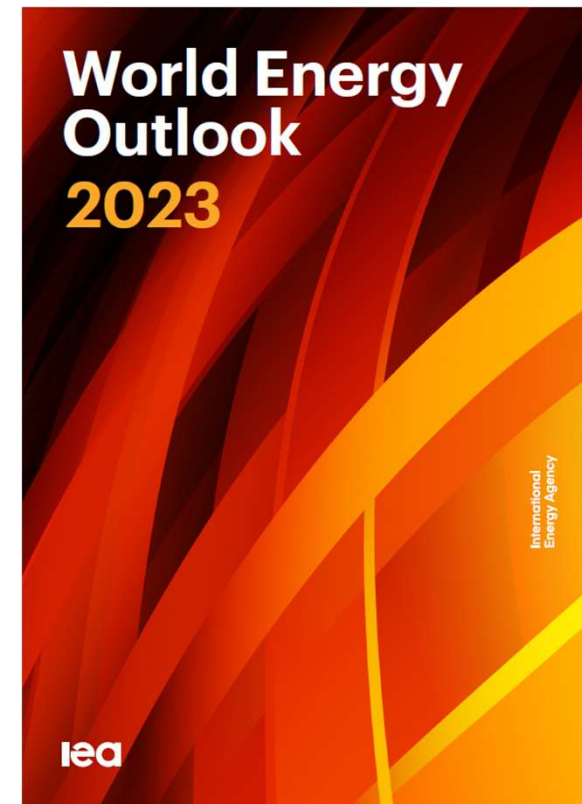
Sommaire

- **L'évolution de la demande en énergie**
- **2022: Changement de paradigme**
- **Les projections à 2050**
- **Evolution des positions**
- **Les objectifs français**
- **France 2030**
- **Les SMRs**
- **Conclusions**

Evolution de la demande en énergie

According to WEO 2023, the pathway to a 1.5 °C limit on global warming is very tough, but it remains open

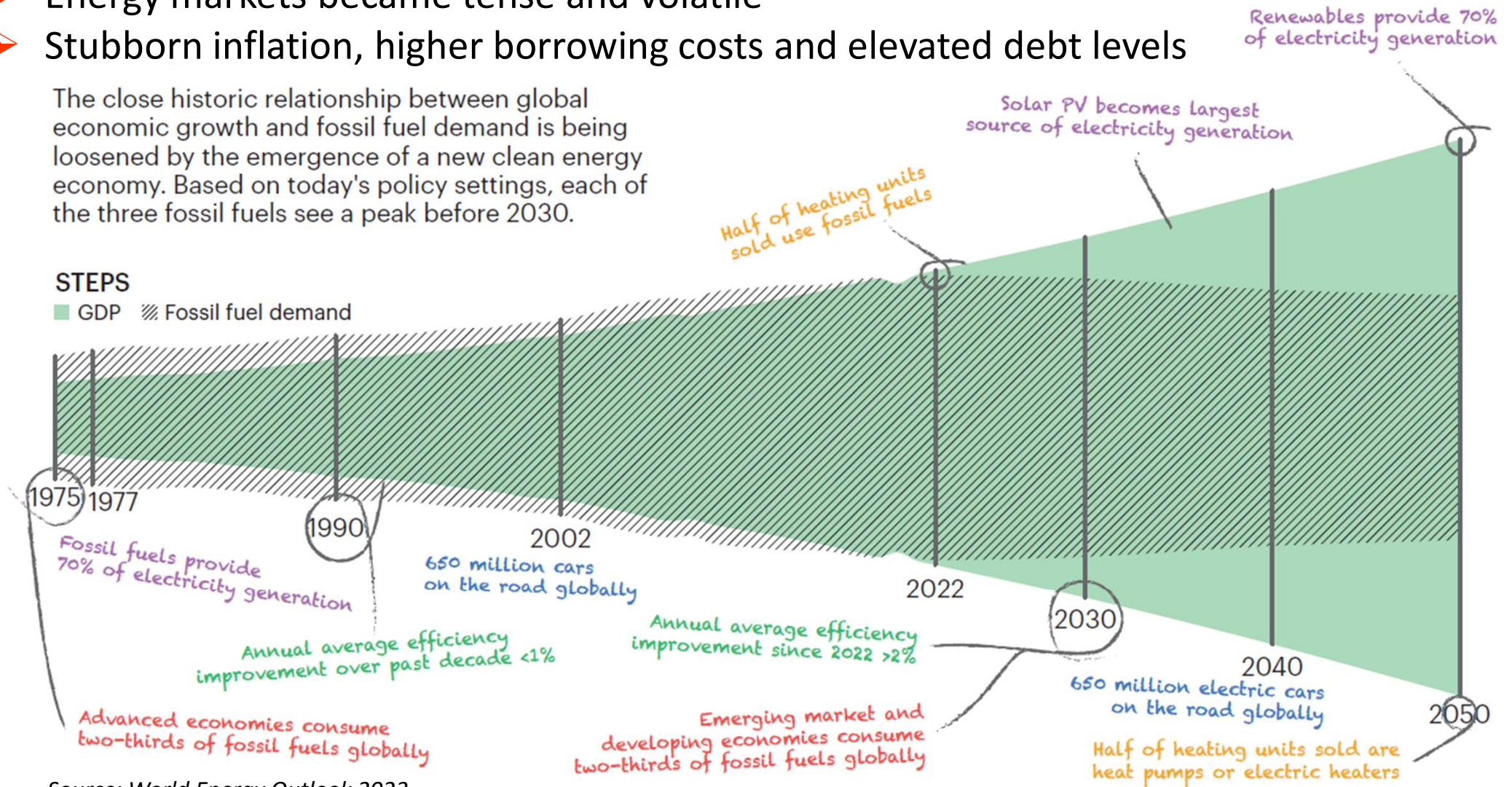
- The **Stated Policies Scenario** (STEPS) is designed to provide a sense of the prevailing direction of energy system progression, based on a detailed review of the current policy landscape. It explores how energy systems evolve under current policies and private sector momentum without additional policy implementation.
- The **Announced Pledges Scenario** (APS) assumes that governments will meet, in full and on time, the climate commitments they have made, including their longer-term net zero emissions targets.
- The **Net Zero Emissions by 2050 (NZE) Scenario** depicts a narrow but achievable pathway for the global energy sector to reach net zero energy-related CO₂ emissions by 2050 by deploying a wide portfolio of clean energy technologies. It is consistent with limiting the global temperature rise to 1.5 °C (with at least a 50% probability) with limited overshoot.



2022, une année spéciale pour l'énergie

- Invasion of Ukraine
- Fossil fuel prices reached peaks
- Energy markets became tense and volatile
- Stubborn inflation, higher borrowing costs and elevated debt levels

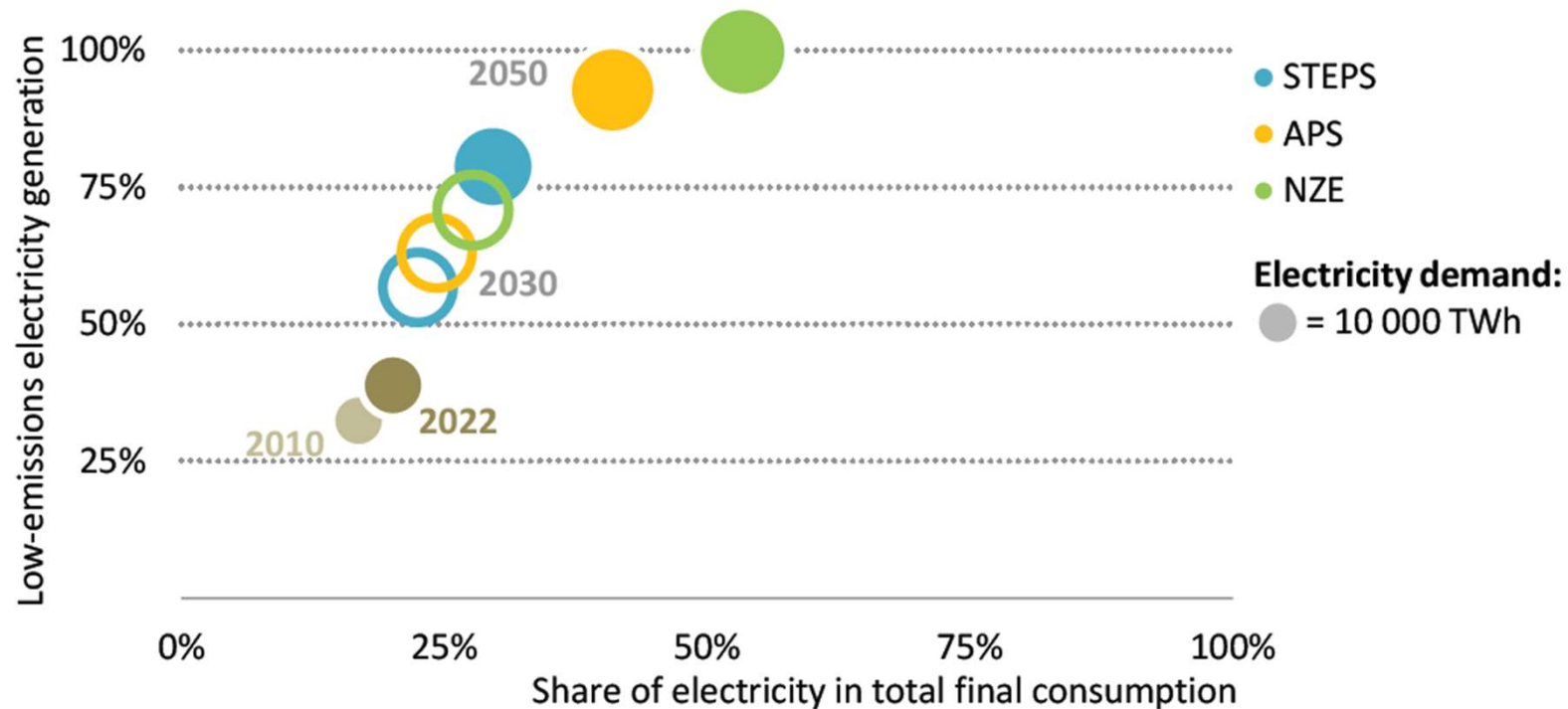
The close historic relationship between global economic growth and fossil fuel demand is being loosened by the emergence of a new clean energy economy. Based on today's policy settings, each of the three fossil fuels see a peak before 2030.



Source: World Energy Outlook 2023

Dans tous les scénarios, l'électrification accélère (1/2)

- ✓ Electrification is a key contributor to reductions in fossil fuel demand, alongside efficiency improvements and greater use of low-emissions fuels.
- ✓ The **share of electricity in total final consumption goes from 20% today to 41% in the APS** and over 50% in the NZE Scenario by 2050.



IEA. CC BY 4.0.

Power sector decarbonisation advances more rapidly than end-use electrification in each scenario, but both are key pillars of the transition to a clean energy economy

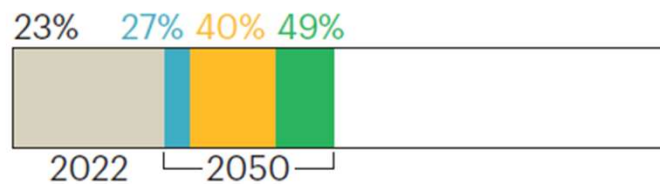
Notes: TWh = terawatt-hours. Bubble size is proportional to total electricity demand.

Source: World Energy Outlook 2023

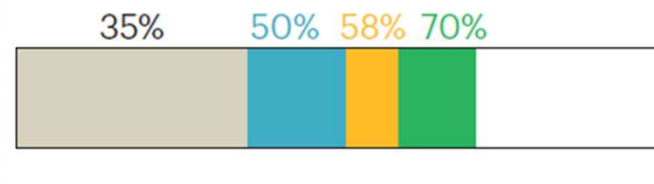
Dans tous les scénarios, l'électrification accélère (2/2)

Electrification is accelerating in all sectors

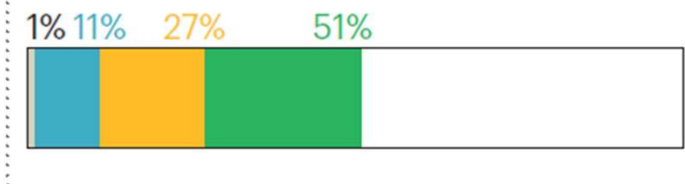
Share of electricity in industry



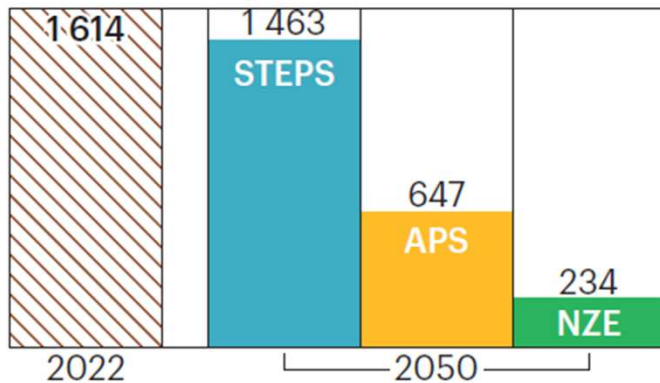
Share of electricity in buildings



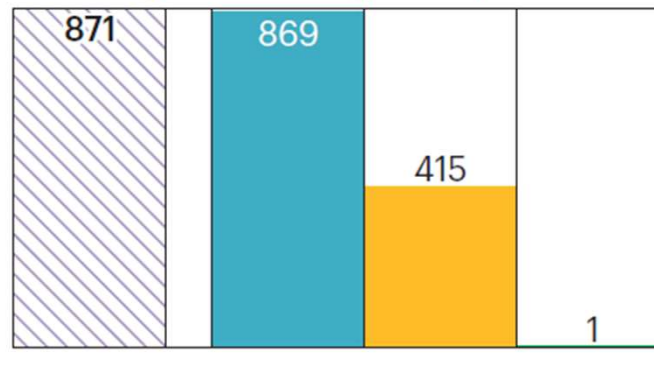
Share of electricity in transport



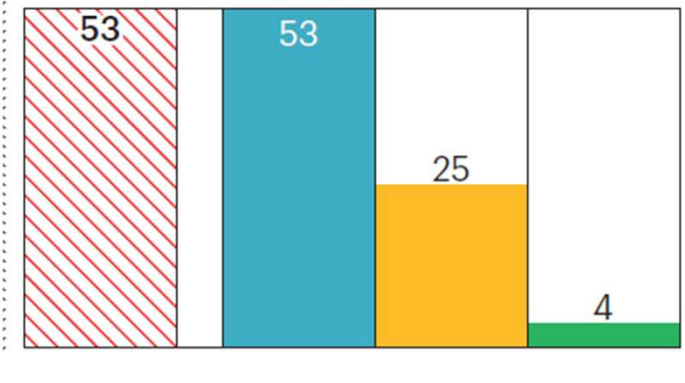
Coal in industry (Mtce)



Natural gas in buildings (bcm)

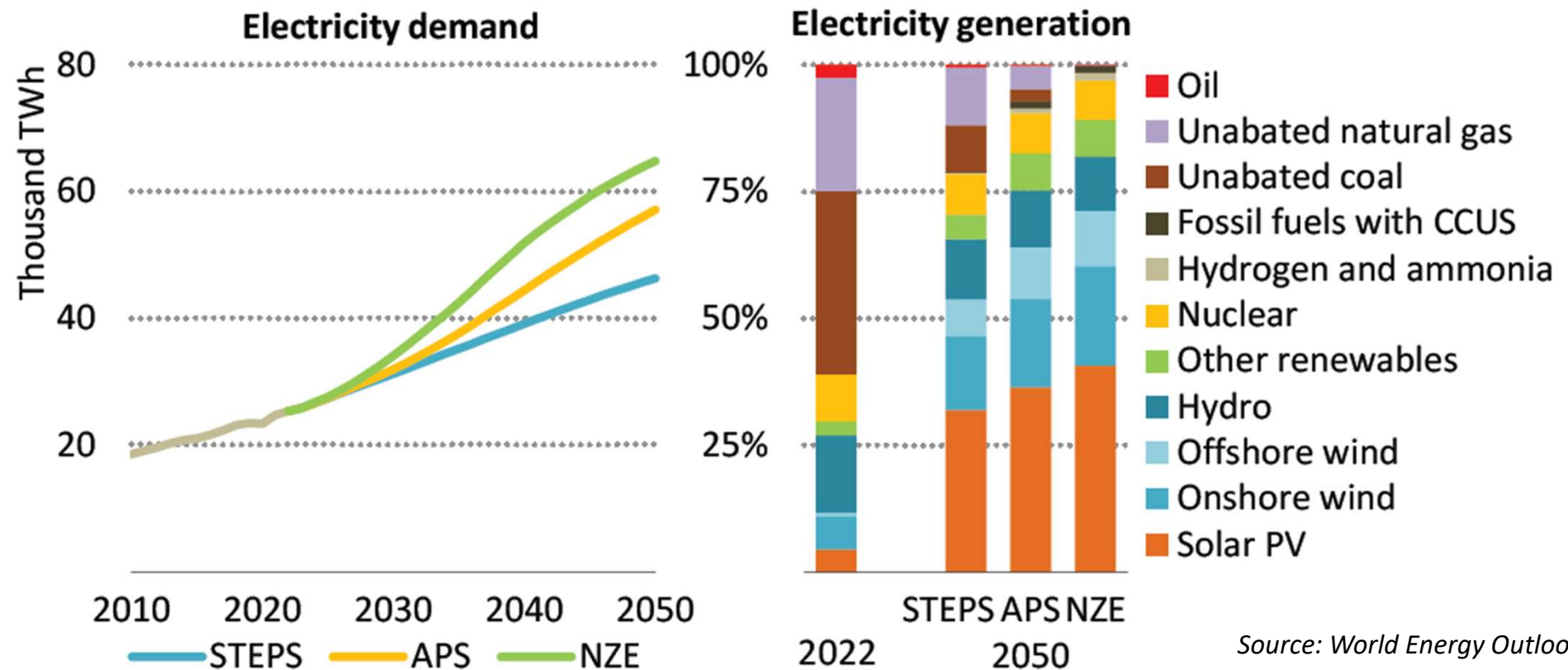


Oil in transport (mb/d)



Source: World Energy Outlook 2023

Forte croissance des énergies faiblement émitrices de CO₂



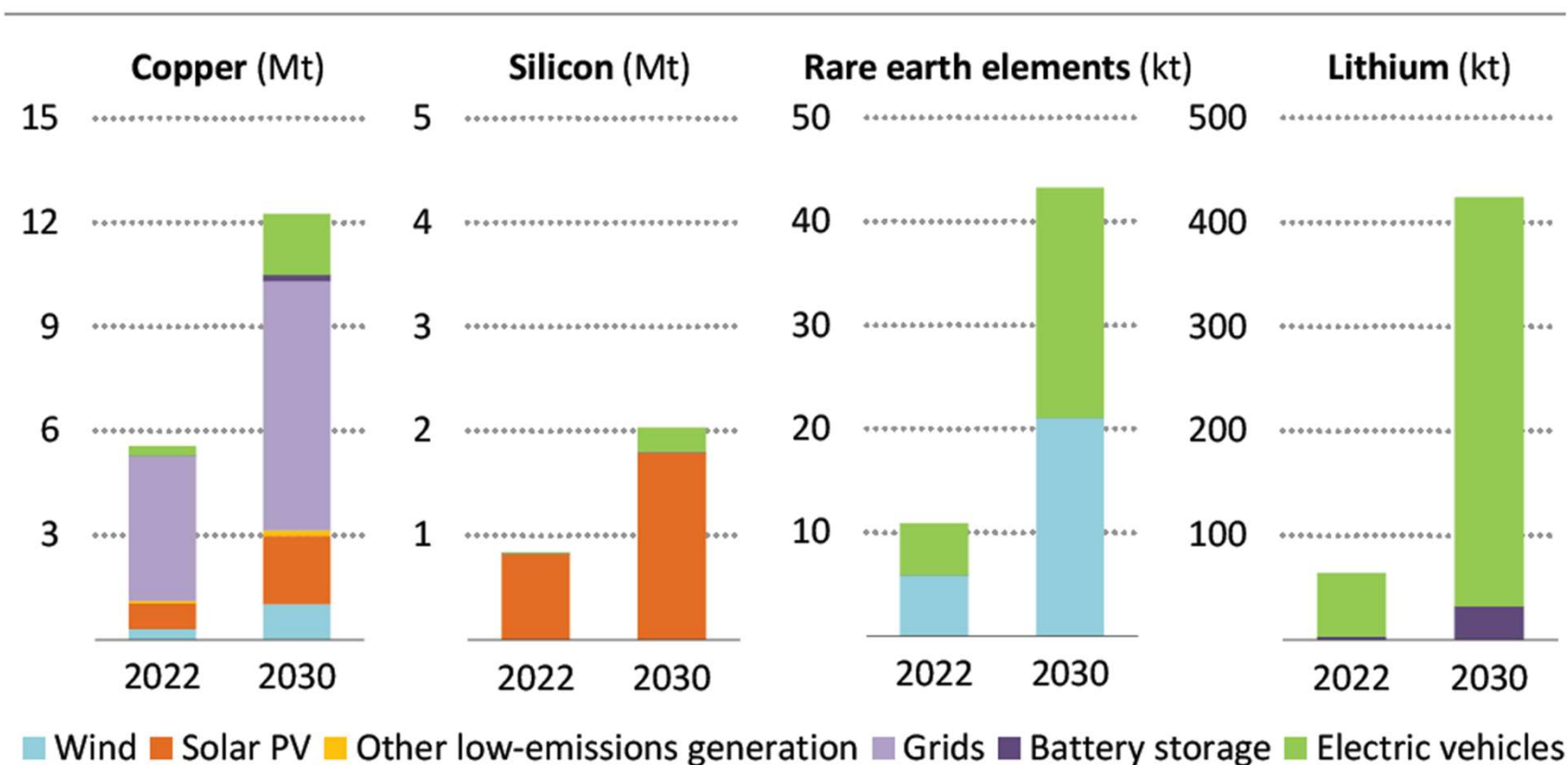
IEA. CC BY 4.0.

Electricity demand rises over 80% to more than 150% by 2050 across scenarios and is met increasingly by low-emissions sources at the expense of unabated coal and natural gas

Notes: TWh = terawatt-hours. Other renewables include bioenergy and renewable waste, geothermal, concentrating solar power and marine power.

Forte croissance de la demande en matériaux critiques

(scénario APS, 2022 et 2030)



Source: World Energy Outlook 2023

IEA. CC BY 4.0.

Electrification raises demand for key critical minerals by two- to seven-times by 2030

Notes: Mt = million tonnes; kt = kilotonnes. Battery storage is limited to utility-scale systems.

Moreover, as the world moves towards a more electrified, renewables-based system, security of electricity supply is also paramount → hydropower and nuclear

Développements majeurs récents dans les politiques d'électrification

Region	Major policy	Combined impact on outlook for:			
		Renewables	Nuclear	Unabated natural gas	Unabated coal
China	14th Five-year Plan and updated Nationally Determined Contribution	●	●	●	●
India	Revised Nationally Determined Contribution aiming for 50% non-fossil power generation capacity by 2030	●	●	●	●
European Union	Renewable Energy Directive III (42.5% of gross final consumption in 2030), including nuclear-based hydrogen	●	●	●	●
United States	Inflation Reduction Act with USD 370 billion for clean energy technologies	●	●	●	●
Canada	Investment Tax Credits for electricity, hydrogen, CCUS and manufacturing	●	●	●	●
Korea	10th Basic Plan for Long-term Electricity Supply and Demand	●	●	●	●
Japan	6th Strategic Energy Plan and Green Transformation (GX) policy initiative	●	●	●	●



Favourable



Unfavourable



Neutral

Source: World Energy Outlook 2023

2022: Changement de paradigme Evolution des positions



6 au 18 novembre 2022

Fatih Birol, Directeur exécutif de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)

“Countries that were saying goodbye to nuclear power, they are rethinking their plans. ...The IEA had been engaged in talks with both Belgium and Germany; we are very happy that both governments are now in the process of postponing their nuclear phaseout plans, understanding the role that nuclear plays in addressing this energy security challenge”.

“ In addition, to respond to this challenge, a group of countries is now considering extending the lifetime of their existing nuclear power reactors and other are rolling out plans to build new reactors”,

En France, lancement du nouveau programme nucléaire

Extraits de discours du Président de la République

- 10/02/2022, Belfort: **Lancement de la construction de six réacteurs EPR-2 d'ici à 2035.** Huit supplémentaires pourraient être construits d'ici à 2050. Cette stratégie est complétée par la prolongation du parc existant et le **soutien aux réacteurs modulaires (SMRs).**
- 22/09/2022, Saint-Nazaire: « La France doit sérieusement **accélérer** le calendrier de ses chantiers énergétiques - du nucléaire à l'éolien en passant par le solaire ».





Volet nucléaire de France 2030

France 2030 investit environ 1,2 Md€ de fonds publics

1) Accompagner le développement de réacteurs nucléaires innovants et l'émergence de nouveaux acteurs

- Soutenir le développement d'un projet de SMR européen porté par la filière française → Nuward
- Soutenir de nouveaux concepts complets de réacteurs nucléaires innovants, dans les domaines de la fission et de la fusion nucléaires
 - ✓ AAP Bpifrance « Réacteurs nucléaires innovants » → 28/06/ 2023

2) Développer des solutions innovantes pour la gestion des matières et déchets radioactifs ainsi que la recherche d'alternatives au stockage géologique profond

- AAP Bpifrance « innovation dans la gestion des déchets radioactifs » (09/12/2022): 40 projets lauréats ont été retenus, représentant 134,9 M€ d'investissements, soutenus à hauteur de 71,7 M€ par l'Etat

3) Confirmer la faisabilité du multi-recyclage en réacteurs à eau pressurisée

4) Soutenir les efforts d'innovation de la filière par le déploiement d'outils de recherche performants et renouvelés



Huit SMRs lauréats France 2030

Outre **Nuward**, 8 SMRs ont été sélectionnés dans le cadre de l'AAP Bpifrance « Réacteurs nucléaires innovants » : 4 RNR, 2HTR et 2 spécifiques (1 fusion et 1 dédié chauffage)

- **Naarea** : réacteur à neutrons rapides à caloporteur sels fondus
- **Newcleo** : réacteur à neutrons rapides à caloporteur plomb
- **Jimmy Energy** : réacteur à haute température (HTR)
- **Renaissance Fusion** : fusion nucléaire en stellarator
- **Calogéna** : réacteur à eau légère dédié au chauffage urbain
- **Hexana** : réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium
- **Otrera Nuclear Energy**: réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium
- **Blue Capsule** : réacteur à haute température à caloporteur sodium

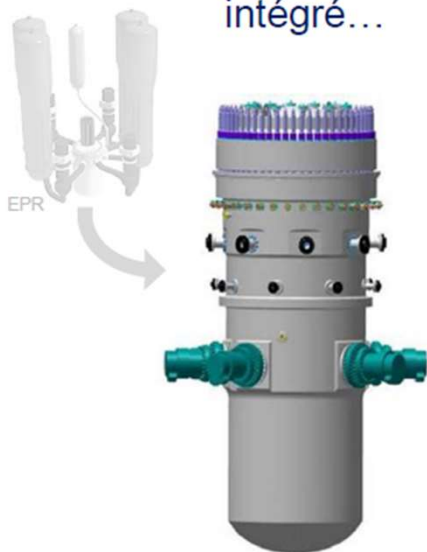


NUWARD, Un réacteur de génération 3+ conçu à partir des meilleurs standards de sûreté

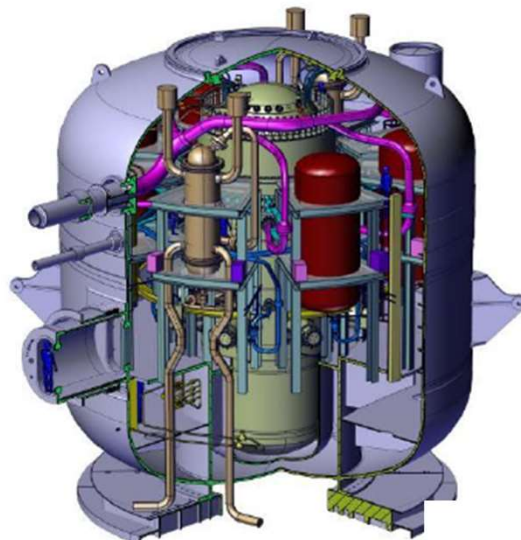


-  Une puissance nominale de 340 MWe (2 réacteurs intégrés de 540 MWth, combustible UO₂ enrichi à moins de 5%).
-  Design modulaires et standardisé, pour un assemblage en usine et un délai de chantier réduit au maximum.
-  Sûreté passive pour garantir l'absence de contre-mesures au-delà des limites du site (incl. en postulant une situation accidentelle).
-  Optimisation de l'intégration dans le paysage et de l'impact environnemental.
-  Design international pour satisfaire les exigences de multiples autorités de sûreté sans re-design important.
-  Cible de 1^{er} béton de la centrale de référence en France en 2030.
-  Polyvalence by-design pour l'usage en cogénération, production d'hydrogène, désalinisation, capture et valorisation du CO₂.

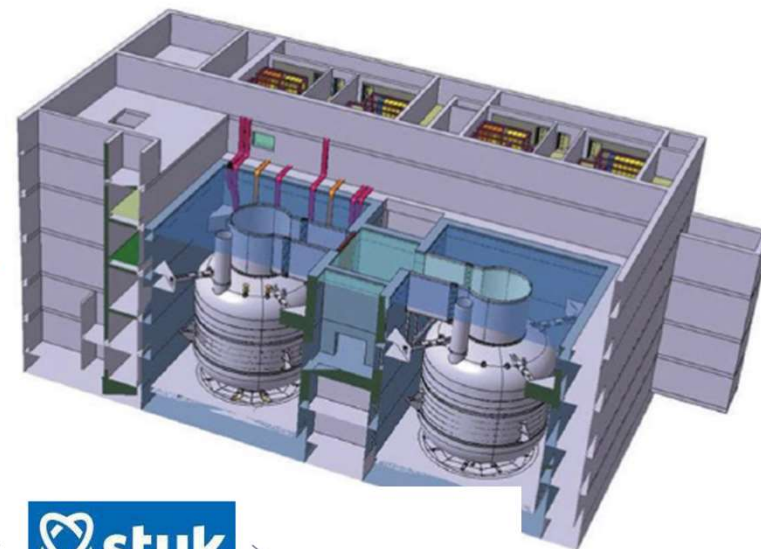
Un réacteur
intégré...



...dans une enceinte métallique
immergée dans un bassin d'eau



... installé dans un îlot nucléaire
comportant 2 réacteurs de 170MWe
et une piscine d'entreposage

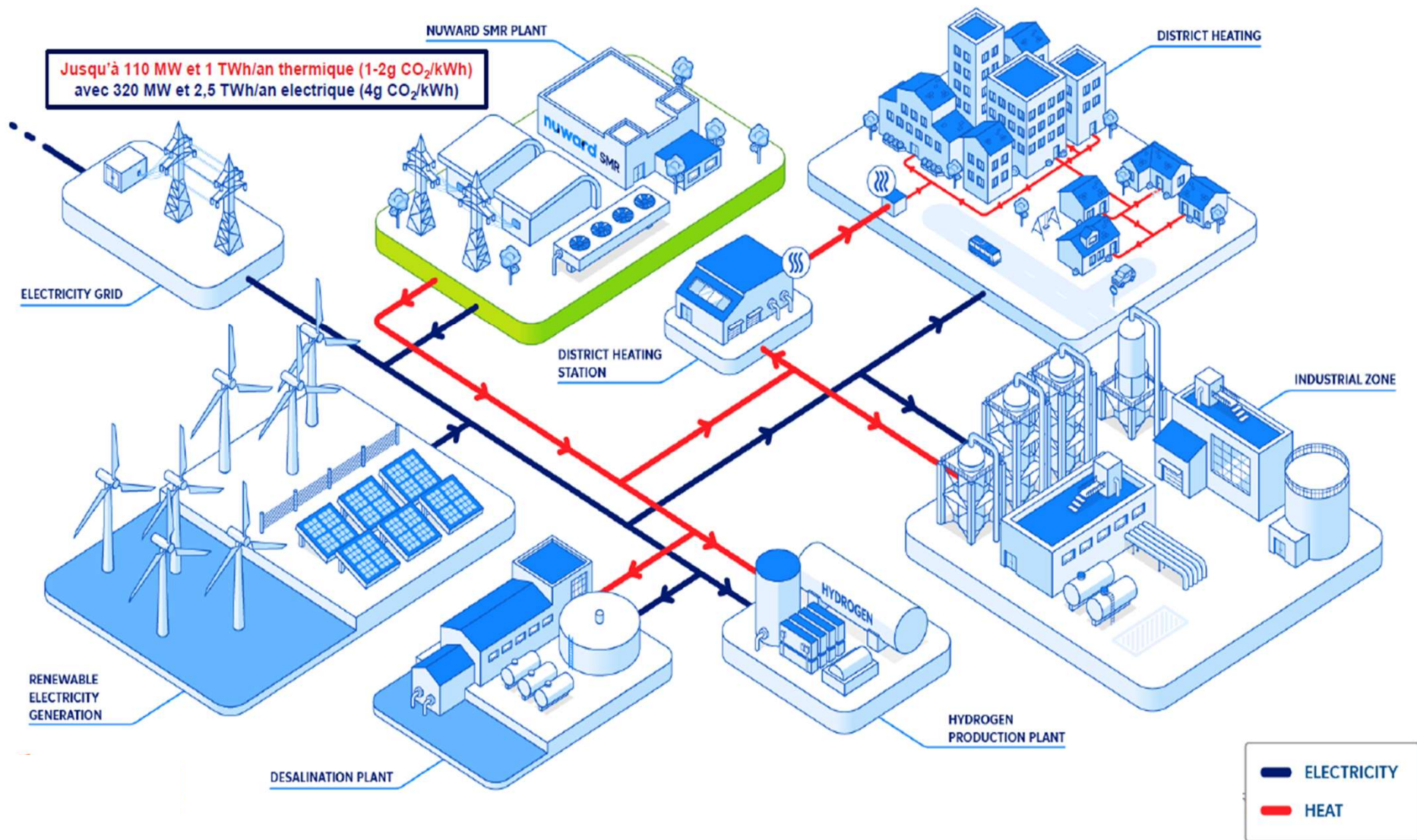


**NUWARD fait l'objet d'une pré-évaluation
conjointe par 3 Autorités de sûreté
européennes**



nuward SMR







CALOGENA, un réacteur dédié au chauffage urbain



The *France 2030* call for nuclear projects opens an opportunity to develop innovative solutions that could effectively contribute to the **decarbonization of the energy sector**.

In this context, **a small modular nuclear reactor is proposed here, designed specifically for urban heating**, a sector that is still very carbon-intensive.

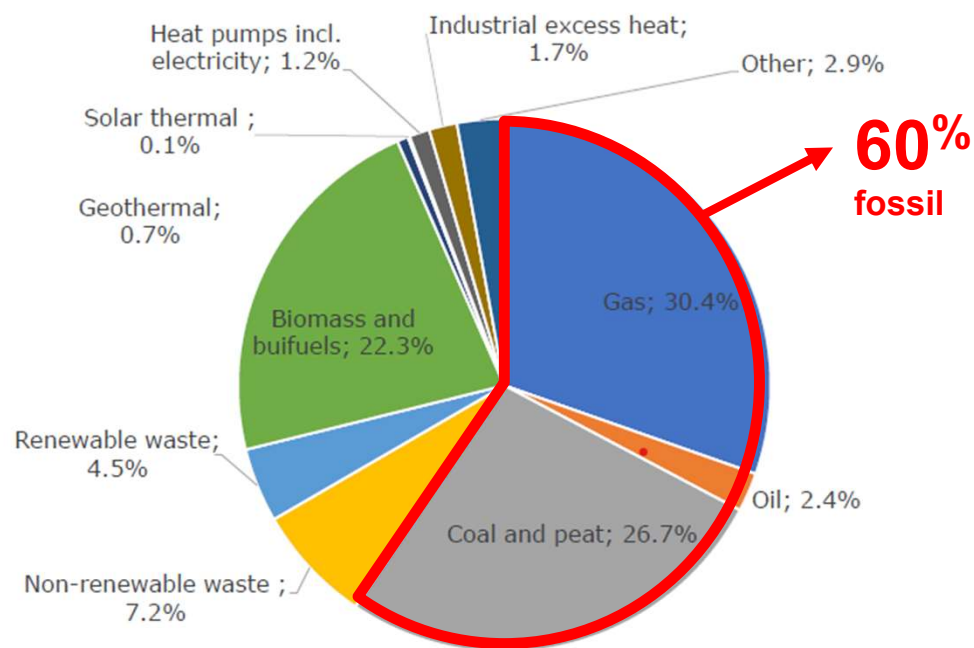
Contacts with **heating network operators** and communities of municipalities, the first elements of technical validation, market studies and the business plan are **positive and therefore encouraging**.

For its development and success, the project benefits from the control, agility and industrial dynamism of the **Gorgé group**, associated with the long nuclear experience of a **diverse group of experts**



Le chauffage urbain en Europe, un secteur à décarboniser

EU-27 Energy mix in 2018



The sector is still a high carbon emitter, with **60% of heat production from gas and coal.**

Most low-carbon solutions are linked to **local opportunities.**

Biomass is the only technology that can currently be widely deployed. Coveted by many sectors, it is an energy source that will quickly be limited in terms of available resources, **leading to high prices.**

Heat pumps can also make a contribution, but their use will be limited by **constraints on water resource.**

Energy produced by district heating in Europe:

643 TWh (2018)

Source: Overview of District Heating and Cooling Markets and Regulatory Frameworks under the Revised Renewable Energy Directive, Final Report, EC 2021

Nuclear power can provide an interesting alternative

Reactor power

30 MWth

Outlet temperature of the facility

70-110°C

Lifetime of the facility

> 60 years

Area of the production site

< 3 000 m²

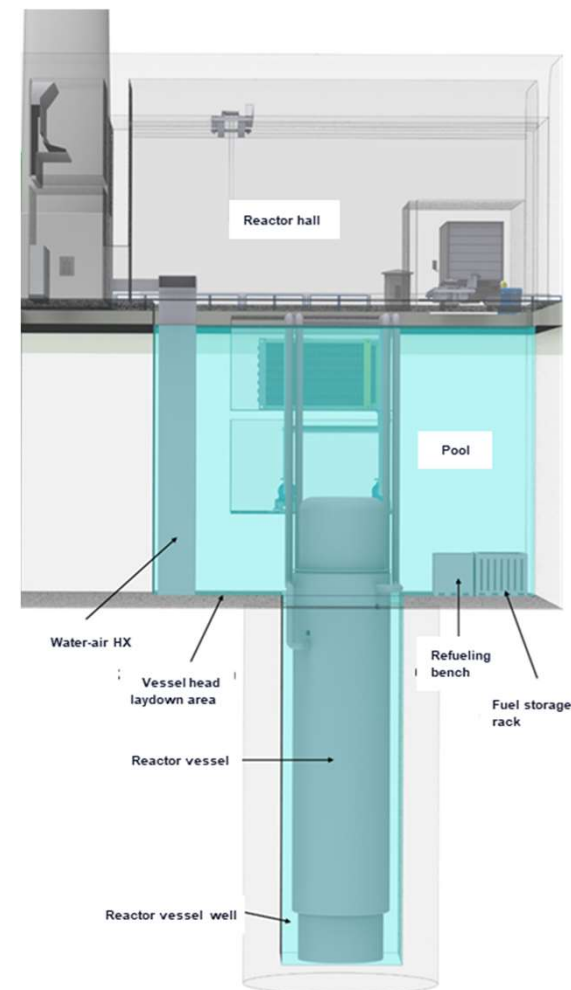
Design derived from pool-type research reactors

Compact primary circuit in a submerged tank, core cooling by natural circulation

Cost of heat produced similar to that of current installations (2020 values, before the runaway prices of fossil fuels and biomass)

Performance and operational flexibility comparable to existing fossil heat sources

Technically indisputable and easy-to-explain safety approach to enable the acceptance of nuclear reactors in peri-urban areas, in projects for which local authorities have considerable weight



Source (2022)	Price (€ / MWh)
Gas	95-100
Oil	83
Coal	85 – 95
Waste Incineration	65
Geothermal	43-63
Biomass	145-175

CALOGENA

CAPEX target: €2500/kWth, i.e. € 75M per reactor

(€ 150M for the prototype)

Target OPEX: €20/MWh (including fuel cost < €8/MWh)

Energy produced by one Calogena module: 157,680 MWh

Price of the heat produced: € 60/MWh

Economic targets estimated based on recently built research reactors around the world and leading to a cost of heat produced that is competitive with current solutions, even without considering carbon credits.

Conclusions

- Le nucléaire est une des solutions pour la sécurité énergétique et pour la décarbonation, il est tout à fait complémentaire aux ENRs
- Le nucléaire a une échelle de temps longue → A l'exception des extensions de durée de vie quand c'est possible, le nucléaire n'est pas la solution pour l'approvisionnement énergétique à court terme
- Les SMRs offrent des solutions innovantes
- Le nouveau nucléaire est en marche



Merci pour votre attention

Gerard.Cognet@outlook.fr