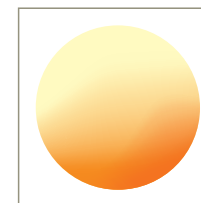


CADARACHE

**Projet
de chaufferie
nucléaire
pour le chauffage
urbain**

Dossier de concertation



CADARACHE

**Projet
de chaufferie
nucléaire
pour le chauffage
urbain**

Concertation préalable
du 28 septembre au 28 novembre 2026

ÉDITO- RIAL

La transition énergétique repose sur trois grands défis : décarboner l'électricité, décarboner le transport et décarboner la chaleur. Si le premier est largement engagé en France, le troisième reste le parent pauvre de la politique énergétique. Se chauffer, produire de l'eau chaude, c'est encore trop souvent dépendre du gaz ou du fioul.

Julien Dereux
Président de Calogena



Dans ce contexte, Calogena a été créée pour mettre l'énergie nucléaire au service d'un usage concret, local et immédiatement utile : le chauffage urbain. Notre conviction est que la technologie nucléaire, forte de plusieurs décennies d'expérience, peut être dédiée, non pas à la production d'électricité, mais à celle de chaleur bas carbone, *via* une chaufferie nucléaire pilotable, compacte et sûre. Aujourd'hui, 80 millions d'Européens sont raccordés à un réseau de chauffage urbain, dont la moitié d'entre eux sont alimentés par du gaz ou du charbon.

Avec le projet de chaufferie nucléaire sur le centre CEA de Cadarache, nous voulons franchir une étape décisive. Le centre CEA de Cadarache offre un cadre particulièrement pertinent : il s'agit d'un site de référence dans le domaine nucléaire, doté d'une culture de sûreté reconnue, d'infrastructures existantes et de compétences techniques de premier plan. Pour Calogena, cette implantation représente l'opportunité de démontrer, en conditions réelles d'exploitation, la viabilité d'un module raccordé à un réseau de chaleur.

Il s'agit à la fois de contribuer à la décarbonation du chauffage du centre, aujourd'hui alimenté au gaz, et de préparer progressivement les conditions industrielles, techniques et organisationnelles qui permettront demain de déployer cette solution pour d'autres réseaux de chaleur en France et en Europe.

Nous savons cependant qu'une telle ambition doit se construire avec celles et ceux qui vivent et travaillent sur les territoires concernés. Développer de nouveaux usages du nucléaire au plus près des besoins des territoires, c'est aussi en débattre localement : expliquer ce que nous proposons, entendre les interrogations, répondre aux inquiétudes, identifier les attentes.

C'est le sens de la concertation préalable que nous engageons, après avoir sollicité de manière volontaire la Commission nationale du débat public (CNDP). Calogena n'est pas tenue d'organiser une telle démarche à ce stade du projet. Nous l'avons choisie parce qu'elle est à la fois utile et nécessaire : utile pour permettre à chacun de disposer d'une information claire sur les objectifs, les caractéristiques et les impacts potentiels de la chaufferie nucléaire envisagée ; nécessaire car nous sommes convaincus que les projets se construisent dans la durée, à travers l'explication et l'écoute.

Je souhaite que ce dossier de concertation constitue une base claire pour ce dialogue. Il présente l'état actuel du projet, ses objectifs, ses choix techniques, son insertion envisagée sur le centre de Cadarache et les principales questions qu'il soulève. Il n'a pas vocation à clore le débat, mais à l'ouvrir. C'est dans cet esprit que Calogena aborde cette concertation : avec la volonté de partager une ambition industrielle et climatique, et la conviction qu'elle ne vaudra que si elle se construit dans la confiance et la transparence du dialogue. Nous vous invitons à participer pleinement à cette démarche et vous remercions par avance pour votre contribution.

LE MOT DU DIRECTEUR DU CENTRE CEA DE CADARACHE



Christophe Bourmaud

Directeur du centre du Commissariat
à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) de Cadarache



Le CEA est un acteur historique et l'une des plus grandes institutions de recherche et de développement technologiques pour l'énergie en Europe. Pour relever les grands défis présents et à venir, le centre mène des recherches scientifiques et techniques dans les domaines des énergies décarbonées, des technologies pour la santé, des technologies de l'information et de la défense et de la sécurité intérieure.

Dans le cadre de l'ambition portée par France 2030 en faveur du développement de réacteurs nucléaires innovants, de nouveaux concepts de réacteurs sont aujourd'hui étudiés afin de compléter les technologies existantes et de répondre à de nouveaux besoins en matière de production d'électricité, de chaleur ou d'usages industriels. Ces projets visent notamment à renforcer la compétitivité de l'énergie produite, la sûreté ou la sécurité nucléaires.

C'est dans cette dynamique que le CEA et Calogena ont signé, en juillet 2025, une lettre d'intention pour réaliser les études d'implantation et de raccordement au réseau de chaleur du centre de Cadarache d'un équipement conçu, construit et exploité par Calogena.

Le CEA intervient dans ce projet en tant qu'hébergeur, en mettant à disposition une parcelle sur son site. Le centre de Cadarache dispose en effet d'infrastructures techniques et logistiques existantes et d'une culture de sûreté reconnue : ces caractéristiques en font un environnement particulièrement adapté pour étudier et accueillir des projets innovants destinés à préparer les solutions énergétiques de demain.

L'accueil d'un projet de cette nature sur le site de Cadarache s'inscrit dans la vocation historique du centre : contribuer à l'émergence de technologies nouvelles et accompagner l'innovation au sein de la filière nucléaire française.

Parce que ces innovations sont appelées à répondre à des besoins concrets des territoires, il est essentiel qu'elles puissent être présentées, expliquées et discutées avec le public : c'est tout l'objet de la concertation préalable organisée par Calogena. ”

LES GARANTS DÉSIGNÉS PAR LA CNDP



Jacques Finetti et Jean-Michel Fourniau

Garants de la concertation préalable

Contact : garants.concertation.calogena@garant-cndp.fr



La CNDP nomme des garants ou des garantes de la concertation que le maître d'ouvrage organise après l'avoir saisie. Dans sa décision du 6 mai 2026, la CNDP a désigné MM. Jacques Finetti et Jean-Michel Fourniau garants de la concertation préalable sur le projet Calogena.

Le rôle des garants est de favoriser la mise en œuvre du droit individuel à l'information et à la participation à l'élaboration des décisions publiques, de prescrire les modalités de la concertation, de servir de recours et de rendre compte de la concertation. Les garants de la concertation sont des personnes neutres et indépendantes chargées de garantir la participation du public, de veiller à sa bonne information et de s'assurer du bon déroulement de la concertation.

Leur lettre de mission rappelle les principes d'une concertation préalable garantie par la CNDP. Elle est disponible sur le site Internet de la CNDP : www.debatpublic.fr/reacteur-nucleaire-smr-et-son-raccordement-au-reseau-de-chaleur-du-site-du-cea-de-cadarache.

La CNDP, une autorité administrative indépendante

La Commission nationale du débat public (CNDP) est l'autorité indépendante chargée de garantir le droit à l'information et à la participation du public sur tout projet susceptible d'avoir un impact significatif sur l'environnement ou l'aménagement du territoire, qu'il soit privé ou public. Pour en savoir plus sur la CNDP : debatpublic.fr.



L'action de la CNDP est guidée par les principes suivants :

- **indépendance** : les garants ne sont pas liés aux parties prenantes concernées par le projet ;
- **neutralité** : les garants ne donnent pas d'avis sur le fond du projet ;
- **transparence** : l'information est complète, sincère et largement diffusée. La concertation est ouverte à tous, les échanges font l'objet de comptes rendus ;
- **égalité** : chaque personne a la possibilité de s'exprimer et de développer ses arguments, sans considération pour son poids politique, social, économique ou autre ;
- **argumentation** : sont retenus les propos argumentés, qui sont expliqués (« je pense ceci parce que... ») ;
- **inclusion** : les modalités d'information et de concertation sont variées et permettent de toucher tous les publics concernés, y compris les personnes les plus éloignées des sphères publiques.

Dans ce cadre, les garants veillent au bon déroulement de la concertation préalable, à la qualité, la sincérité et l'intelligibilité des informations diffusées au public. Ils s'assurent que la concertation permet au public d'être informé, de poser des questions, d'y recevoir des réponses et de présenter ses observations et ses propositions.

À l'issue de la période de concertation préalable, et dans le mois qui suit sa clôture, ils publient leur bilan. Pour toutes questions ou observations sur le dispositif de concertation, les garants se tiennent à la disposition de toute personne, association ou organisme pendant toute la durée de cette concertation. ”

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 10

- 1.1 - Le projet en bref 12
- 1.2 - Le porteur du projet 16

2 LA CONCERTATION PRÉALABLE 18

- 2.1 - Le cadre réglementaire de la concertation préalable 20
- 2.2 - La sollicitation volontaire de la CNDP 20
- 2.3 - Les garants désignés par la CNDP 21
- 2.4 - Le périmètre et la durée de la concertation préalable 21
- 2.5 - Les suites de la concertation préalable 21
- 2.6 - Comment s'informer et participer ? 22

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE 24

- 3.1 - Le nucléaire, colonne vertébrale du mix de production d'électricité français 26
- 3.2 - La relance du nucléaire : un pilier de la stratégie française de décarbonation et de souveraineté énergétique 30
- 3.3 - Le développement des petits réacteurs modulaires (SMR) 34
- 3.4 - Derrière le terme « SMR » : différentes technologies et différents niveaux de maturité 35
- 3.5 - Les SMR calogènes : une application nouvelle d'une technologie éprouvée 36

4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES 38

- 4.1 - Un besoin majeur de décarbonation dans le cadre de la transition énergétique 40
- 4.2 - Les objectifs réglementaires pour le développement des réseaux de chaleur 43
- 4.3 - Un besoin identifié pour compléter les solutions existantes 43
- 4.4 - L'opportunité d'une technologie nucléaire pour décarboner les réseaux de chaleur 44
- 4.5 - Les alternatives technologiques à la solution portée par Calogena 48

5 LE SITE CHOISI POUR L'IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE NUCLÉAIRE : LE CENTRE CEA DE CADARACHE 52

- 5.1 - Le CEA de Cadarache : centre de recherche au cœur de la transition énergétique 54
- 5.2 - L'intérêt d'une chaufferie nucléaire pour le centre CEA de Cadarache 56
- 5.3 - L'implantation de l'installation sur le centre CEA de Cadarache 57
- 5.4 - Le réseau de chaleur existant sur le centre CEA de Cadarache 58
- 5.5 - Les alternatives à l'implantation de la chaufferie nucléaire sur le centre CEA de Cadarache et le scénario « zéro » 59

6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA 60

- 6.1 - La technologie développée par Calogena 62
- 6.2 - Un combustible déjà utilisé dans le parc nucléaire français 64
- 6.3 - Un réacteur calogène en convection naturelle 64
- 6.4 - Les différentes composantes de l'équipement 68
- 6.5 - Le fonctionnement du réacteur 70
- 6.6 - La réaction nucléaire 72

7 L'APPROCHE DE SÛRETÉ ET LA MAÎTRISE DES RISQUES 76

- 7.1 - Des choix de conception orientés par la maîtrise des risques 78
- 7.2 - Les principes de sûreté nucléaire 79
- 7.3 - La gestion de crise 81
- 7.4 - La gestion des matières nucléaires et des déchets 81

8 LES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES 82

- 8.1 - À l'échelle locale 84
- 8.2 - À l'échelle nationale et européenne 84

9 LES EFFETS PRESSENTIS SUR L'ENVIRONNEMENT, LA BIODIVERSITÉ ET L'UTILISATION DES RESSOURCES 86

- 9.1 - L'avancement des études environnementales 88
- 9.2 - La gestion des rejets 89
- 9.3 - L'utilisation du combustible 90
- 9.4 - La consommation des ressources hors combustible 91
- 9.5 - La construction de l'équipement 91
- 9.6 - Le raccordement aux réseaux du centre CEA de Cadarache 92
- 9.7 - Les effets sur l'aménagement et le trafic routier 93
- 9.8 - L'emprise et la taille de l'équipement 94
- 9.9 - Le démantèlement de l'équipement 94

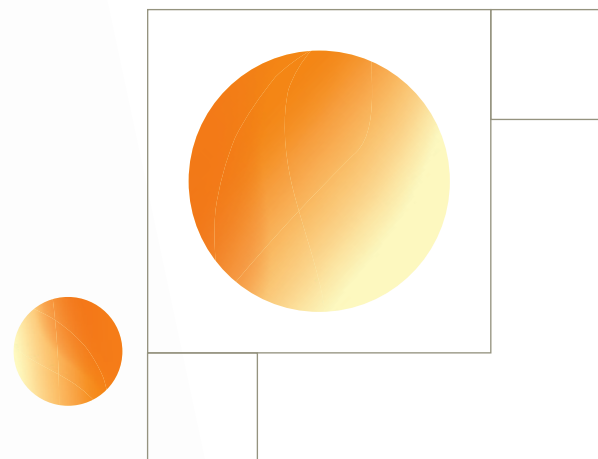
10 MODALITÉS ÉCONOMIQUES ET CALENDRIER DE RÉALISATION 96

- 10.1 - Le coût et le financement du projet 98
- 10.2 - Le modèle économique global et la spécificité du projet de Cadarache 98
- 10.3 - Et à plus long terme ? 100
- 10.4 - Le financement du démantèlement 101
- 10.5 - Le calendrier et le processus décisionnel 102

1



INTRO- DUCTION



1.1 - Le projet en bref	12
Le projet en chiffres	14
La localisation du centre	15
1.2 - Le porteur du projet	16

1.1 - Le projet en bref

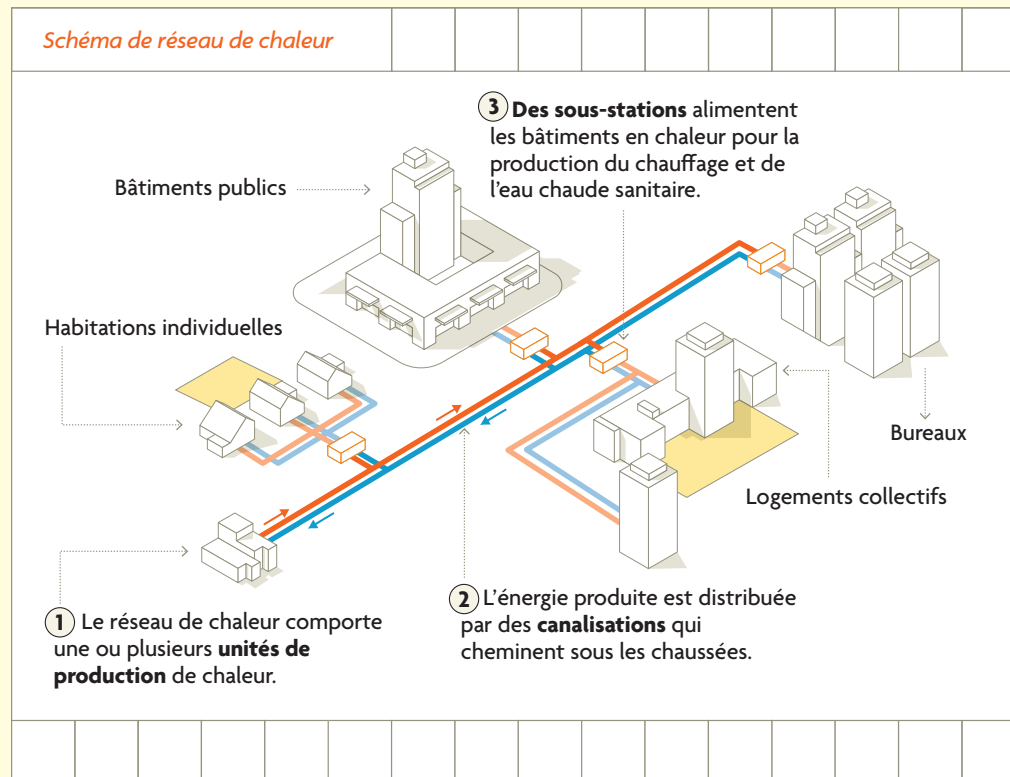
Le projet de chaufferie nucléaire de Cadarache vise la production de chaleur bas carbone. Aujourd'hui, environ un tiers de la chaleur urbaine en France est produit par de l'énergie fossile¹, et près de la moitié en Europe. De manière plus globale, la majorité du chauffage est fossile². Le développement d'une solution à partir d'énergie nucléaire permettrait d'offrir une alternative décarbonée, pilotable et compacte pour distribuer de la chaleur en ville respectueuse de l'environnement.

Qu'est-ce qu'un réseau de chaleur ?

Un réseau de chaleur est un système de chauffage collectif. Il transporte et distribue de l'eau chaude ou de la vapeur d'eau pour fournir du chauffage dans tous les bâtiments qui lui sont raccordés. Mutualisé à l'échelle d'un quartier, voire d'une ou plusieurs villes, il permet de limiter les coûts et la multiplication des installations individuelles de chauffage.

Différentes sources d'énergie peuvent être utilisées pour alimenter les réseaux de chaleur : les énergies fossiles (gaz, fioul, charbon), la biomasse (bois), l'électricité, la géothermie, la chaleur de récupération ou encore le nucléaire, comme le propose Calogena.

Schéma de réseau de chaleur



La chaufferie nucléaire proposée par Calogena repose sur une technologie déjà éprouvée, celle des réacteurs de type « piscine ». L'équipement, de faible puissance, repose sur un concept simple et robuste, à très haut niveau de sûreté. Cette simplicité est permise par la finalité de l'équipement : utiliser la chaleur produite *via* des échangeurs pour la distribuer et répondre aux besoins en eau chaude pour le chauffage.

Dans toute installation nucléaire, l'énergie issue de la fission est d'abord produite sous forme de chaleur. En utilisant directement cette chaleur, l'équipement de Calogena se distingue des centrales nucléaires françaises classiques qui transforment la chaleur produite par l'énergie nucléaire en vapeur puis en électricité, ce qui implique des températures et des pressions plus élevées, une plus grande complexité des systèmes et une déperdition de l'énergie produite.

Que signifie « calogène » ?

Une installation calogène génère de la chaleur, tandis qu'une installation électrogène génère de l'électricité. Ainsi, les centrales nucléaires aujourd'hui en service en France sont électrogènes : elles produisent de l'électricité. Leur puissance est mesurée en mégawatts électriques (MWe).

La solution portée par Calogena est, elle, calogène : elle produit de la chaleur.

Sa puissance est exprimée en mégawatts thermiques (MWth).

Avec les technologies actuelles, il faut environ 3 MWth de chaleur pour produire 1 MWe d'électricité, ce qui illustre les pertes énergétiques liées à l'étape de conversion en électricité.



L'installation prévue par Calogena est pilotable en temps réel
Sa puissance peut être modulée, ce qui permet **une adaptation fine aux variations de la demande.**

En l'absence de demande du réseau de chaleur (l'été, par exemple), la chaufferie est mise à l'arrêt.

La chaufferie nucléaire portée par Calogena fait partie de la famille des SMR (*Small Modular Reactors*), soit des petits réacteurs modulaires. Ils se distinguent des réacteurs nucléaires classiques notamment par :

- leur puissance, qui est largement inférieure ;
- des méthodes de construction basées sur la préfabrication en usine et la modularité ;
- des coûts et des délais de construction significativement moins importants apportés par la modularité, la standardisation et l'effet de série.

À noter qu'il existe des SMR reposant sur des technologies très différentes, plus ou moins avancées et avec des applications variées.

1 - Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid 2025 - FEDENE - Fédération des Services Énergie Environnement et Euroheat & Power, Market Outlook et Eurostat.

2 - En prenant en compte les solutions individuelles à l'image des chaudières au fioul ou au gaz.

1 INTRODUCTION

Une puissance de

30 à 45 MWth

contre plusieurs milliers de MWth (environ 2 700 à 4 500 MWth) pour les réacteurs nucléaires français, dont la puissance électrique est comprise entre 900 et 1 600 MWe.

Une capacité de modulation de puissance étendue allant de

10 à 100 %

qui permet de s'adapter aux variations de la demande.

Une chaleur livrée à une température comprise entre

70 et 110 °C

ce qu'on appelle de la chaleur « à basse température » pour des usages du quotidien.

Une capacité de récupération de

plus de 95 %

de la chaleur produite, contre environ 33 % de rendement pour les centrales nucléaires françaises produisant de l'électricité. Autrement dit, pour produire une unité d'électricité, une centrale nucléaire doit générer environ trois unités de chaleur. En conséquence, près des deux tiers de cette chaleur ne sont pas convertis en électricité.

Une installation conçue pour fonctionner pendant une durée minimale de

60 ans

En chiffres

La localisation

Calogena souhaite implanter un équipement sur le site du centre CEA de Cadarache situé sur la commune de Saint-Paul-lès-Durance dans le département des Bouches-du-Rhône. Ce lieu de référence dans le domaine de la recherche sur l'énergie nucléaire accueille déjà 21 installations nucléaires de base (INB), réunit des compétences de haut niveau et dispose d'une culture forte de sûreté autour des enjeux du nucléaire.

La solution portée par Calogena permettrait de remplacer la chaufferie à gaz existante et d'alimenter le centre de Cadarache en chaleur de façon décarbonée.

Dans ce contexte, le CEA et Calogena ont signé, en juillet 2025, une lettre d'intention pour réaliser les études d'implantation et de raccordement au réseau de chaleur du centre de Cadarache d'un équipement conçu, construit et exploité par Calogena.

La localisation du centre CEA de Cadarache



1.2 - Le porteur du projet

Calogena est une entreprise française, filiale du groupe industriel Gorgé, dont le siège social est à Paris et dont le département technique est situé à Aix-en-Provence. L'équipe de Calogena compte plus de 80 personnes et la société a obtenu plus d'une centaine de millions d'euros de financement à ce jour.

Calogena a été créée en 2021 par la rencontre entre le groupe Gorgé et des experts de la filière du nucléaire ayant occupé des fonctions de premier plan dans les entreprises de l'écosystème nucléaire français et européen. Elle bénéficie d'une gouvernance solide et d'une organisation guidée par la sûreté, la sécurité et la performance.

La solution technologique portée par Calogena bénéficie du soutien de l'État français et de l'Union européenne :

- Calogena est lauréate des phases 1 et 2 de l'appel à projets dédié aux « réacteurs nucléaires innovants » du plan d'investissement France 2030, lancé par le gouvernement français en 2022. L'entreprise a ainsi obtenu au total 53,2 millions d'euros d'aides publiques pour développer sa solution ;
- le projet CityHeat de Calogena a également été sélectionné lors de l'appel à projets de la Commission européenne au sein de l'Alliance industrielle européenne sur les SMR.



Le groupe Gorgé est une entreprise industrielle familiale française fondée en 1990, spécialisée dans les métiers de haute technologie appliquée à la sécurité, à la défense et au nucléaire. Le groupe dispose de deux autres filiales dédiées au nucléaire :

- **Baumert** (fondée en 2006), experte des portes techniques pour la protection des sites nucléaires ;
 - **Seres Technologies** (fondée en 2012), société d'ingénierie spécialisée en maîtrise des risques, notamment en sûreté nucléaire, fournisseur d'acteurs majeurs comme EDF, le CEA, Orano, Framatome, Technicatome et d'autres sociétés sous-traitantes de ces acteurs de premier rang ;
 - Gorgé est par ailleurs un acteur reconnu du secteur de la défense, via sa filiale **Exail**.
- Le groupe Gorgé est présent dans le nucléaire depuis plus de 20 ans, compte 3 500 collaborateurs, dont près de 500 dans la filière nucléaire, et réalise environ 600 millions d'euros de chiffre d'affaires.



Navigation maritime et robotique	Protection des sites à haut risque	Ingénierie et gestion des risques	Conception, construction et exploitation nucléaire
 Leader mondial des drones maritimes	 Expert des portes techniques pour la protection des sites nucléaires	 Spécialiste de la sécurité, de la gestion des risques et de la conception de systèmes complexes	 Chaleur urbaine décarbonée
	 Protection incendie	 Conseil en gestion des risques industriels	

Les filiales du groupe Gorgé



Calogena accueille également à son capital d'autres soutiens industriels et institutionnels :

- **le groupe Snef**, un leader français des métiers d'ingénierie et de management de la construction, spécialisé notamment dans le domaine du nucléaire ;
- **la Banque des Territoires**, une direction de la Caisse des dépôts et consignations qui accompagne les acteurs territoriaux dans la transition énergétique sous la forme de conseils, prêts, investissements en fonds propres, consignations et services bancaires ;
- **Bpifrance**, la banque publique d'investissement qui finance les entreprises à chaque étape de leur développement en crédit, en garantie et en fonds propres.

2



LA CONCERTATION PRÉALABLE

2.1 - Le cadre réglementaire de la concertation préalable	20
2.2 - La sollicitation volontaire de la CNDP	20
2.3 - Les garants désignés par la CNDP	21
2.4 - Le périmètre et la durée de la concertation préalable	21
2.5 - Les suites de la concertation préalable	21
2.6 - Comment s'informer et participer ?	22

2 LA CONCERTATION PRÉALABLE

2.1 - Le cadre réglementaire de la concertation préalable

La concertation préalable est une procédure organisée en amont d'un projet susceptible d'avoir un impact sur l'environnement, le cadre de vie ou l'activité économique d'un territoire. Décrite aux articles L.121-15-1, L.121-16 et L.121-16-1 du Code de l'environnement, elle a notamment pour objectifs :

- d'informer le public de manière claire et transparente sur le projet, ses objectifs et ses caractéristiques ;

- de permettre à chacun de s'exprimer et de formuler des observations dès les premières phases du projet ;
- d'éclairer la décision du maître d'ouvrage grâce aux échanges et aux enseignements issus de la concertation.

2.2 - La sollicitation volontaire de la CNDP

En application de l'article L.121-17 du Code de l'environnement, Calogena a sollicité la CNDP pour la désignation de garants en vue de l'organisation d'une concertation préalable. Compte tenu des caractéristiques du projet de chaufferie nucléaire à Cadarache, cette sollicitation de la CNDP ne constituait pas une obligation réglementaire : **il s'agit d'une démarche volontaire de Calogena.**

La technologie de chaufferie nucléaire portée par Calogena est aujourd'hui peu connue du grand public, et son application est nouvelle. En outre, elle est amenée à terme, par sa nature, à s'implanter à proximité de zones urbaines. Dans ce contexte, il apparaît essentiel d'informer le public, de répondre aux interrogations suscitées par le projet et de recueillir les observations des parties prenantes.

Le projet d'implantation du module de Cadarache constitue une étape particulièrement pertinente pour engager le dialogue avec le public et recueillir des retours utiles, en vue du projet de Cadarache et des projets futurs. Cette première concertation organisée par Calogena pourrait également nourrir des concertations ultérieures.

Cette démarche volontaire vise donc à garantir une information claire, transparente et accessible à tous, ainsi qu'un cadre de dialogue de qualité. Les garants désignés par la CNDP contribuent à cette exigence en veillant à la bonne information du public et au bon déroulement de la concertation.

2.3 - Les garants désignés par la CNDP

Lors de sa séance plénière du 6 mai 2026, la CNDP a désigné MM. **Jacques Finetti et Jean-Michel Fourniau**, garants du processus de concertation préalable pour le projet de chaufferie nucléaire sur le centre CEA de Cadarache.

Pour en savoir plus sur le rôle des garants, voir le propos introductif en page 7.

2.4 - Le périmètre et la durée de la concertation préalable

La concertation préalable autour du projet de chaufferie nucléaire au centre CEA de Cadarache se déroule **du 28 septembre 2026 au 28 novembre 2026 inclus**. Les différentes modalités mises en place visent à couvrir plusieurs échelles, depuis le territoire de

proximité du projet jusqu'à un niveau plus élargi.

Calogena invite l'ensemble des personnes intéressées ou concernées par le projet à participer à cette démarche.

2.5 - Les suites de la concertation préalable

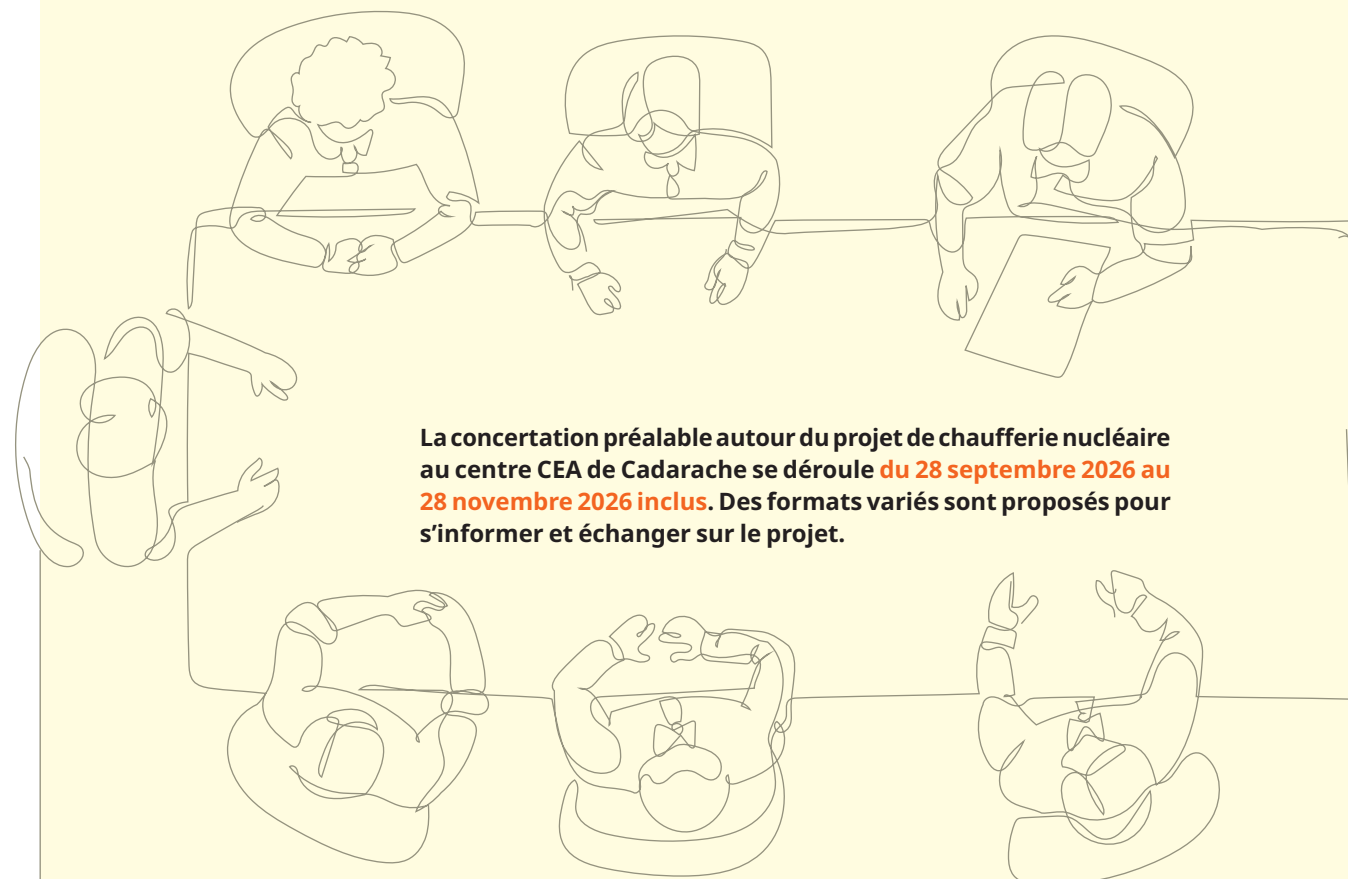
Au plus tard un mois après la fin de la concertation, les garants publient un bilan présentant une synthèse du dispositif d'ensemble et le déroulement de la démarche. Ce document restitue les différentes étapes de la concertation et ses principaux enseignements. Il synthétise les thématiques abordées, les questionnements et les points de vue exprimés, ainsi que les arguments associés. Il formule également des recommandations, auxquelles le maître d'ouvrage est tenu de répondre.

Dans un délai maximal de deux mois suivant la publication de ce bilan, le maître d'ouvrage produit un document présentant les enseignements de la concertation. Ce document précise les suites données au projet et aux recommandations des garants désignés par la CNDP.

Le bilan de la concertation préalable alimente le dossier de demande d'autorisation de création (DAC) et en constitue une pièce réglementaire.

2 LA CONCERTATION PRÉALABLE

2.6 - Comment s'informer et participer ?



La concertation préalable autour du projet de chaufferie nucléaire au centre CEA de Cadarache se déroule **du 28 septembre 2026 au 28 novembre 2026 inclus**. Des formats variés sont proposés pour s'informer et échanger sur le projet.



Réunions publiques

Réunion publique d'ouverture

> Le 30 septembre à 18 h 30
Château de Cadarache
Route de Vinon-sur-Verdon
13115 Saint-Paul-lès-Durance

Réunion publique de clôture

> Le 25 novembre à 18 h 30
Salle Osco Manosco
570 chemin du Moulin-Neuf
04100 Manosque



Rencontres de proximité

Manosque

Village des sciences
> Le 10 octobre 2026, de 13 h à 19 h
Salle Osco Manosco
570 chemin du Moulin-Neuf
04100 Manosque

Vinon-sur-Verdon

Marché de Vinon-sur-Verdon
> Le 11 octobre 2026, de 8 h 30 à 11 h



Informez-vous et partagez votre avis

Sur www.calogena-cadarache-concertation.fr

- Un espace dédié aux contributions en ligne ;
- des cahiers d'acteurs ;
- les documents de la concertation ;
- le programme détaillé des rencontres ;
- les supports de présentation et comptes rendus des réunions.



Vous souhaitez contribuer sur papier ?

Une fiche avis est à votre disposition en mairie de Saint-Paul-lès-Durance, aux horaires habituels d'ouverture.



Interventions auprès de classes d'étudiants



Intervention auprès des salariés du centre CEA de Cadarache



Webinaires (en ligne)

Caractéristiques, enjeux de développement des SMR et spécificités de la solution de Calogena

> Le 28 octobre à 18 h 30

Comment les SMR peuvent-ils décarboner le chauffage urbain ?

> Le 4 novembre à 18 h 30

Du réacteur à l'exploitation des réseaux de chaleur urbains, quel modèle économique ?

> Le 10 novembre à 18 h 30

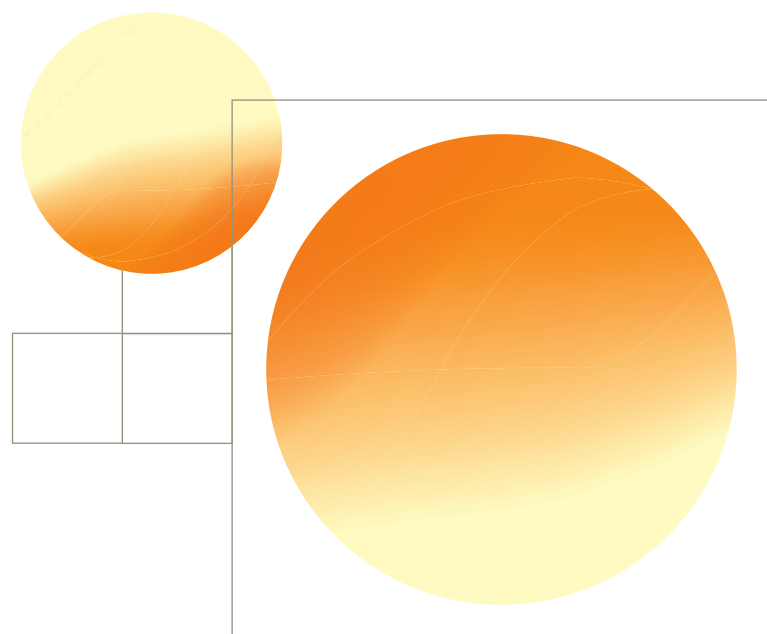
Informations de connexion disponibles sur le site Internet.

3

CADARACHE

Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE



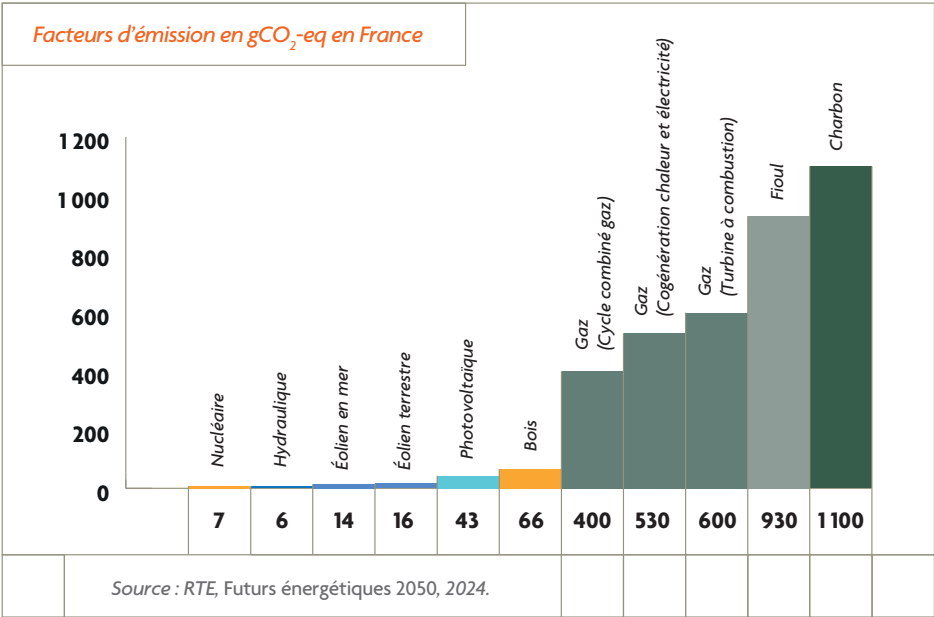
3.1 - Le nucléaire, colonne vertébrale du mix de production d'électricité français	26
3.2 - La relance du nucléaire : un pilier de la stratégie française de décarbonation et de souveraineté énergétique	30
3.3 - Le développement des petits réacteurs modulaires (SMR)	34
3.4 - Derrière le terme « SMR » : différentes technologies et différents niveaux de maturité	35
3.5 - Les SMR calogènes : une application nouvelle d'une technologie éprouvée	36

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE

3.1 - Le nucléaire, colonne vertébrale du mix de production d’électricité français

Le déploiement de centrales nucléaires sur l’ensemble du territoire national depuis les années 1960 contribue aujourd’hui à faire de la France l’un des pays bénéficiant du mix de production d’électricité le plus décarboné en Europe et dans le monde.

En effet, sa production d’électricité repose en grande partie sur l’énergie nucléaire et sur une part croissante d’énergies renouvelables. Ces moyens de production émettent très peu de carbone en comparaison avec les énergies fossiles.

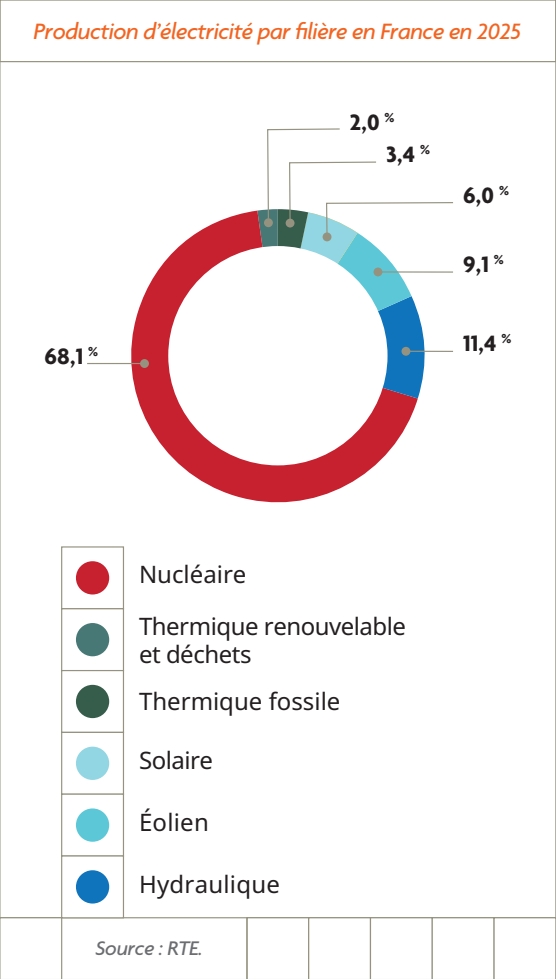
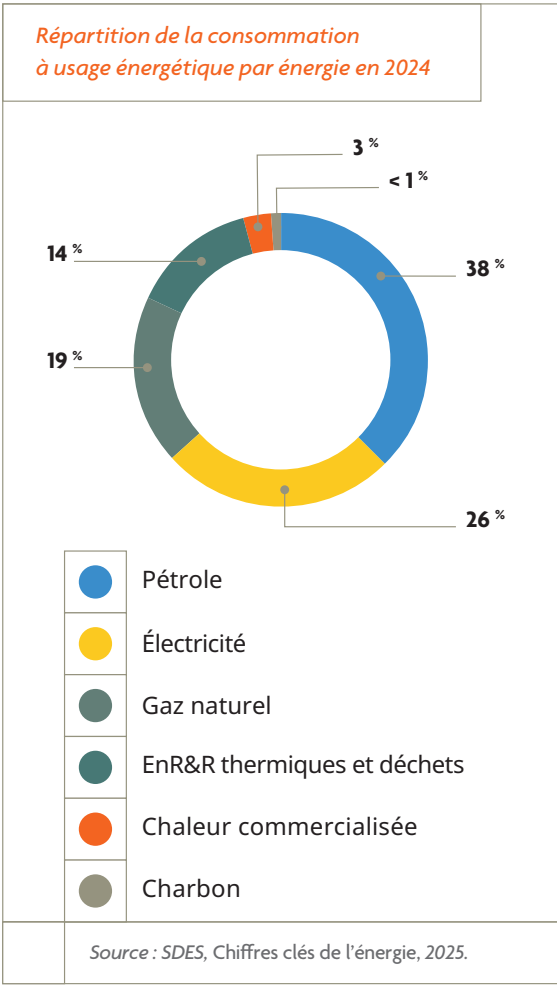


Le mix français est le 2^e mix de production électrique le plus décarboné au sein de l’Union européenne : la France arrive juste derrière la Suède³.

Avec une production nationale de 364,39 TWh par an en 2024, la France est le 3^e pays producteur d’électricité nucléaire, derrière les États-Unis et la Chine⁴.

La part du nucléaire dans le mix électrique français est de 68 % et est la plus élevée dans le monde⁵.

Mais si l’électricité produite sur le sol français est en grande partie décarbonée, la consommation française d’énergie reste encore fortement dépendante des énergies fossiles. Nous utilisons encore du pétrole, du gaz et du fioul pour de nombreux usages comme les déplacements, le chauffage, ou encore l’industrie.



3 - Source : Chiffres de l’Observatoire français de la transition écologique par Enedis.

4 - Source : Chiffres 2024 - Agence internationale de l’énergie atomique.
5 - Source : Chiffres 2025 - [vie-publique.fr](https://www.vie-publique.fr).

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE

Quelle est la différence entre la production d'électricité et la consommation d'énergie ?

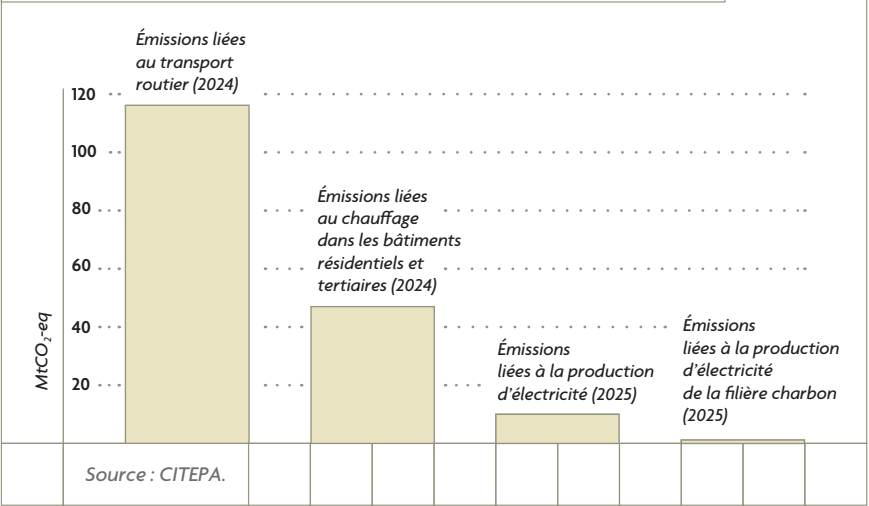
Le mix de production électrique désigne la répartition des différents moyens de production d'électricité sur notre sol. Il montre la part de chaque moyen de production (nucléaire, barrages hydrauliques, éoliennes, etc.) par rapport au total de l'électricité générée. Toute cette production n'est pas consommée en France : l'excédent d'électricité dont nous n'avons pas l'usage est exporté vers les pays voisins.

Le mix de consommation d'énergie montre la provenance de l'énergie consommée en France – aussi bien par les particuliers que les entreprises ou les collectivités. Une majeure partie de cette énergie est importée, en particulier l'énergie fossile (gaz, pétrole, etc.) que nous utilisons beaucoup pour les usages du quotidien, par exemple pour nous déplacer ou nous chauffer. En effet, l'électricité ne représente que 25 à 30 % de l'énergie que nous consommons aujourd'hui⁶.

Nous avons donc un mix de production d'électricité très décarboné (à plus de 95 %), mais une consommation encore largement dominée par l'importation d'énergies fossiles (presque 60 %). Cette consommation est à l'origine de l'essentiel des émissions de gaz à effet de serre du pays.

C'est pour cette raison qu'il est essentiel d'agir sur tous les secteurs qui sont aujourd'hui fortement consommateurs d'énergies fossiles, en faisant basculer les équipements existants (véhicules, procédés industriels, modes de chauffage, etc.) vers des alternatives utilisant de l'énergie décarbonée.

Ordres de grandeur des émissions de gaz à effet de serre en France



6 - Source : Chiffres clés de l'énergie 2025 - SDES.

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE

3.2 - La relance du nucléaire : un pilier de la stratégie française de décarbonation et de souveraineté énergétique

L'histoire du nucléaire en France

La filière nucléaire civile française a été initiée aux lendemains de la Seconde Guerre mondiale, avec l'objectif stratégique de garantir la souveraineté énergétique du pays.

1945

Lancement de la filière nucléaire civile en France.

1955

Ouverture du premier centre d'études nucléaires du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) sur le plateau de Saclay (Essonne).



1963

Mise en service du premier réacteur à Chinon.

1959

Création du centre de Cadarache par le CEA en vue de l'étude des réacteurs à neutrons rapides.



1974

Mise en œuvre du plan Messmer pour faire face au choc pétrolier, avec la construction accélérée de centrales nucléaires standardisées dites de « deuxième génération ».

2005

Désignation du CEA de Cadarache comme site d'installation du projet Iter.

2022

Discours de Belfort du président de la République Emmanuel Macron, annonçant la relance de la filière nucléaire française.

2020

Arrêt définitif de la centrale nucléaire de Fessenheim.

2024

Mise en service du réacteur EPR de Flamanville, dit de « troisième génération ».

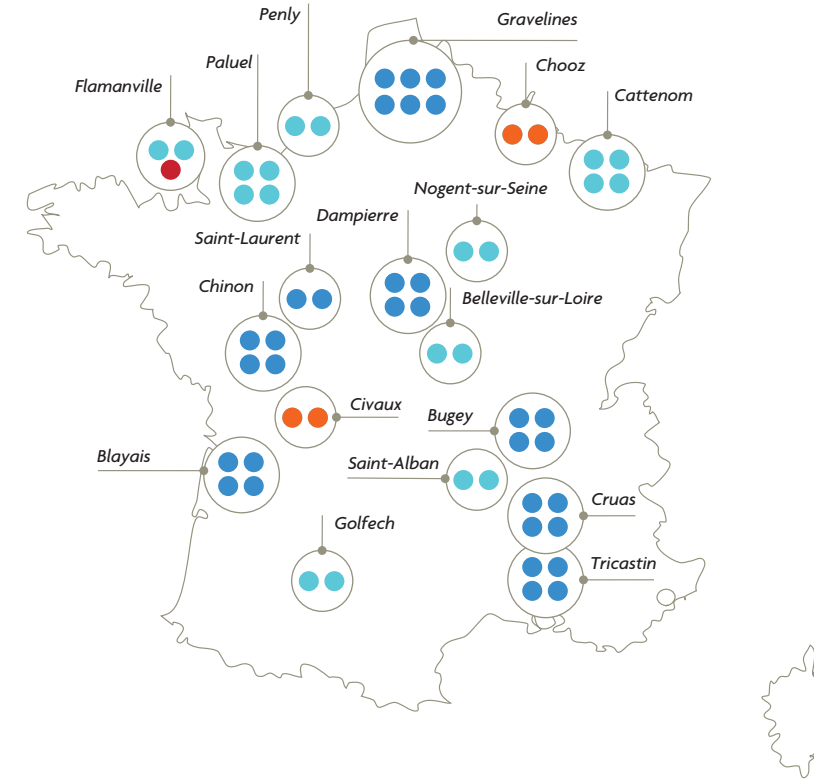
2026

Publication de la troisième programmation pluriannuelle de l'énergie, qui acte la relance de la filière nucléaire avec la construction de trois paires de réacteurs nucléaires EPR2 et le développement de petits réacteurs innovants.



La filière nucléaire civile française représente aujourd'hui **220 000 emplois** répartis dans **2 500 entreprises**. C'est la **troisième filière industrielle** derrière l'aéronautique et l'automobile.

Les centrales nucléaires aujourd'hui en France



Les paliers

	1 450 MW		1 300 MW
	EPR		950 MW

Source : EDF-URD 2024.

On distingue aujourd'hui quatre générations de réacteurs nucléaires :

- 1^{re} génération : les prototypes et premiers réacteurs de taille industrielle, mis au point dans les années 1950-1960 ;
- 2^e génération : les réacteurs entrés en service à partir des années 1970 ; en France, ce sont principalement des réacteurs à eau sous pression (REP) ;
- 3^e génération : des réacteurs plus récents, avec des exigences renforcées de sûreté et de sécurité ; l'EPR de Flamanville en fait partie ;
- 4^e génération : des réacteurs encore à l'état d'étude, pas encore déployés industriellement, pensés notamment pour mieux utiliser le combustible et/ou fonctionner à plus haute température.

Le parc nucléaire français comprend aujourd'hui **57 réacteurs** en exploitation, répartis sur **18 centrales**, dont 56 réacteurs de deuxième génération et un EPR de troisième génération à Flamanville.

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE

Pour atteindre ses objectifs climatiques, la France doit à la fois développer des moyens de production d'énergie bas carbone et adapter ses usages afin de réduire sa dépendance aux énergies fossiles. Dans ce contexte, l'énergie nucléaire constitue l'un des leviers identifiés par l'État pour répondre simultanément aux enjeux de décarbonation, de sécurité d'approvisionnement et de souveraineté énergétique.

En tant qu'énergie bas carbone, le nucléaire constitue une des clés majeures pour répondre à ces défis. Il peut à la fois être produite et consommée en France, et contribue ainsi à notre souveraineté énergétique dans un contexte marqué par une instabilité géopolitique et macroéconomique.

La relance de la filière nucléaire civile a été actée par l'État français au début des années 2020, dans un contexte marqué par les enjeux de décarbonation, la pandémie de Covid-19 et la guerre en Ukraine. La relance de la filière nucléaire vise à la fois à prolonger l'exploitation du parc existant, à construire de nouveaux réacteurs de grande puissance et à soutenir l'émergence de technologies nucléaires innovantes.

Les dates clés de la relance de la filière nucléaire

Octobre 2021

Le plan France 2030 a été lancé. Il prévoit notamment l'investissement d'un milliard d'euros pour le développement des petits réacteurs modulaires (SMR) en France.

Février 2022

Le président Emmanuel Macron a annoncé à Belfort la construction de six nouveaux EPR et un soutien d'ampleur à la recherche sur les petits réacteurs modulaires, afin d'encourager l'innovation et d'accélérer l'avènement des réacteurs de nouvelle génération.

Depuis 2023

Plusieurs Conseils de politique nucléaire (CPN) ont confirmé le soutien de l'État au développement des réacteurs innovants et à l'émergence de démonstrateurs industriels dans les années 2030.

Le plan France 2030 et l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants »

Le plan France 2030 vise à soutenir la relance de l'économie française à la suite de la crise de la pandémie de Covid-19, en orientant les financements vers les secteurs stratégiques pour la décarbonation et la souveraineté nationale. Il mise notamment sur les acteurs émergents et innovants à fort potentiel (start-up et licornes) dans l'objectif de faire émerger les futurs champions technologiques de demain.

Le plan France 2030 est doté de 54 milliards d'euros déployés sur cinq ans et est piloté par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) pour le compte du Premier ministre. Il s'inscrit dans la dynamique plus large du plan de relance européen.

Le plan France 2030, qui s'inscrit donc dans une visée globale, comporte un volet dédié au nucléaire. Ce volet comporte plusieurs axes, dont celui « d'Accompagner le développement de réacteurs nucléaires innovants et l'émergence de nouveaux réacteurs », auquel un investissement d'un milliard d'euros a été dédié.

C'est de cet axe que découle l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants », lancé le 2 mars 2022 et clôturé le 28 juin 2023. Cet appel à projets énonce plusieurs objectifs, parmi lesquels l'amélioration de la compétitivité et de la sûreté des réacteurs, ou encore le développement d'applications non électrogènes.

Calogena est lauréate des deux premières phases de cet appel à projets et a reçu deux aides financières, de 5,2 millions d'euros en 2023 puis de 48 millions d'euros en 2026.



L'ambition de relance de la filière nucléaire est par ailleurs inscrite dans la 3^e programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), la feuille de route énergétique nationale pour la période 2026-2035, adoptée par décret du 3 février 2026.

Ce document prévoit notamment le lancement du programme industriel de construction de trois paires de réacteurs EPR2 (dits de « troisième génération »), le soutien au développement de petits réacteurs innovants et la sécurisation de l'approvisionnement en uranium.

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE

3.3 - Le développement des petits réacteurs modulaires (SMR)

Le développement de petits réacteurs modulaires (ou SMR pour *Small Modular Reactors*) doit permettre à la France de **se doter de nouvelles solutions de production et de consommation d'énergie bas carbone**.

Les SMR sont **des installations nucléaires plus petites et faciles à réaliser**, qui reposent sur un mode de construction en « modules », c'est-à-dire fabriqués en série, puis facilement acheminés et assemblés sur le site d'implantation. Contrairement aux grandes centrales nucléaires construites spécifiquement pour chaque site, les SMR s'appuient sur une logique de standardisation et de fabrication en usine d'une partie importante des équipements. Cette approche vise à réduire les délais de réalisation, à faciliter le déploiement de nouvelles installations et à améliorer la maîtrise des coûts de construction.

L'intérêt des SMR est de limiter les délais et coûts importants liés à la construction de centrales nucléaires conventionnelles à forte puissance, tout en offrant une sûreté et une sécurité accrues grâce à une conception plus simple.

Les SMR ne constituent pas une technologie unique mais une nouvelle manière de concevoir les installations nucléaires. Ils peuvent reposer sur différentes technologies de réacteurs et répondre à des besoins énergétiques variés. Leur développement vise notamment à compléter les grandes installations nucléaires existantes en apportant des solutions adaptées à des usages ou à des territoires qui ne nécessitent pas la puissance d'une grande centrale nucléaire conventionnelle.

En cela, **les petits réacteurs modulaires constituent l'opportunité de faire émerger des technologies nucléaires innovantes et/ou des applications nouvelles**, avec par exemple le développement de la production de chaleur ou d'hydrogène, d'améliorer la gestion des déchets radioactifs, en permettant la réduction de leurs volumes ou activités, ou encore d'améliorer la compétitivité de l'énergie produite, la sûreté ou la sécurité nucléaire.

Les SMR sont ainsi identifiés comme l'un des outils susceptibles de contribuer à la décarbonation de secteurs encore fortement dépendants des énergies fossiles, notamment le chauffage urbain, certains procédés industriels ou la production de molécules bas carbone.

La modularité : un principe clé des SMR

La petite taille des SMR constitue un changement par rapport à la logique historique du nucléaire civil. Les centrales nucléaires classiques ont en effet été conçues selon la logique suivante : plus un réacteur est puissant, plus certains coûts fixes (conception, exploitation, maintenance, etc.) peuvent être répartis sur une production importante d'énergie.

Les SMR reposent sur une autre logique : celle de la modularité. Leur conception vise à standardiser les équipements, à fabriquer une partie importante des composants en usine, puis à les assembler sur site. L'objectif est de réduire les délais de construction et de bénéficier d'effets de série lorsque plusieurs modules identiques sont produits. Autrement dit, pour être économiquement viable, le « S » de « Small » n'a de sens que s'il s'accompagne du « M » de « Modular » : la compétitivité des SMR dépend de leur capacité à être reproduits, standardisés et déployés en plusieurs exemplaires.

La fabrication en usine d'une partie des équipements ne constitue toutefois pas une nouveauté pour l'industrie nucléaire : de nombreux composants destinés aux réacteurs sont déjà fabriqués dans des installations industrielles soumises aux exigences réglementaires et aux contrôles applicables à la filière nucléaire, comme l'usine Framatome du Creusot, qui produit notamment des composants destinés au parc nucléaire français.

3.4 - Derrière le terme « SMR » : différentes technologies et différents niveaux de maturité

Le terme « SMR » ne correspond pas à une technologie unique. Parmi les SMR, certains s'appuient sur des technologies éprouvées dérivées des réacteurs actuellement exploités, tandis que d'autres reposent sur des technologies plus innovantes. Ces derniers sont souvent désignés sous le terme d'AMR (*Advanced Modular Reactors* ou réacteurs modulaires avancés).

Les SMR reposant sur des technologies éprouvées sont généralement dérivés des réacteurs à eau légère de troisième génération, dont le fonctionnement bénéficie de plusieurs décennies de retour d'expérience industrielle.

En l'occurrence, Calogena propose avec sa chaufferie nucléaire d'utiliser une technologie déjà éprouvée à l'échelle industrielle pour une application inédite à l'échelle européenne : la production de chaleur. L'innovation de la chaufferie nucléaire ne réside donc pas dans le procédé technologique choisi mais dans l'application qui en est faite.

Les SMR sont une version miniaturisée des réacteurs actuellement utilisés. Ils s'appuient sur une technologie bien connue, mature et maîtrisée. Les AMR, quant à eux, s'appuient sur des technologies plus innovantes, souvent associées aux réacteurs dits de « quatrième génération », utilisant par exemple des sels fondus, du sodium, du plomb ou des gaz à haute température.

Calogena fait partie des SMR car elle a choisi de s'appuyer sur une technologie déjà éprouvée.

3 LE RÔLE DU NUCLÉAIRE DANS LA TRAJECTOIRE DE DÉCARBONATION DE LA FRANCE

3.5 - Les SMR calogènes : une application nouvelle d'une technologie éprouvée

Contrairement à la majorité des projets de SMR qui se focalisent sur la production d'électricité, Calogena se positionne sur la chaleur, un segment qui n'est actuellement pas couvert par les réacteurs de grande puissance.

Il permet de répondre au besoin de développement de solutions de production de chaleur bas carbone en vue de limiter massivement le recours au charbon, au gaz et au fioul résiduel (voir chapitre 4.1 : « Un besoin majeur de décarbonation dans le cadre de la transition énergétique », page 40). De plus, il s'agit d'une solution dépourvue de combustion, contrairement à 90 % du mix de production de réseaux de chaleur en Europe⁷.

Ce choix stratégique a du sens à la fois sur le plan énergétique et industriel :

- **la technologie nucléaire permet déjà de produire de la chaleur.** En choisissant de l'utiliser directement, on évite les pertes thermodynamiques liées à la conversion de la chaleur en électricité, qui représentent deux tiers de la chaleur produite par un réacteur classique ;
- **l'approche technique est plus simple et donc plus sûre.** En produisant uniquement de la chaleur et non de l'électricité, Calogena propose une solution plus simple (voir chapitre 6.3 : « Un réacteur calogène en convection naturelle », page 64). Il en résulte une meilleure maîtrise des enjeux de sûreté (voir chapitre 7.1 : « Des choix de conception orientés par la maîtrise des risques », page 78).

La chaufferie de Calogena repose sur une technologie nucléaire basée sur un petit réacteur d'une puissance de 30 à 45 MWth, qui permet de produire de la chaleur dite de « basse température » en dessous de 110 °C. Ses avantages sont multiples :

- une très faible empreinte carbone avec des émissions de 3 gCO₂/kWh⁸ ;
- un besoin limité en eau (5 m³ par jour) et en électricité pour son fonctionnement ;
- un concept simple et robuste, à très haut niveau de sûreté ;
- une solution pilotable permettant une adaptation fine aux variations de la demande ;
- un approvisionnement reposant sur une chaîne de valeur entièrement européenne, indépendante des marchés du gaz et de l'électricité ;
- une emprise au sol réduite de l'ordre de 1 200 m² pour le bâtiment et de 3 000 m² pour le terrain d'exploitation, compatible avec une implantation en zone urbaine ;
- une conception compacte et standardisée au niveau industriel ;
- un coût compétitif de la chaleur produite avec un prix de vente cible pour le réacteur de série de l'ordre de 60 €/MWh ;
- une durée de vie de l'installation supérieure à 60 ans.

Que signifie « chaleur de basse température » ?

La chaleur de basse température correspond aux usages domestiques et donc aux besoins des réseaux de chaleur. Elle se situe en dessous de 110 °C. C'est à ce besoin que répond la solution portée par Calogena.

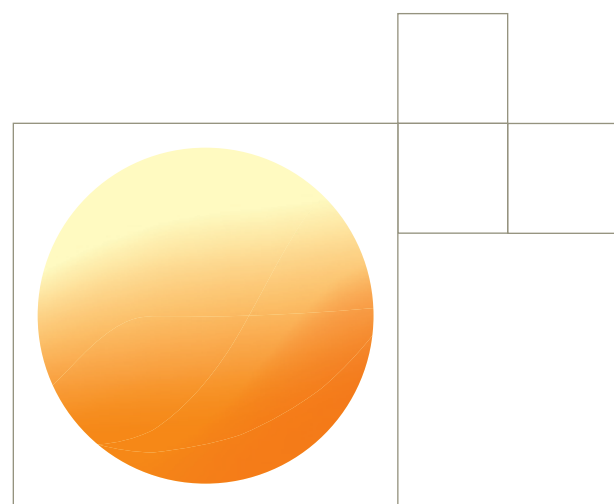
Elle se distingue de certains usages industriels, nécessitant une chaleur beaucoup plus élevée (au-delà de 300 °C), dite de « haute température ». D'autres projets de SMR visent à répondre à ces besoins spécifiques.

7 - Source : Étude menée par le Centre de recherche technique de Finlande (VTT), organisme de recherche dépendant du ministère des Affaires économiques et de l'Emploi finlandais.
8 - Quantité d'émission de CO₂ rapportée à la quantité de kilowattheures (kWh) consommés. Source : Données 2023 issues d'Euroheat & Power Market Outlook 2025.

4

CADARACHE 
Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES



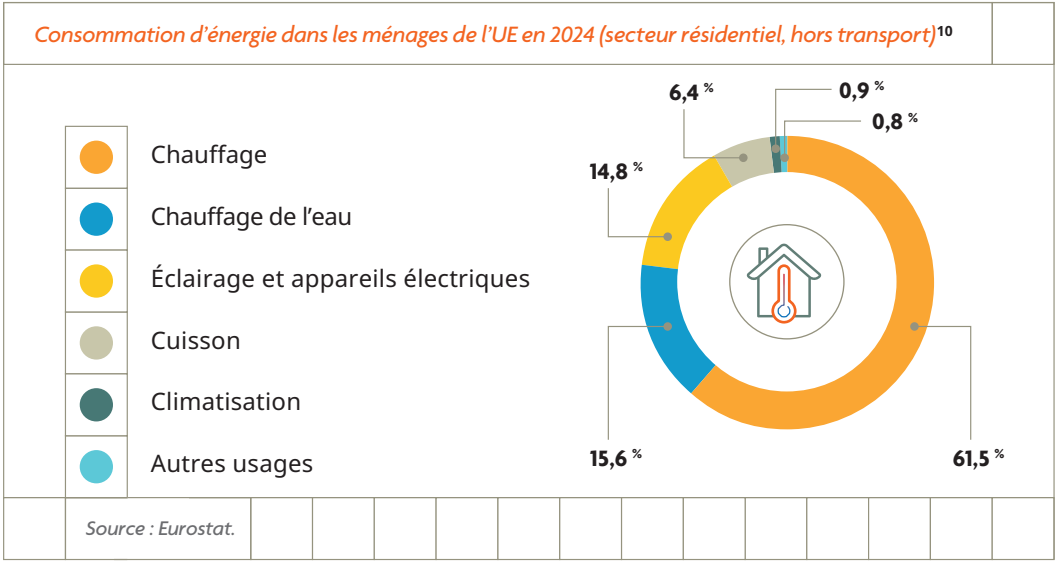
- 4.1 - **Un besoin majeur** de décarbonation dans le cadre de la transition énergétique... 40
- 4.2 - **Les objectifs réglementaires** pour le développement des réseaux de chaleur... 43
- 4.3 - **Un besoin identifié** pour compléter les solutions existantes... 43
- 4.4 - **L'opportunité d'une technologie nucléaire** pour décarboner les réseaux de chaleur... 44
- 4.5 - **Les alternatives technologiques** à la solution portée par Calogena... 48

4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

4.1 - Un besoin majeur de décarbonation dans le cadre de la transition énergétique

Dans le secteur résidentiel, les ménages consomment de l'énergie pour différents usages du quotidien : le chauffage des logements, la production d'eau chaude sanitaire, les équipements électriques, la cuisson ou encore la climatisation. Parmi ces usages, le chauffage et l'eau chaude sanitaire représentent la part la plus importante de la consommation d'énergie.

À l'échelle française comme européenne, le chauffage et l'eau chaude sanitaire représentent environ 30 % de la consommation d'énergie et près de 80 % de la consommation énergétique des ménages. Or, une part importante de la chaleur urbaine est produite par de l'énergie fossile : 48 % pour l'Europe et 33 % pour la France. En prenant en compte les solutions individuelles (chaudière au fioul, gaz), la majorité du chauffage est fossile⁹.



Pour se chauffer en tant que particulier, il existe deux typologies d'équipements :

- les équipements individuels, comme les chaudières à gaz, les chaudières à fioul ou les pompes à chaleur ;
- les équipements collectifs : les réseaux de chaleur urbains, qui distribuent de la chaleur à l'échelle d'une ville ou d'un quartier, et auxquels se connectent les bâtiments.

En chiffres

Aujourd'hui, en Europe, il existe **19 000 infrastructures de distribution de chaleur** couvrant près de 15 % des besoins de chauffage des Européens, soit environ 500 TWh de chaleur distribuée à 80 millions de citoyens¹¹.

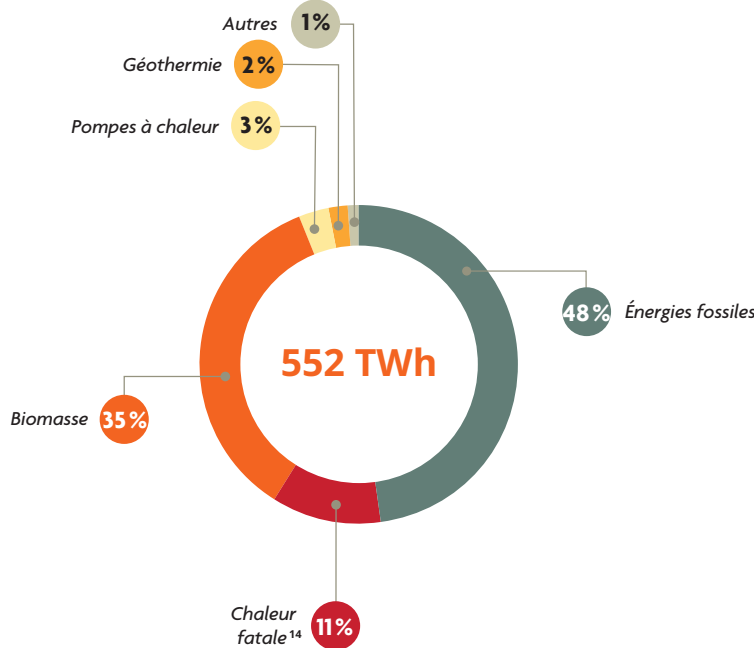
En France, il existe **1 041 réseaux de chaleur** auxquels sont raccordés 52 439 bâtiments et distribuant 28,3 TWh de chaleur¹².

Les équipements individuels comme collectifs sont encore dépendants des énergies fossiles, à l'échelle française comme européenne.

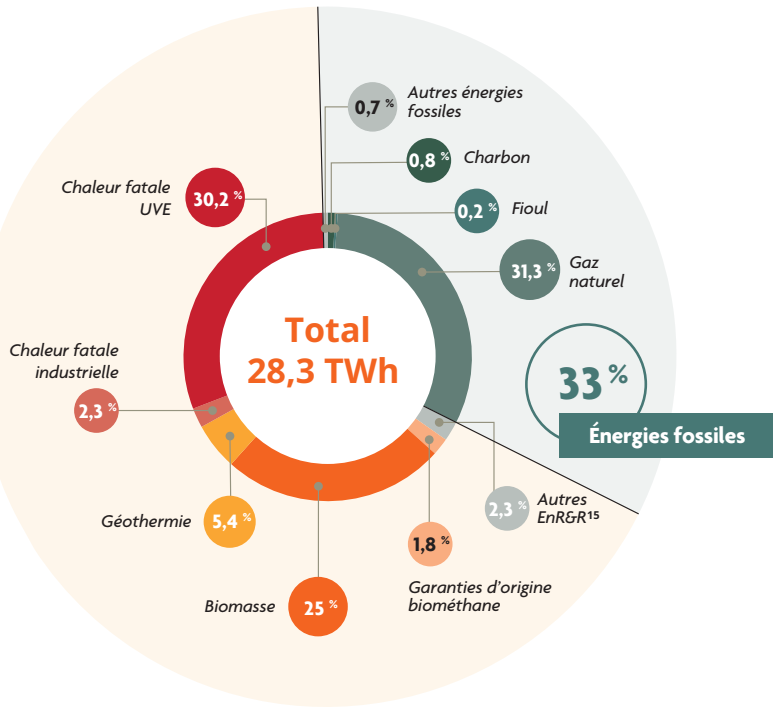
À noter : les deux graphiques présentés reposent sur des sources différentes. Le découpage du mix énergétique n'est pas exactement similaire entre ces deux sources. Elles permettent néanmoins de comparer des ordres de grandeur aux échelles française et européenne.

13 - Source : Les Small Modular Reactors (SMR), un levier important de décarbonation des réseaux de chaleur en Europe ?, Carbone 4, 2026.
14 - Dont les Unités de Valorisation Énergétique (UVE).
15 - Autres énergies renouvelables et de récupération.

Mix énergétique des réseaux de chaleur de l'UE (2023)¹³



Mix énergétique des réseaux de chaleur en France (2024)



Les totaux peuvent différer de 100 % en raison des arrondis.

Source : FEDENE, Enquête annuelle réseaux de chaleur et de froid, 2025.

9 - Source : Euroheat & Power, Market Outlook et Eurostat.
10 - Source : Économie d'énergie : l'action de l'UE pour réduire la consommation d'énergie | Parlement européen.

11 - Source : Euroheat & Power, Market Outlook 2025.
12 - Source : FEDENE, Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid, 2025.

4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

Pour baisser les émissions de carbone liées à nos besoins en chaleur, il est nécessaire de :

- **maîtriser notre consommation de chauffage** grâce à l'efficacité énergétique et la sobriété ;
- **développer les solutions individuelles décarbonées**, comme les pompes à chaleur, dans les zones peu denses et pour l'habitat individuel ;
- **développer les réseaux de chaleur**, qui constituent des solutions de chauffage mutualisées, à coûts stables et maîtrisés, et qui peuvent atteindre un faible niveau d'émissions lorsqu'ils sont alimentés par des énergies renouvelables, de récupération ou d'autres sources bas carbone. Leur extension permet, à chaque nouveau bâtiment raccordé, de remplacer des systèmes de chauffage individuels souvent alimentés au gaz ou au fioul.

Les réseaux de chaleur présentent également l'avantage de pouvoir récupérer et valoriser des sources de chaleur non exploitées par les solutions individuelles. La feuille de route européenne de la chaleur estime que, **pour contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone (ou « net zéro ») à l'horizon 2050, la distribution de chaleur via ces réseaux en Europe devra plus que doubler**, pour passer de 498 TWh en 2023 à 1 000 TWh en 2050¹⁶ ;

- **décarboner nos réseaux de chaleur existants**, en remplaçant des équipements dépendants des énergies fossiles par des solutions technologiques bas carbone.

4.2 - Les objectifs réglementaires pour le développement des réseaux de chaleur

Pour répondre à cet enjeu majeur, plusieurs textes encadrent et visent à encourager le développement des réseaux de chaleur.

À l'échelle européenne, la directive européenne Renewable Energy Directive, dite RED III¹⁷, vise un développement accéléré des réseaux de chaleur urbains européens.

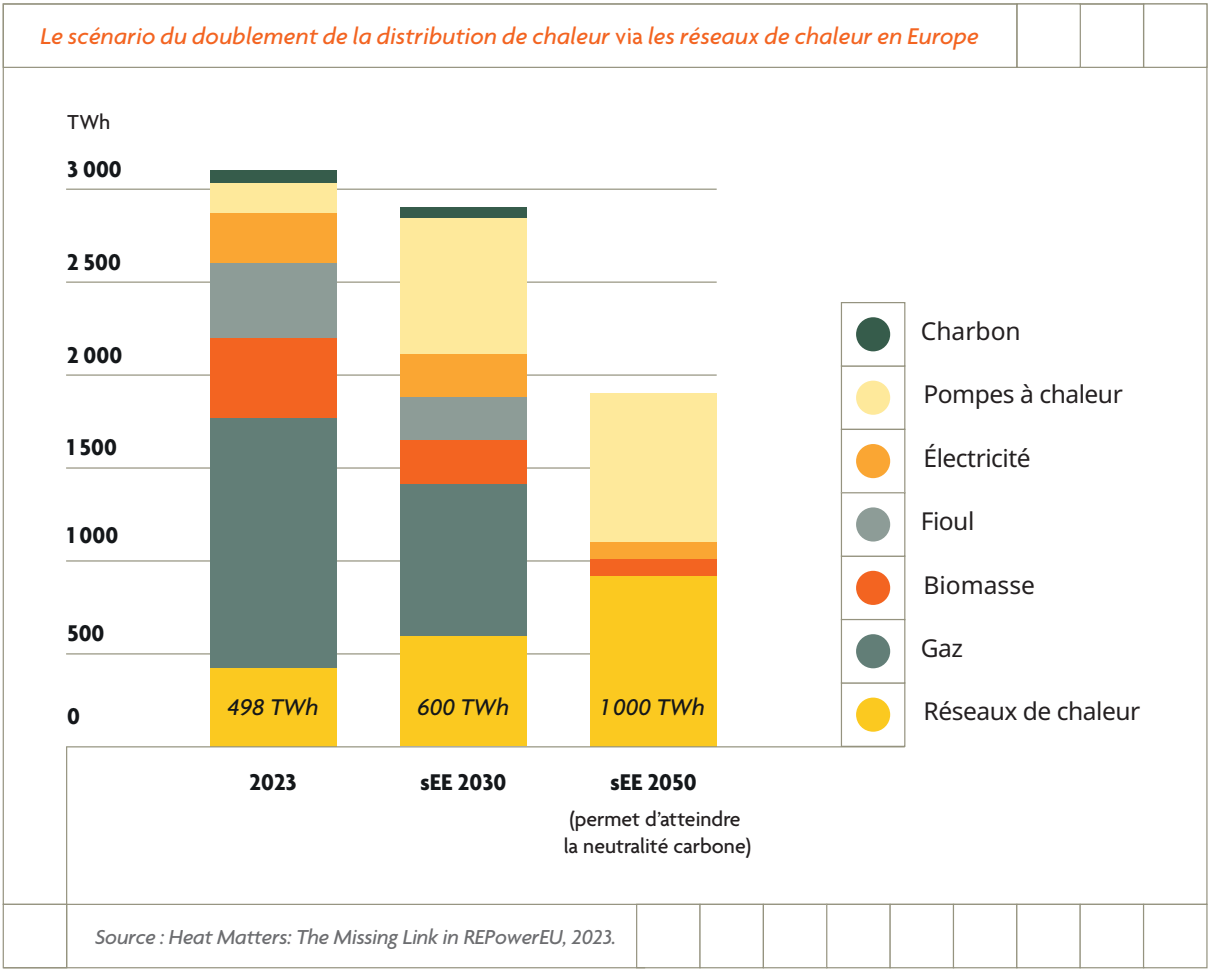
En France, la stratégie nationale bas carbone (SNBC)¹⁸ **mise sur une décarbonation complète du secteur à l'horizon 2050**. L'article L.100-4 du Code de l'énergie fixe par ailleurs un cadre général favorable au développement des réseaux de chaleur.

La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE3)¹⁹ prévoit un développement encore plus volontaire des réseaux de chaleur urbains, avec comme objectif de **multiplier par trois les livraisons annuelles de chaleur sur les réseaux pour atteindre 90 TWh**. Ces dernières années, les livraisons ont crû d'environ 10 % par an, ce qui est très significatif pour un marché d'infrastructure.

4.3 - Un besoin identifié pour compléter les solutions existantes

Il existe aujourd'hui différentes solutions permettant d'alimenter les réseaux de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération, comme la biomasse, la chaleur fatale, ou encore la géothermie. La biomasse a particulièrement progressé en Europe et en France ces dernières années. Mais son gisement est limité et contraint par une concurrence des usages (voir chapitre 4.5 : « Les alternatives technologiques à la solution portée par Calogena », page 48).

En fonction des projections retenues à horizon 2050, le besoin à combler par des solutions bas carbone complémentaires à celles déjà utilisées pourrait être de l'ordre de 200 à 300 TWh²⁰.



17 - Directive portant sur l'énergie renouvelable 2023/2413.
18 - Pour en savoir plus : <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/feuille-route-climatique-francaise>

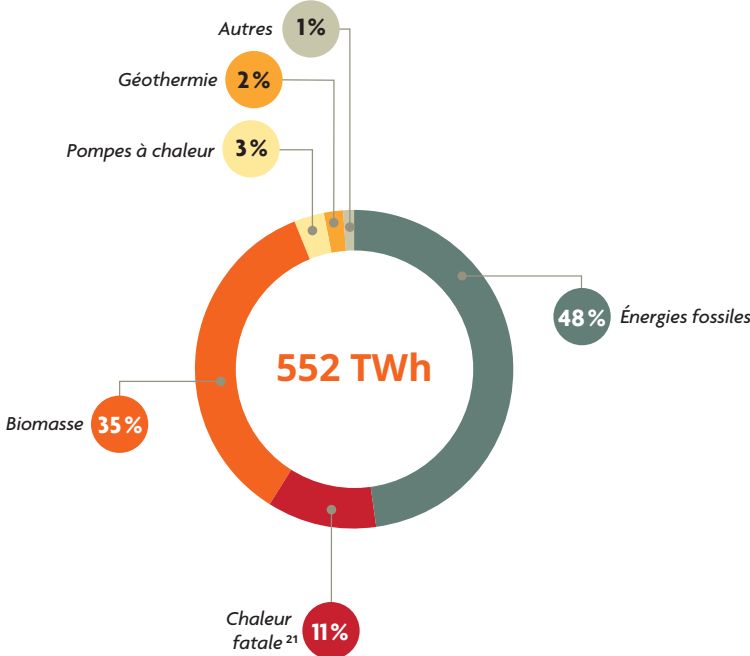
19 - Pour en savoir plus : <https://www.economie.gouv.fr/ppe-3-programmation-pluriannuelle-de-lenergie>
20 - Ce besoin a été évalué par Carbone 4, dans son analyse intitulée *Les Small Modular Reactors (SMR), un levier important de décarbonation des réseaux de chaleur en Europe ?* (2026).

16 - Source : Heat Roadmap Europe, scénario sEE2050 (scénario sEEnergies pour l'UE28) misant sur une baisse de la consommation de 35 % par rapport à 2035.

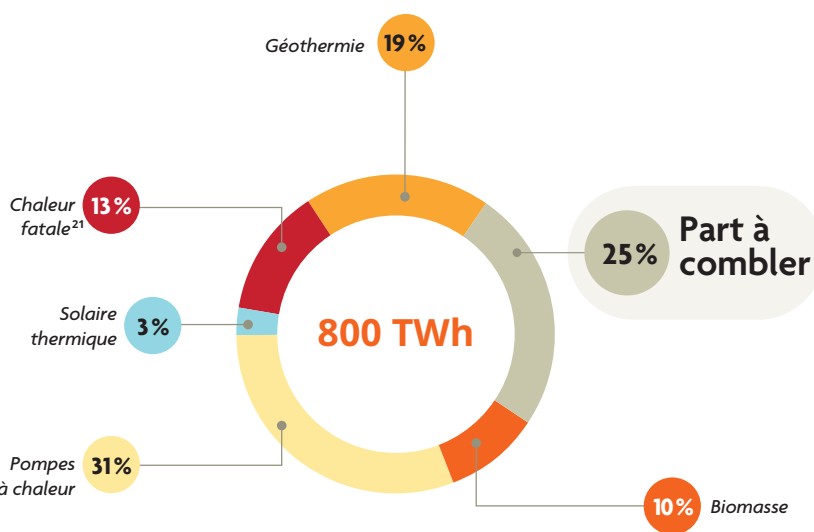
4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

Quel mix énergétique des réseaux de chaleur dans l'Union européenne pour 2050 ?
(sur la base du scénario de référence de Carbone 4)

En 2023



En 2050



Les totaux peuvent différer de 100 % en raison des arrondis.

4.4 - L'opportunité d'une technologie nucléaire pour décarboner les réseaux de chaleur

L'opportunité de développer l'application du nucléaire à des besoins de chaleur a été soulignée par différents rapports.

D'après **Carbone 4** par exemple, dans son étude intitulée *Les Small Modular Reactors (SMR), un levier important de décarbonation des réseaux de chaleur en Europe ?* (2026)²², les solutions déjà déployées aujourd'hui pour la production de chaleur bas carbone (géothermie, solaire thermique, pompes à chaleur, chaleur fatale, biomasse) ne pourront couvrir au maximum que 75 % de la demande des réseaux de chaleur urbains à horizon 2050. Les 25 % restants pourraient être couverts par les SMR calogènes.

Dans son rapport sur l'intégration des SMR/AMR dans les systèmes énergétiques²³, la **Commission de régulation de l'énergie (CRE)** précise que « les usages les plus prometteurs des SMR dans les pays européens dont l'électricité est déjà bas carbone résident dans la production de chaleur, notamment pour les réseaux de chaleur urbains et la chaleur industrielle inférieure à 300 °C. »

La CRE identifie « des débouchés potentiels massifs », au vu des « exigences de décarbonation pesant sur les usages de chaleur industrielle et domestique (réseaux de chaleur urbaine notamment) ». Les SMR et AMR pourraient ainsi répondre à un « besoin théorique de chaleur décarbonée de l'ordre de 80 TWh/an si on considère la consommation actuelle et de 100 TWh/an d'ici 2050 [...] soit 250 modules de SMR/AMR de 50 TWh²⁴ ».

Plus spécifiquement, les réseaux de chaleur urbains représentent un marché techniquement adressable estimé entre 12 TWh/an et 33 TWh/an pour les SMR et AMR²⁵.

Pour son étude intitulée *Petits réacteurs modulaires (SMR) pour la fourniture de chaleur urbaine et industrielle* (2026)²⁶, **Do Well Do Good** a interrogé une quarantaine d'exploitants de réseaux de chaleur. Il en ressort trois points clés :

- les exploitants de réseaux de chaleur sont habitués à des investissements de long terme (20 à 30 ans) ;
- la généralisation des réseaux basse température (80-110 °C, 3-5 bars) facilite l'intégration d'une source nucléaire ;
- un coût cible de 50-70 €/MWh est jugé stable et compétitif face à la volatilité du gaz, au recul de la biomasse subventionnée et aux limites de la géothermie.

Selon Carbone 4, les principaux défis à relever pour permettre la concrétisation du déploiement des SMR de production de chaleur sont aujourd'hui « l'acceptabilité locale, les délais des procédures de sûreté, l'absence de soutien réglementaire spécifique dédié à la chaleur nucléaire, la montée en cadence industrielle, la validation des performances économiques et le ralentissement des ambitions de décarbonation²⁷ ».

22 - Étude réalisée par Carbone 4 dans le cadre d'une mission commandée par Calogena.

23 - Source : *L'insertion des petits réacteurs modulaires (SMR/AMR) dans les systèmes énergétiques*, CRE.

24 - Source : *Perspectives de marché pour les SMR/AMR en France* – Étude E-Cube/ SFEN, mai 2025. L'étude quantifie les marchés « techniquement adressables » par les SMR/AMR, c'est-à-dire auxquels les SMR/AMR pourraient techniquement répondre (en termes de température de chaleur, taille minimale du site, caractère remplaçable ou non des technologies déjà en place) et pour lesquels il n'existe pas de marchés captifs pour des solutions concurrentes. L'étude ne quantifie pas le marché économiquement et commercialement adressable qui dépend des caractéristiques de prix, calendrier de décarbonation et d'acceptabilité.

25 - Ibid. TWhth = térawattheures thermiques.

26 - Étude *Do Well Do Good* dans sa note « Petits réacteurs modulaires (SMR) pour la fourniture de chaleur urbaine et industrielle », janvier 2026.

27 - Source : *Les Small Modular Reactors (SMR), un levier important de décarbonation des réseaux de chaleur en Europe ?*, Carbone 4, 2026.

21 - Dont les Unités de Valorisation Énergétique (UVE).

4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

Un développement commercial en cours en Europe

Dans ce contexte porteur pour les SMR calogènes, après l’installation de la chaufferie nucléaire à Cadarache, Calogena souhaite développer des unités similaires pour décarboner le chauffage d’agglomérations en France et en Europe. Les clients de Calogena seront les municipalités désireuses de proposer une solution bas carbone et compétitive pour assurer la distribution de chaleur.



Calogena participe au dialogue compétitif organisé par Helen, l’opérateur du réseau de chaleur urbain de la ville d’Helsinki, capitale de la Finlande, pour la décarbonation de ses sources d’approvisionnement et leur remplacement par des sources nucléaires. Helen vise au minimum 400 MWth de chaleur nucléaire.

Calogena est également en discussion avec Kuopion Energia, l’opérateur du réseau de chaleur de la ville de Kuopio, en Finlande, pour un projet de 90 à 120 MWth.

En juin 2026, Calogena a signé un protocole d’accord avec Veolia afin d’étudier la possibilité de remplacer des centrales à charbon en Pologne et en République tchèque par les installations nucléaires calogènes de Calogena.

Et la production de froid ?

Il est techniquement possible de convertir la chaleur produite en énergie frigorifique destinée à alimenter un réseau de froid grâce à des machines à absorption. Calogena ne se focalise pas sur ce débouché car les réseaux de froid sont 20 fois moins développés que les réseaux de chaleur (on dénombre une cinquantaine de réseaux de froid en France). Pour autant, la production de froid en été pourrait être un moyen pour un module Calogena d’améliorer son taux d’utilisation à l’année et donc son rendement économique.

4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

4.5 - Les alternatives technologiques à la solution portée par Calogena

Répondre à la fois aux besoins de décarbonation et de développement massif des réseaux de chaleur nécessite de s'appuyer sur différentes solutions technologiques. La chaufferie nucléaire portée par Calogena s'inscrit dans une complémentarité par rapport aux autres solutions, qui à elles seules ne permettraient pas d'atteindre les objectifs nationaux et européens.

Au cours des 15 dernières années, l'extension des réseaux de chaleur s'est appuyée en grande partie sur le déploiement de centrales de combustion de biomasse, c'est-à-dire de matière organique²⁸.

Plusieurs signaux convergent cependant aujourd'hui vers un plafonnement, voire une limitation de cette ressource :

- il apparaît impossible de concilier l'ensemble des futurs usages de la biomasse (chauffage, carburants de deuxième génération, cogénération, etc.) selon le rapport de 2024²⁹ de l'Académie des sciences, « Quelles perspectives énergétiques pour la biomasse ? » ;
- la demande projetée de biomasse à l'horizon 2050 en France est quasiment le double de l'offre nationale soutenable selon l'étude IGEDD/CGE/CGAAER de 2023³⁰ ;
- la directive européenne 2023/2413 impose une hiérarchie d'usage du bois, dans laquelle la production d'énergie à partir de bois est reléguée en dernier recours, derrière les usages matériaux (bois de construction, réutilisation, recyclage) ;
- la réglementation européenne impose une augmentation progressive des quotas d'incorporation de carburants d'aviation durables pour les compagnies aériennes,

dont une part proviendra de la biomasse, accentuant encore davantage la tension sur cette ressource ;

- l'utilisation de la ressource bois-énergie est également limitée par des enjeux de préservation des forêts, déjà affaiblies par l'impact du changement climatique.

À titre d'exemple, la capitale finlandaise Helsinki a décidé de ne plus recourir à la combustion, y compris du bois, pour son chauffage, considérant le nucléaire comme la seule solution décarbonée à grande échelle.

La biomasse ne peut pas à elle seule répondre aux besoins de développement des réseaux de chaleur décarbonés.

D'autres solutions de décarbonation existent, mais en quantités limitées :

- **la géothermie** : son principe repose sur l'exploitation de la chaleur du sol ou de l'eau de nos sous-sols. Selon les estimations de l'ADEME et les scénarios de la SNBC (stratégie nationale bas carbone), le potentiel mobilisable pour la géothermie profonde en France représenterait au plus 7 % de la chaleur des réseaux à l'horizon 2035. Cette limite s'explique notamment par la rareté des sites favorables, la difficulté à évaluer les performances attendues et les risques géotechniques associés (risques sismiques en particulier). À cela s'ajoutent des délais et coûts de développement importants, qui viennent freiner la réalisation des projets. La géothermie représente aujourd'hui seulement 1 % de la consommation totale de chaleur en France³¹ ;

- **la chaleur fatale** : il s'agit de chaleur récupérable à haute température dans l'industrie, essentiellement produite en très grande majorité par des UVE (Unités de Valorisation Énergétique). Elles produisent de la chaleur par l'incinération de déchets qui ne peuvent être évités, réemployés ou recyclés. Cette chaleur, locale et pilotable, peut utilement alimenter les réseaux situés à proximité. Son potentiel d'extension reste néanmoins limité : une part importante des installations valorise déjà sa chaleur et le gisement de déchets incinérables n'a pas vocation à croître. Les politiques de prévention, de tri, de recyclage et de valorisation organique visent au contraire une réduction progressive des déchets résiduels, susceptible de diminuer à terme la chaleur disponible. Reposant par ailleurs sur un procédé de combustion associé à des émissions atmosphériques et à des résidus, les UVE constituent une solution pertinente localement, mais géographiquement contrainte et peu extensible. Les sources de plus basse température sont nombreuses (par exemple, les eaux usées), mais plus complexes à valoriser en direct car elles nécessitent l'usage d'une pompe à chaleur. La récupération de la chaleur émise par les data centers pourrait constituer une piste prometteuse. La part réellement intégrable et récupérable dans les réseaux de chaleur urbains dépendra cependant **du niveau de température disponible, de la localisation des réseaux, et de la mise en place du raccordement**. Cette part pourrait donc rester très inférieure au potentiel technique maximal identifié ;
- **les pompes à chaleur industrielles (PAC)** : ces installations captent la chaleur de diverses sources (comme

les eaux usées par exemple), et la réutilisent pour chauffer et climatiser des bâtiments. Elles ont un potentiel de développement et de passage à l'échelle conséquent, mais nécessitent un apport important en électricité dans un contexte où les capacités du réseau électrique sont sous forte tension. Elles dépendent également de la proximité d'une source froide importante ;

- **les chaudières électriques haute puissance** : aussi connues sous leur nom anglais *e-boilers*, ces chaudières reposent sur l'utilisation d'électricité verte pour faire bouillir de l'eau et produire de la vapeur grâce à des résistances électriques. L'intégration à grande échelle de ces installations est envisagée par plusieurs pays européens, notamment l'Autriche, le Danemark et la Finlande. Le développement de cette technologie encore aujourd'hui marginale est en phase d'accélération. Néanmoins, son rendement global est pénalisé par les multiples transformations énergétiques (à partir du vent ou du soleil, produire de l'électricité avant de la convertir en chaleur), ce qui pourrait en limiter le développement à grande échelle ;
- **les solutions de stockage thermique** : des technologies comme les batteries au sable permettent de stocker la chaleur produite à partir d'électricité lors des périodes de surproduction, pour la restituer ultérieurement. Elles constituent une solution complémentaire ou additionnelle pour répondre à des besoins ponctuels ;
- **le solaire thermique** : ce moyen de production d'énergie renouvelable joue un rôle marginal pour la chaleur urbaine. Sa capacité de production de chaleur reste limitée par son intermittence saisonnière³².

Pour atteindre l'objectif de décarbonation complète en 2050, **il est donc indispensable d'envisager d'autres sources d'énergie et de développer de nouvelles solutions de production de chaleur bas carbone dédiées à ces usages. Selon les estimations réalisées par le cabinet Carbone 4, la part à combler représenterait environ 25 % du besoin**, potentiellement couvert par les SMR calogènes, dans un scénario projetant la sortie complète des énergies fossiles³³.

²⁸ - Source : Rapport de la Prospective sur les SMR/AMR de la CRE.

²⁹ - Source : Rapport du Comité de prospective en énergie de l'Académie des sciences (janvier 2024).

³⁰ - Source : IGEDD, CGE, CGAAER, Potentiel de la biomasse agricole et forestière à l'horizon 2050, 2023.

³¹ - Source : Rapport de la Cour des comptes, *Les Soutiens publics au développement de la géothermie*, 2025.

³² - L'éolien, quant à lui, est uniquement électrogène et n'est donc pas considéré comme une alternative.

³³ - Source : *Les Small Modular Reactors (SMR), un levier important de décarbonation des réseaux de chaleur en Europe ?*, Carbone 4, 2026.

4 LES ENJEUX DE LA PRODUCTION DE CHALEUR ET LES SOLUTIONS ENVISAGÉES

Un besoin de solutions diversifiées et complémentaires

À l’instar du système électrique, dont l’équilibre futur nécessitera un mix diversifié de moyens de production, les réseaux de chaleur devront s’appuyer sur un portefeuille de solutions capables de répondre à des situations variées, selon les caractéristiques des territoires, la taille des réseaux et les profils de consommation. Dans cette logique, Calogena apporte une réponse particulièrement pertinente pour les réseaux de chaleur de villes moyennes et grandes, en fournissant une chaleur décarbonée de base ou de semi-base³⁴, un segment aujourd’hui peu couvert par les autres technologies bas carbone, hormis la géothermie lorsqu’elle est accessible.

Notation des moyens de production de chaleur bas carbone pour les réseaux de chaleur urbains (RCU) en Europe (notes de 1 à 5 pour chacun des critères considérés).

		Mauvaise performance					Excellente performance				
Critère d'évaluation et pondération		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Performance climatique et qualité de l'air 25 %											
Viabilité économique 25 %											
Facilité d'intégration dans le RCU 15 %											
Contraintes opérationnelles et capacité de déploiement 15 %											
Participation à la souveraineté 10 %											
Autres impacts environnementaux 10 %											
		SMR Biomasse Biogaz Solaire thermique PAC Géothermie Chaleur fatale									
		Source : Carbone 4.									

34 - Chaleur de base: chaleur produite pour couvrir de façon permanente les besoins d'un réseau de chaleur. Chaleur de semi-base: chaleur produite de façon régulière pour couvrir une part importante des besoins. D'autres moyens peuvent être mobilisés en complément lors des périodes de forte demande (pointe).

5

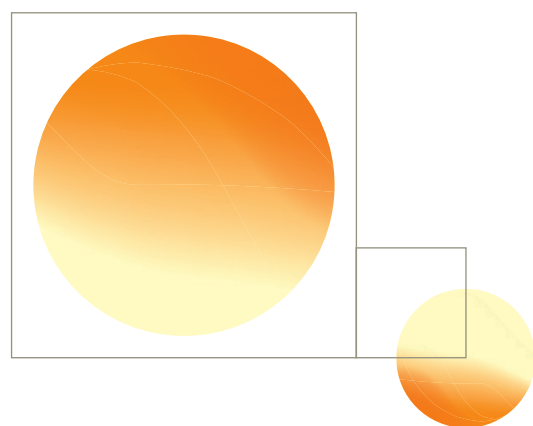
CADARACHE



Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

LE SITE CHOISI POUR L'IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE NUCLÉAIRE : LE CENTRE CEA DE CADARACHE

5.1 - Le CEA de Cadarache : centre de recherche au cœur de la transition énergétique	54
5.2 - L'intérêt d'une chaufferie nucléaire pour le centre CEA de Cadarache	56
5.3 - L'implantation de l'installation sur le centre CEA de Cadarache	57
5.4 - Le réseau de chaleur existant sur le centre CEA de Cadarache	58
5.5 - Les alternatives à l'implantation de la chaufferie nucléaire sur le centre CEA de Cadarache et le scénario « zéro »	59

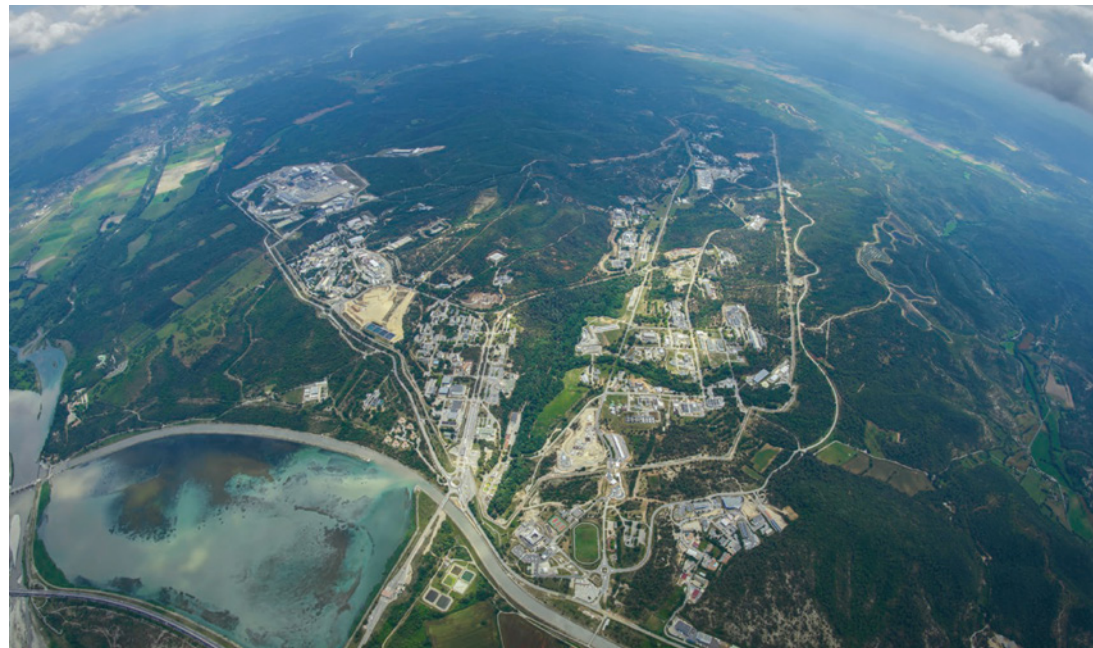


5 LE SITE CHOISI POUR L'IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE NUCLEAIRE : LE CENTRE CEA DE CADARACHE

5.1 - Le CEA de Cadarache : centre de recherche au cœur de la transition énergétique

Calogena prévoit d'installer sa chaufferie nucléaire sur le site du centre de Cadarache qui fait partie des neuf centres de recherche du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), un acteur majeur de la recherche au service de l'État, de l'économie et des citoyens.

Il apporte des solutions concrètes à leurs besoins dans les domaines de la transition énergétique, de la transition numérique, des technologies pour la médecine du futur, de la défense et de la sécurité.



Vue satellite du centre de Cadarache.

Source : CEA Cadarache.

Le centre CEA de Cadarache

Le centre CEA de Cadarache est localisé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Son activité est au cœur de la transition énergétique avec ses instituts de recherche et plateformes expérimentales dans le domaine des énergies bas carbone : énergie nucléaire (fission, fusion) et bioénergies. À ces recherches s'ajoutent les activités relatives à la propulsion nucléaire pour la Marine nationale, la recherche fondamentale en biosciences et biotechnologies, les études sur le démantèlement et l'assainissement des installations nucléaires et sur la sûreté nucléaire.

Le site accueille des installations de recherche de renommée internationale comme le réacteur Jules Horowitz (RJH) en construction, le réacteur d'essai CABRI, le tokamak WEST/Tore-Supra, banc de test pour Iter, ou encore la Cité des énergies.

Le site accueille des structures de formation et de recherche reconnues, et héberge également des laboratoires associés à des universités et grandes écoles, ainsi que des implantations industrielles.

Le centre CEA de Cadarache, c'est :

- **1 600 hectares**, dont 900 clôturés ;
- **2 600 salariés**, 5 500 personnes au total travaillant sur le centre ;

- **480 bâtiments**, dont 21 INB (installations nucléaires de base) ;
- **200 brevets** actifs (20 par an) ;
- **300 publications** scientifiques à comité de lecture par an.

La commune de Saint-Paul-lès-Durance

Saint-Paul-lès-Durance est située dans le département des Bouches-du-Rhône, à la limite de trois autres départements (Alpes-de-Haute-Provence, Var et Vaucluse), à une distance d'environ 40 km de la ville d'Aix-en-Provence.

D'une superficie d'environ 46 km², elle accueille le centre CEA de Cadarache sur environ un tiers de sa superficie. La commune accueille également le siège du projet nucléaire international Iter. La commune accueille de ce fait environ 12 000 travailleurs par jour pour environ 1 000 habitants permanents.



Vue satellite de la commune de Saint-Paul-lès-Durance.

Source : Google Maps, image satellite.

Le rôle de la CLI de Cadarache

Le Code de l'environnement prévoit la création d'une commission locale d'information (CLI) auprès de chaque installation nucléaire de base (INB), à l'échelle départementale. Les CLI constituent des instances pluralistes chargées d'assurer une mission générale de suivi, d'information et de concertation sur les activités nucléaires.

La CLI de Cadarache a été créée en 1993. À la suite de la loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, elle a adopté le statut d'association, conformément au cadre applicable à l'ensemble des CLI. Elle assure le suivi des activités du centre CEA de Cadarache, du centre Iter, et de l'irradiateur industriel Gammaster situé à Marseille. Elle organise chaque année des visites de sites, des actions pédagogiques et des réunions publiques. Elle peut également faire réaliser des expertises, y compris des études épidémiologiques, et faire procéder à toute mesure ou analyse dans l'environnement relative aux émissions ou rejets des installations suivies.

Elle est composée de trente élus du territoire (région, départements, groupements de communes, communes, parlementaires, etc.), de huit représentants d'associations de défense de l'environnement, de sept représentants des organisations syndicales et de douze personnes qualifiées et représentants des professions médicales et des intérêts économiques.

Pour la concertation préalable portant sur le projet de chaufferie nucléaire sur le centre CEA de Cadarache, organisée par Calogena, le rôle de la CLI est d'informer le public, de contribuer à rendre les sujets compréhensibles, de relayer l'existence de la concertation, en maintenant une posture de neutralité.

5 LE SITE CHOISI POUR L'IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE NUCLEAIRE : LE CENTRE CEA DE CADARACHE

5.2 - L'intérêt d'une chaufferie nucléaire pour le centre CEA de Cadarache

Dans le cadre de l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » du programme France 2030, le CEA joue un rôle d'accompagnement de certains projets lauréats, en mettant à disposition son expertise scientifique, technique et industrielle afin de favoriser leur développement.

Le centre CEA de Cadarache accueille depuis plusieurs décennies des installations nucléaires de base (INB) ainsi que des projets de recherche et de démonstration de premier plan. Il dispose d'infrastructures techniques et logistiques existantes facilitant l'implantation de SMR, notamment en matière de réseaux, d'accès et de services supports. La présence sur site de compétences spécialisées ainsi que d'organisations dédiées à l'exploitation et à la sûreté, avec un haut niveau d'exigence, constitue un environnement de référence.

Le CEA serait donc « hébergeur » du projet en mettant une parcelle à la disposition de Calogena. Dans cette optique, le CEA et Calogena ont signé, en juillet 2025, une lettre d'intention pour réaliser les études d'implantation et de raccordement au réseau de chaleur du centre de Cadarache d'un équipement conçu, construit et exploité par Calogena.

Calogena portera la responsabilité de la conception de sûreté du module et de sa démonstration auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) dans le cadre de la demande d'autorisation de création (DAC).

Le choix d'implantation sur le site de Cadarache est guidé par deux intérêts majeurs :

- **le partage d'une culture commune de la sûreté nucléaire : le centre CEA de Cadarache est un site de référence dans le domaine de la recherche sur l'énergie nucléaire ;**

- **la décarbonation du réseau de chaleur existant : le site dispose d'un réseau de chaleur aujourd'hui approvisionné au gaz.** Le site pourra réduire ses émissions grâce à la production de chaleur décarbonée de la chaudière nucléaire.

La technologie développée par Calogena s'aligne pleinement sur les enjeux du centre en matière de transition énergétique.

Le projet présente ainsi l'opportunité, pour Calogena :

- de mettre en service son équipement de validation de concept, **en conditions réelles d'exploitation**, sur un site familier des enjeux du nucléaire ;
- de **recueillir les sensibilités**, d'informer et d'échanger à propos de la solution technologique portée par l'entreprise, dans la mesure où celle-ci constitue une installation encore peu connue du public.

L'accueil de la chaufferie nucléaire permet par ailleurs au **CEA de Cadarache** :

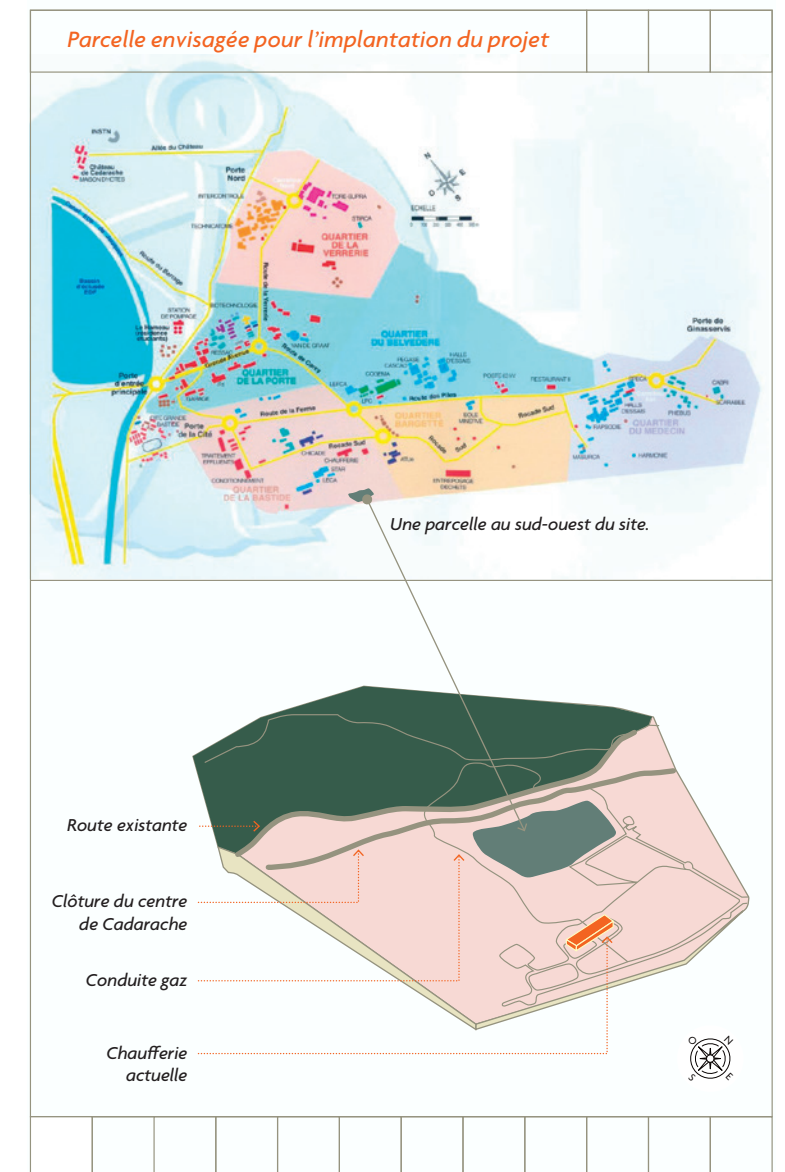
- d'affirmer **le rôle moteur du centre comme facilitateur de projets innovants**, conformément au mandat qui lui a été confié par l'État dans le cadre de l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » ;
- de **renforcer l'exemplarité environnementale du site**, en accueillant une solution robuste et bas carbone pourvoyant aux besoins en chaleur basse température du site.

5.3 - L'implantation de l'installation sur le centre CEA de Cadarache

L'emprise au sol de l'équipement développé par Calogena est très réduite, ce qui faciliterait son intégration au site. Elle est **de l'ordre de 1 200 m² pour le bâtiment sur un terrain d'exploitation de 3 000 m²**, donc similaire à l'empreinte d'une chaufferie classique de puissance équivalente.

Le SMR calogène serait situé à proximité de l'emplacement de la chaufferie actuelle, au sud-ouest du site, facilitant le raccordement aux conduites de chauffage du centre.

Du fait des enjeux de confidentialité liés à la sensibilité du site, certaines données ne pourront pas être partagées.



5 LE SITE CHOISI POUR L'IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE NUCLEAIRE : LE CENTRE CEA DE CADARACHE

5.4 - Le réseau de chaleur existant sur le centre CEA de Cadarache

Pour chauffer ses bâtiments, le centre CEA de Cadarache dispose aujourd'hui d'un réseau de chaleur alimenté au gaz. Ce réseau de chaleur comprend trois boucles : une en eau chaude (110 °C) et deux en eau surchauffée (160 °C et 180 °C). Une étude de passage des réseaux en eau surchauffée en eau chaude est menée actuellement par le CEA. La longueur totale du réseau est de 55 km, couvrant environ 800 hectares.

Les sources de chaleur actuelles, totalisant environ 46 MWth, sont des unités de cogénération gaz d'une puissance

de 5 MWth opérées par Dalkia, à démanteler en 2029, et trois chaudières à gaz (deux de 16 MWth et une de 9 MWth) opérées par ADF. Les chaudières fonctionnent à 50 % en complément des unités de cogénération.

La chaufferie nucléaire développée par Calogena remplacerait la chaufferie gaz actuelle. Une fois le raccordement du SMR au réseau de chaleur de Cadarache effectué, la chaufferie gaz serait redimensionnée pour constituer un moyen de secours de distribution de chaleur.

L'utilisation de la chaleur excédentaire

Les besoins du réseau de chaleur du site sont inférieurs à ceux des réseaux de chaleur urbains de plus grande ampleur auxquels la solution développée par Calogena est principalement destinée. L'évaluation des moyens à mettre en œuvre pour l'évacuation de la chaleur excédentaire en cas de phase de sous-consommation est en cours d'étude par Calogena.

5.5 - Les alternatives à l'implantation de la chaufferie nucléaire sur le centre CEA de Cadarache et le scénario « zéro »

L'alternative technique serait le maintien du fonctionnement actuel au gaz ou l'installation d'une chaudière utilisant la biomasse pour répondre aux besoins de chaleur basse température du centre. Le CEA a envisagé le remplacement de sa chaudière existante par des chaudières utilisant la biomasse, afin de réduire ses émissions de carbone liées au réseau de chaleur en service. Ce projet est actuellement suspendu du fait du projet de chaufferie nucléaire de Calogena.

L'alternative géographique serait le choix d'un autre site pour la construction de la première chaufferie nucléaire de Calogena. Calogena entend réaliser ce premier projet en France, sur un site déjà nucléarisé, afin de bénéficier d'un environnement favorable, mature et familier des activités nucléaires. Calogena évalue actuellement plusieurs sites susceptibles d'accueillir de futurs projets, mais aucun ne présente à ce stade un niveau de maturité comparable à celui du projet de Cadarache.

La priorité stratégique de l'entreprise demeure le déploiement de sa première installation à Cadarache. Ce dernier bénéficie en effet d'une configuration

particulièrement favorable, le CEA constituant un interlocuteur unique à la fois pour la mise à disposition du foncier et pour la fourniture de chaleur.

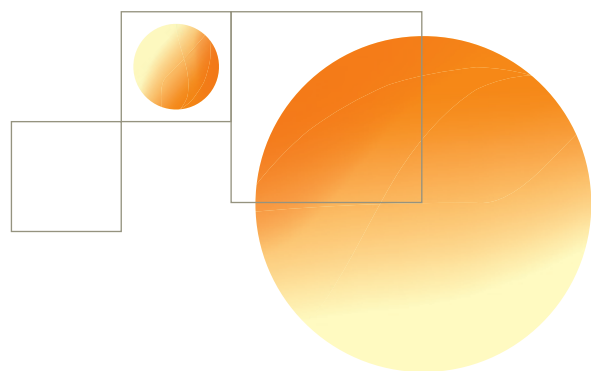
La réalisation d'un premier projet à Cadarache apparaît donc comme un jalon essentiel dans la perspective du développement de la filière, visant à démontrer l'utilité et le bon fonctionnement de la technologie. Cette démonstration est fondamentale pour les futurs clients de Calogena, en vue du déploiement de SMR calogènes sur des sites en périphérie de ville pour décarboner les réseaux de chaleur urbains.

En outre, l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » du plan France 2030, dont Calogena est lauréate, a, parmi ses objectifs, de créer des champions européens des SMR. La non-réalisation du projet et ses conséquences pourraient aller à l'encontre de ces objectifs.

6



LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA



6.1 - La technologie développée par Calogena	62
6.2 - Un combustible déjà utilisé dans le parc nucléaire français	64
6.3 - Un réacteur calogène en convection naturelle	64
6.4 - Les différentes composantes de l'équipement	68
6.5 - Le fonctionnement du réacteur	70
La cuve-échangeur	70
La boucle secondaire	71
La séparation des circuits	71
L'optimisation de la récupération de chaleur	71
6.6 - La réaction nucléaire	72
La fission nucléaire	72
Le ralentissement des neutrons	73
L'équilibre de la réaction en chaîne	73
Les mécanismes naturels de sûreté	73

6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

6.1 - La technologie développée par Calogena

Calogena développe un **petit réacteur modulaire (SMR) non électrogène**, dont la vocation est de produire directement de la chaleur à 110 °C, destinée au chauffage urbain.

Cette solution repose sur une technologie nucléaire éprouvée, celle des **réacteurs à eau légère**, et dans des conditions de fonctionnement modérées, tant en température qu'en pression.

Chiffres techniques clés d'une installation Calogena	
Récupération de la chaleur produite	> 95 %
Puissance nominale 100 à 150 fois moins qu'un réacteur conventionnel	30 à 45 MWth
Pression Équivalente à celle d'un pneu de vélo Plus de 25 fois moins qu'un réacteur conventionnel (155 bars)	6 bars
Température adaptable aux besoins du réseau	70 à 110 °C
Durée de vie de l'installation	60 ans
Pilotage en fonction des besoins de production	10 à 100 % P ³⁵ _{nom}
Fréquence de rechargement du combustible	2 ans
Besoin foncier	3 000 m²
Besoin en électricité	3 000 kVA (HTA)
Besoin en eau	5 m³/jour
Combustible	Crayon UO ₂ < 5 % ³⁶

Les avantages clés de la technologie développée par Calogena

- Une chaleur bas carbone ;
- un faible besoin en eau et en électricité pour le fonctionnement de l'installation ;
- un concept conçu pour être simple et robuste, à très haut niveau de sûreté ;
- une capacité de modulation permettant une adaptation fine aux variations de la demande ;
- un approvisionnement reposant sur une chaîne de valeur entièrement européenne, indépendante des marchés du gaz et de l'électricité ;
- une emprise au sol très réduite ;
- une conception compacte et standardisée au niveau industriel ;
- un coût de la chaleur produite compétitif.

Au stade actuel d'avancement du projet, **Calogena explore la possibilité d'augmenter la puissance du réacteur calo-gène de 30 MWth à 45 MWth**, ce qui permettrait d'améliorer la rentabilité de l'installation. Cette évolution serait **sans impact notable sur les principes généraux de conception de la chaudière ou sur le coût de l'installation**.

La maturité technologique de l'équipement a été confirmée par une évaluation du Haut-commissaire à

l'énergie atomique (HCEA)³⁷, qui a réalisé au cours de l'année 2024 une revue indépendante des projets retenus dans le cadre de l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » de France 2030. Un jury d'environ 40 experts au total a défini les forces et les défis techniques de chaque projet. **C'est sur cette base que le Conseil de politique nucléaire (CPN) du 17 mars 2025 a validé le lancement de l'étude de faisabilité d'un premier SMR sur le centre CEA de Cadarache.**



Vision d'ensemble d'un module Calogena (illustration générique).

35 - Puissance nominale. 36 - Voir chapitre 6.2 : « Un combustible déjà utilisé dans le parc nucléaire français ».

37 - Le HCEA est chargé de missions de conseil, de contrôle et d'expertise dans le domaine nucléaire et la défense nationale de la France. Pour en savoir plus : <https://www.sgdsn.gouv.fr/notre-organisation/composantes/le-haut-commissaire-lenergie-atomique>.

6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

6.2 - Un combustible déjà utilisé dans le parc nucléaire français

Calogena a privilégié un développement permettant de choisir **un combustible disponible industriellement, utilisé dans la plupart des réacteurs de puissance dans le monde et dans tout le parc électronucléaire français**. Le réacteur utilise un combustible de type « crayon », version raccourcie des assemblages REP (réacteur à eau pressurisée) exploités en France (environ quatre fois plus court³⁸), utilisant des pastilles d'oxyde d'uranium faiblement enrichies à environ 4 % et présentant les mêmes éléments de structure. Calogena vise un approvisionnement en combustible français et a travaillé en ce sens avec Orano et Framatome.

Cette intégration cohérente dans le cycle du combustible national permet un approvisionnement qui s'insère sans heurt dans les capacités d'enrichissement et de fabrication existantes. Les assemblages combustibles pourraient être produits par Framatome, sur le centre de fabrication de Romans-sur-Isère, où sont produits les assemblages actuellement exploités en France.

Orano pourrait assurer l'approvisionnement en combustible (matière première, conversion et enrichissement). L'autonomie en combustible est garantie sur plusieurs années grâce à des contrats sécurisés d'approvisionnement en uranium.



6.3 - Un réacteur calogène en convection naturelle

Un réacteur calogène est **non électrogène** : il ne produit pas d'électricité. La chaleur issue de la réaction nucléaire est utilisée directement pour alimenter un réseau de chaleur, sans passer par une étape de conversion en électricité. Cela évite les pertes de rendement liées à cette conversion.

Cette différence influence fortement la conception du réacteur. Pour produire de l'électricité avec un bon rendement, il faut créer un écart de température élevé entre une source chaude et une source froide. C'est pourquoi un réacteur électrogène de type REP doit fonctionner à très haute température : l'eau du circuit primaire dépasse généralement 320 °C.

À cette température, il faut maintenir l'eau sous très forte pression pour éviter qu'elle ne se transforme en vapeur dans le circuit primaire. Dans un REP, cette pression atteint environ 155 bars, soit 155 fois la pression atmosphérique. Dans ces conditions, la marge avant ébullition est réduite. Or la formation de vapeur peut dégrader le refroidissement du combustible, dont la température est beaucoup plus élevée. Pour prévenir ce risque, les réacteurs électrogènes nécessitent de nombreux systèmes de contrôle et de sauvegarde redondants incluant les situations avec une rupture du circuit. À l'inverse, un réacteur calogène fonctionne à des températures beaucoup plus basses, adaptées à la production de chaleur.

Il peut donc être conçu avec un fonctionnement plus simple, à plus basse pression, et avec un niveau de sûreté élevé reposant sur des principes physiques plus robustes.

C'est ce choix de ne pas produire d'électricité qui permet de concevoir un réacteur comportant un nombre de systèmes (c'est-à-dire les ensembles fonctionnels nécessaires au fonctionnement de l'installation : circuits, équipements, dispositifs de contrôle, etc.) significativement réduit. Cette simplification contribue à la simplicité de conception, à la robustesse de l'installation et à la maîtrise des enjeux de sûreté.

Un réacteur développé par Calogena ne nécessite pas de source froide : la chaleur qu'il produit est entièrement évacuée sur le réseau ou, en cas de problème, sur la très grande piscine dans laquelle il est plongé. Au contraire, pour produire de l'électricité, il est physiquement nécessaire de chauffer d'un côté et de refroidir de l'autre. Pour un réacteur nucléaire électrogène de type REP, la source froide est un cours d'eau ou l'océan. Dans le cas d'un cours d'eau, pour éviter d'augmenter trop fortement la température de celui-ci, un aéroréfrigérant peut alors être ajouté.

Le réacteur développé par Calogena est basé sur le principe d'un thermosiphon pour la circulation de l'eau dans le circuit primaire. Cela veut dire qu'il n'y a pas de pompe et donc de risque d'arrêt de celle-ci (par perte d'alimentation électrique par exemple). Ce principe physique repose sur la différence de densité de l'eau : plus chaude, l'eau est moins dense et elle a tendance à monter, plus froide, elle est plus dense et elle a tendance à descendre. L'élément important est la hauteur, comme dans le cas du tirage naturel observé dans une cheminée. **Ce principe simple confère une grande fiabilité au réacteur.**

En outre, un principe physique joue naturellement en faveur de la sûreté : lorsque la température augmente, la réactivité du réacteur diminue, ce qui réduit automatiquement sa puissance. Ce mécanisme, appelé **contre-réaction**, empêche tout emballement du réacteur.

Plus la température s'élève, moins la réaction en chaîne peut se maintenir.

Ce phénomène existe déjà dans les REP, mais il est plus marqué dans le réacteur développé par Calogena. En fonctionnement normal, la température du combustible d'un REP se situe généralement entre 600 °C et 900 °C, contre environ 250 °C dans le cœur de ce réacteur. Par ailleurs, ce combustible à base d'uranium peut supporter des températures proches de 1800 °C. Le réacteur développé par Calogena dispose donc d'une marge thermique plus importante.

La cuve du réacteur se situe en fond d'une piscine de 10 mètres de profondeur et dans un puits d'une dizaine de mètres, ce qui représente une vingtaine de mètres de profondeur pour le cœur du réacteur et une pression hydrostatique de 3 bars. Le volume d'eau est supérieur à 1 000 mètres cubes avec 100 mètres cubes pour le circuit primaire. **Ces volumes confèrent au réacteur une inertie thermique importante et une autarcie³⁹ d'environ une semaine** (voir chapitre 7.1 : « Des choix de conception orientés par la maîtrise des risques », page 78).

Le transfert de la chaleur se fait via un circuit intermédiaire, fonctionnant comme un double échangeur (échangeur entre la boucle primaire et la boucle intermédiaire puis échangeur entre la boucle intermédiaire et la boucle tertiaire, c'est-à-dire le réseau de chauffage dans le cas de Calogena).

Conformément aux principes de sûreté et à la défense en profondeur, les trois barrières sont pleinement assurées avec des contrôles radiologiques en continu : gaine du combustible, cuve-échangeur du réacteur et piscine, et enfin enceinte de confinement (bâtiment réacteur).

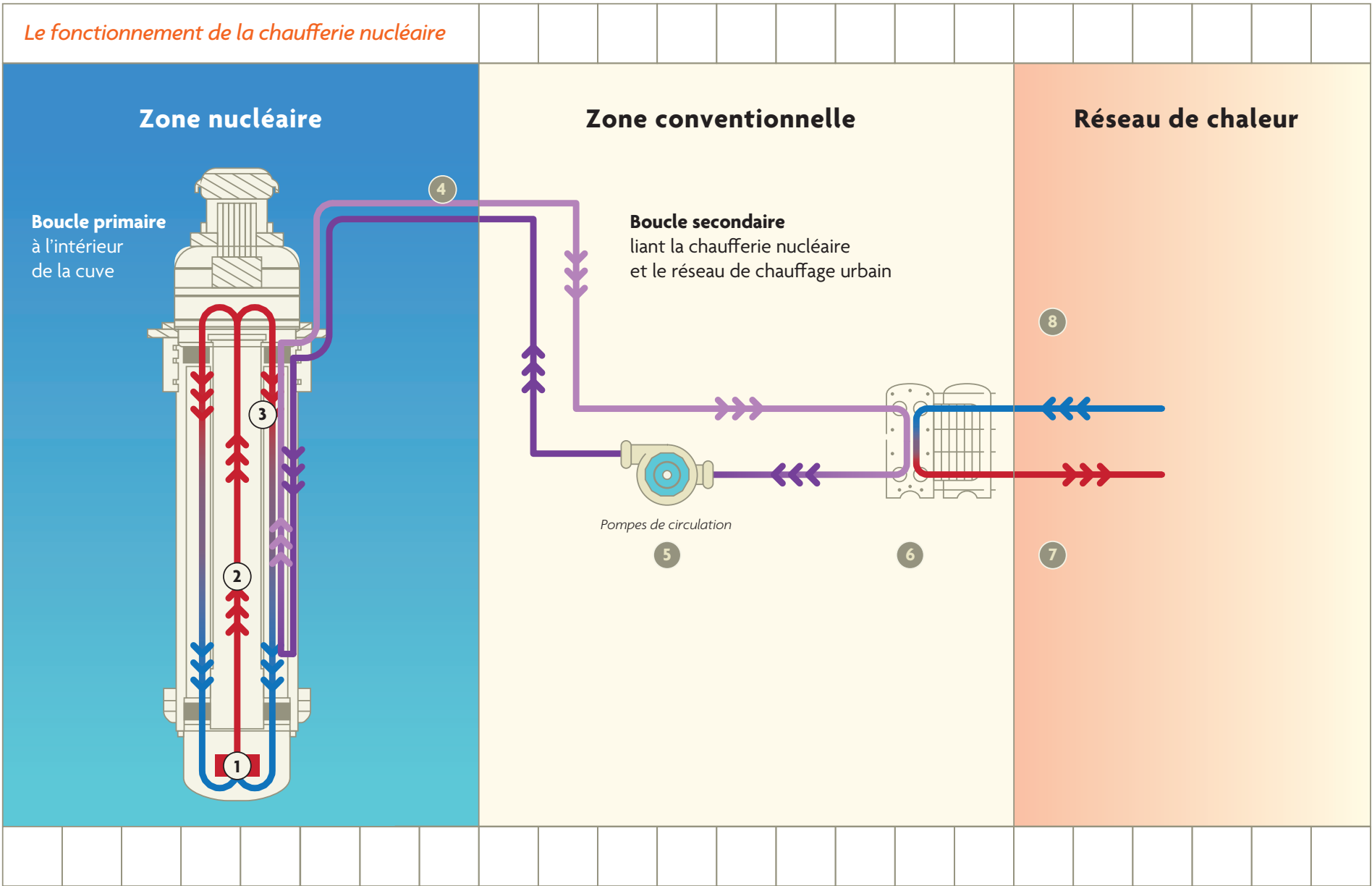
Enfin, les pertes de chaleur dissipées dans la piscine sont récupérées et réinjectées dans le réseau de chaleur via une pompe à chaleur pour une économie poussée de la production de chaleur.

38 - Les assemblages REP utilisés en France mesurent environ 4 mètres. Les assemblages utilisés par Calogena mesureront donc environ 1 mètre.

39 - C'est-à-dire la capacité à atteindre et maintenir un état sûr sans apport externe d'énergie, d'eau ou d'action humaine pendant une durée déterminée.

6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES
DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

Pour produire de la chaleur destinée aux réseaux de chauffage urbain, le fonctionnement du réacteur repose sur des technologies éprouvées issues de l'industrie nucléaire, tout en privilégiant la simplicité grâce à la circulation naturelle de l'eau dans le circuit primaire.



BOUCLE PRIMAIRE

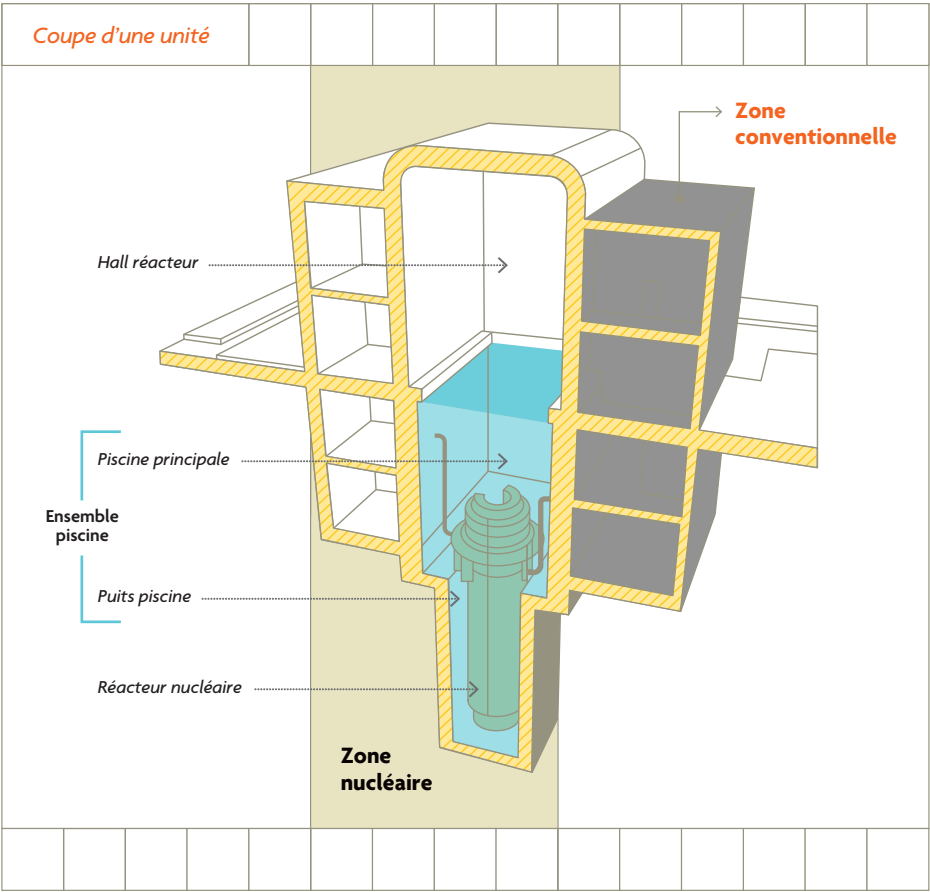
- 1 La réaction nucléaire au cœur du réacteur chauffe l'eau du circuit primaire. Au fond de la cuve, se trouve le cœur du réacteur, constitué d'assemblages combustibles contenant de l'uranium dans des tubes étanches : les crayons combustibles. La réaction nucléaire contrôlée qui s'y déroule produit de la chaleur, laquelle est transmise à l'eau du circuit primaire qui entoure le combustible.
- 2 L'eau chaude remonte dans la cheminée du réacteur. Sous l'effet de son réchauffement, l'eau devient légèrement moins dense et remonte naturellement dans une cheminée centrale. Ce phénomène physique, identique à celui d'une machine à café à l'italienne et appelé convection naturelle, permet de faire circuler l'eau sans pompe à l'intérieur du réacteur.
- 3 L'eau entre puis circule dans l'échangeur de chaleur, et chauffe l'eau du circuit secondaire. L'eau du circuit primaire se refroidit alors et redescend. L'eau chaude provenant du cœur du réacteur atteint la partie supérieure de la cuve où se situe l'entrée de l'échangeur de chaleur entre le circuit primaire et le secondaire sous forme de tubes verticaux. L'eau du circuit primaire circule alors à l'intérieur de tubes tandis que l'eau du circuit secondaire circule à l'extérieur de ces mêmes tubes. Les deux eaux ne se mélangent jamais ; seule la chaleur traverse les parois métalliques des tubes. En cédant sa chaleur à l'eau secondaire, l'eau primaire se refroidit, devient plus dense et redescend naturellement vers le fond de la cuve où elle est à nouveau réchauffée dans le cœur. La circulation du circuit primaire est ainsi assurée en permanence par les seules forces naturelles liées aux différences de température. C'est le principe d'un thermosiphon.

BOUCLE SECONDAIRE

- 4 L'eau du circuit secondaire réchauffée quitte la « zone nucléaire » de la chaufferie et entre dans la zone conventionnelle.
- 5 Le circuit secondaire est équipé de pompes qui assurent la circulation de l'eau vers les installations de transfert de chaleur.
- 6 Un second échangeur de chaleur transfère la chaleur du circuit secondaire vers l'eau du réseau de chauffage urbain.
- 7 L'eau chaude du réseau est alors envoyée vers les habitations, les bâtiments publics ou les installations industrielles raccordés au réseau de chaleur.
- 8 Après avoir cédé son énergie aux utilisateurs, l'eau refroidie du réseau de chaleur revient vers la zone conventionnelle de la chaufferie nucléaire, où elle est à nouveau réchauffée.

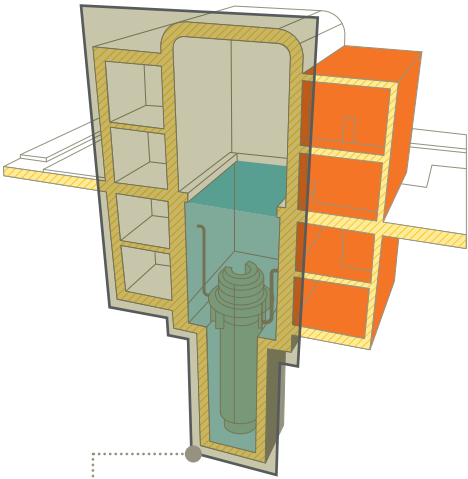
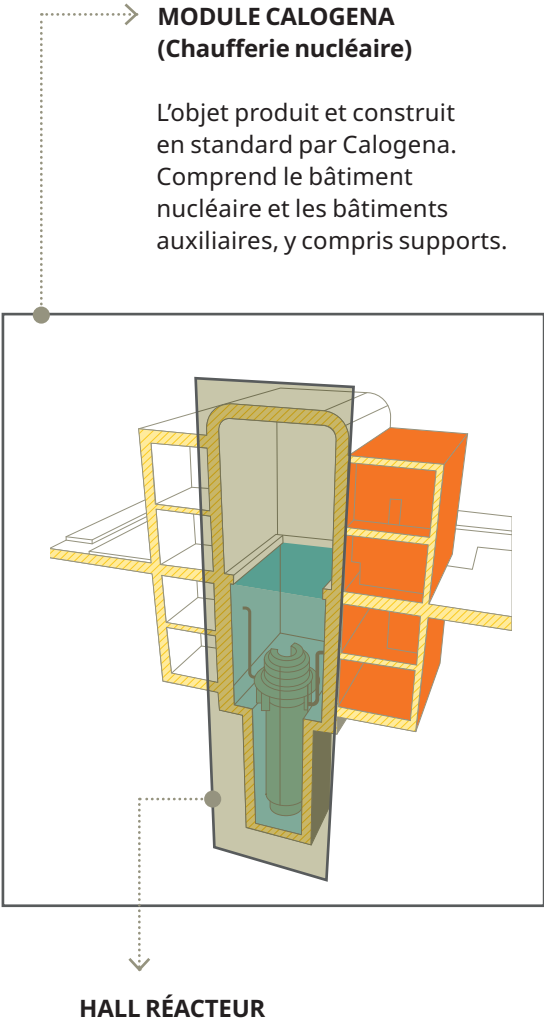
6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES
DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

6.4 - Les différentes composantes de l'équipement



Qu'est-ce que la zone conventionnelle ?

Au sein de l'installation, la zone conventionnelle regroupe les systèmes non nucléaires. Elle comporte quatre étages d'environ 300 m² chacun. Dans les deux niveaux enterrés, on trouve les pompes du circuit secondaire et les échangeurs permettant de transférer la chaleur du circuit secondaire au réseau de chaleur. Dans les niveaux aériens sont logés les transformateurs et tableaux de distribution électriques, ainsi que les équipements pour la ventilation non nucléaire (ventilateurs de soufflage et d'extraction, centrales de traitement d'air). La zone présente une hauteur totale d'environ 22 mètres, dont 14 mètres sont enterrés et 8 mètres sont visibles en surface.



BÂTIMENT NUCLÉAIRE

Périmètre délimité par la coque avion⁴⁰. La cheminée et le hall permettant l'accès et l'accueil des camions ne sont pas compris dedans mais en sont des extensions.



RÉACTEUR
(Chaudière nucléaire)

Périmètre délimité par la cuve, couvercle, CRDM⁴¹ et liaisons avec clapets.

40 - Enveloppe extérieure du bâtiment nucléaire, qui entoure et protège les principaux équipements du réacteur.
41 - Control Rod Drive Mechanism : mécanismes permettant de déplacer les barres de contrôle du réacteur.

6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

6.5 - Le fonctionnement du réacteur

Pour produire de la chaleur destinée aux réseaux de chauffage urbain, le fonctionnement du réacteur repose sur des technologies éprouvées issues de l'industrie nucléaire, tout en privilégiant la simplicité grâce à la circulation naturelle de l'eau dans le circuit primaire.



La cuve-échangeur

Au fond de la cuve se trouve le cœur du réacteur, constitué d'assemblages combustibles contenant de l'uranium dans des tubes étanches : les crayons combustibles. La réaction nucléaire contrôlée qui s'y déroule produit de la chaleur, laquelle est transmise à l'eau du circuit primaire qui entoure le combustible.

Sous l'effet de son réchauffement, l'eau devient légèrement moins dense et remonte naturellement dans une cheminée centrale. Ce phénomène physique,

appelé convection naturelle, permet de faire circuler l'eau sans pompe à l'intérieur de la cuve.

L'eau chaude provenant du cœur atteint la partie supérieure de la cuve où se situe l'entrée de l'échangeur de chaleur primaire-secondaire sous forme de tubes verticaux.

L'eau du circuit primaire circule alors à l'intérieur de tubes tandis que l'eau du circuit secondaire circule à l'extérieur de

ces mêmes tubes. Les deux eaux ne se mélangent jamais ; seule la chaleur traverse les parois métalliques des tubes.

En cédant sa chaleur à l'eau secondaire, l'eau primaire se refroidit, devient plus dense et redescend naturellement vers le fond de la cuve où elle est à nouveau réchauffée dans le cœur. La circulation du circuit primaire est ainsi assurée en permanence par les seules forces naturelles liées aux différences de température. C'est le principe d'un thermosiphon.

La boucle secondaire

L'eau du circuit secondaire, réchauffée dans l'échangeur situé à l'intérieur de la cuve, quitte le bâtiment nucléaire pour rejoindre le bâtiment auxiliaire. Contrairement au circuit primaire, le circuit secondaire est équipé de pompes qui assurent la circulation de l'eau vers les installations de transfert de chaleur.

Dans le bâtiment auxiliaire, un second échangeur de chaleur transfère l'énergie du circuit secondaire vers le réseau de chauffage urbain. L'eau chaude du réseau est alors envoyée vers les habitations, les bâtiments publics ou les installations industrielles raccordés au réseau de chaleur. Après avoir cédé son énergie aux utilisateurs, l'eau refroidie revient vers la centrale où elle est à nouveau réchauffée.

Là encore, les eaux des différents circuits restent totalement séparées : la chaleur est transmise d'un circuit à l'autre à travers des échangeurs, sans aucun mélange des fluides.

La séparation des circuits

Le concept développé par Calogena repose sur les trois barrières successives classiques en sûreté nucléaire : le crayon combustible étanche, la cuve et la piscine, et le bâtiment nucléaire.

Le circuit primaire est entièrement contenu dans la cuve immergée, où est produite la chaleur nucléaire. Le circuit

secondaire transporte cette chaleur jusqu'au bâtiment auxiliaire. Le réseau de chauffage urbain distribue la chaleur aux consommateurs.

Cette séparation des circuits, associée à la circulation naturelle dans le primaire, contribue à la robustesse, à la simplicité d'exploitation et à la sûreté

de l'installation. Le réacteur fonctionne ainsi comme une chaudière dont la chaleur est transférée progressivement jusqu'aux utilisateurs, tout en maintenant un confinement permanent de la partie nucléaire à l'intérieur de l'îlot nucléaire.

L'optimisation de la récupération de chaleur

Comme tout système produisant de la chaleur, un réacteur nucléaire échange naturellement une partie de son énergie thermique avec son environnement proche. Dans le cas de Calogena, la cuve du réacteur est entièrement immergée dans une grande piscine d'eau qui constitue une réserve importante de sûreté et participe au refroidissement de l'installation.

Une faible fraction de la chaleur produite dans le cœur est ainsi transférée à travers les parois de la cuve vers l'eau de la piscine. Ces échanges thermiques sont un phénomène physique naturel et inévitable, pris en compte dès la conception de l'installation.

Plutôt que de considérer cette chaleur comme une perte, Calogena prévoit de la récupérer et de la valoriser. La piscine est équipée d'un système de récupération thermique associé à une pompe à chaleur.

Le principe est comparable à celui d'une pompe à chaleur domestique, mais à une échelle plus importante. La pompe à chaleur prélève les calories présentes dans l'eau de la piscine, même lorsque sa température est relativement modérée, puis élève leur niveau de température afin qu'elles puissent être utilisées par le réseau de chauffage urbain.

Cette approche présente un double avantage. D'une part, elle permet de maintenir la piscine à la température souhaitée pour les besoins de l'installation. D'autre part, elle transforme une énergie qui serait autrement dissipée en une source de chaleur utile pour les bâtiments raccordés au réseau.

Ainsi, l'ensemble de la chaleur produite par le réacteur est valorisé au maximum : la majeure partie est transférée directement au réseau de chaleur par les échangeurs principaux, tandis que les échanges thermiques résiduels avec la

piscine sont récupérés et réutilisés grâce à la pompe à chaleur. Cette démarche contribue à améliorer encore l'efficacité énergétique globale de l'installation et à optimiser l'utilisation de chaque kilowattheure thermique produit.

Le module est conçu pour produire et transférer la chaleur du cœur nucléaire vers le réseau de chaleur du centre. Le module est pilotable en temps réel : sa puissance étendue peut être modulée, ce qui permet une adaptation fine aux variations de la demande. En l'absence de demande du réseau de chaleur (par exemple, certaines périodes de l'été), la chaudière passe en état de veille dans l'attente d'un appel du réseau ou d'une montée en puissance. Cette capacité de mise en pause, sans danger, permet notamment la conduite d'opérations de maintenance et de manutention.

6 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

6.6 - La réaction nucléaire

La fission nucléaire

Le fonctionnement du cœur du réacteur développé par Calogena repose sur les mêmes principes éprouvés que ceux des réacteurs nucléaires à eau pressurisée (REP), qui produisent aujourd'hui l'essentiel de l'électricité nucléaire en France. Le cœur est environ 100 à 150 fois moins puissant qu'un réacteur à eau pressurisée destiné à la production d'électricité de type EPR2.

Le combustible utilisé est constitué de petites pastilles (cylindre d'environ 1 cm de diamètre et de hauteur) d'oxyde d'uranium empilées dans des tubes métalliques appelés crayons combustibles. Ces crayons sont regroupés selon une géométrie très précise dans un réseau de 17 x 17 positions, soit 289 emplacements. Un assemblage combustible comprend ainsi 264 crayons contenant du combustible, 24 tubes guides destinés aux grappes de contrôle et un tube central d'instrumentation.

Le cœur du réacteur est composé de 32 assemblages de ce type. Leur conception est très proche de celle des assemblages utilisés dans les REP, à une différence notable : leur hauteur est d'environ 1 mètre, contre près de 4 mètres pour les réacteurs électro-nucléaires classiques.

L'ensemble du cœur est immergé dans de l'eau. Cette eau remplit deux fonctions essentielles : elle évacue la chaleur produite dans le combustible afin de la transférer vers le réseau de chauffage, mais elle joue également un rôle fondamental dans la physique du réacteur en tant que modérateur. Pour comprendre cette seconde fonction, il faut revenir au mécanisme de la réaction en chaîne.

Un atome est constitué d'un noyau, formé de protons et de neutrons, autour duquel gravitent des électrons. Dans certains noyaux particuliers, comme

l'uranium 235, l'absorption d'un neutron peut rendre le noyau instable et provoquer sa rupture en deux fragments plus légers. Ce phénomène est appelé fission nucléaire.

Lorsqu'une fission se produit, une très grande quantité d'énergie est libérée sous forme de chaleur. Cette chaleur est à l'origine de l'énergie produite par le réacteur. Mais la fission libère également en moyenne deux à trois nouveaux neutrons.

Ces neutrons peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium, qui libèrent eux-mêmes de nouveaux neutrons. Ainsi se crée une réaction en chaîne.

Le ralentissement des neutrons

Les neutrons émis lors d'une fission sont extrêmement rapides, se déplaçant à plusieurs milliers de kilomètres par seconde. Or, les noyaux d'uranium 235 ont beaucoup plus de chances de subir une nouvelle fission lorsqu'ils sont frappés par des neutrons ralentis, appelés neutrons thermiques (leur vitesse correspond à l'agitation de la température du milieu).

C'est précisément le rôle de l'eau présente dans le cœur. Au cours de leurs multiples collisions avec les noyaux d'hydrogène contenus dans les molécules d'eau, les neutrons perdent progressivement de leur énergie, un peu comme une bille qui rebondit successivement sur d'autres billes. L'eau agit ainsi comme un modérateur, c'est-à-dire un ralentisseur de neutrons.

Grâce à ce ralentissement, les neutrons deviennent beaucoup plus efficaces pour entretenir la réaction en chaîne. Sans modérateur, une grande partie d'entre eux s'échapperait du cœur ou serait absorbée sans provoquer de nouvelles fissions.

L'équilibre de la réaction en chaîne

Le fonctionnement sûr d'un réacteur repose sur un équilibre précis. Si chaque génération de neutrons produit exactement une génération suivante de même importance, la puissance du réacteur reste stable. Les physiciens parlent alors d'état critique.

Si trop peu de neutrons provoquent de nouvelles fissions, la réaction s'atténue progressivement et la puissance

diminue. À l'inverse, si trop de neutrons sont disponibles, la puissance augmente.

Pour maintenir cet équilibre, le réacteur dispose de plusieurs moyens de contrôle. Des matériaux absorbant fortement les neutrons, regroupés dans les grappes de contrôle, peuvent être introduits plus ou moins profondément dans le cœur. En capturant une partie

des neutrons, ils permettent d'ajuster très finement la puissance du réacteur. C'est le choix qui a été fait par Calogena pour le cœur de son réacteur.

Les mécanismes naturels de sûreté

L'une des caractéristiques les plus remarquables d'un réacteur à eau est l'existence de mécanismes naturels qui tendent spontanément à stabiliser la réaction nucléaire.

Lorsque la température du combustible ou de l'eau augmente, les conditions deviennent légèrement moins favorables aux fissions. Le nombre de neutrons capables de provoquer de nouvelles réactions diminue alors naturellement. La puissance tend donc à redescendre d'elle-même.

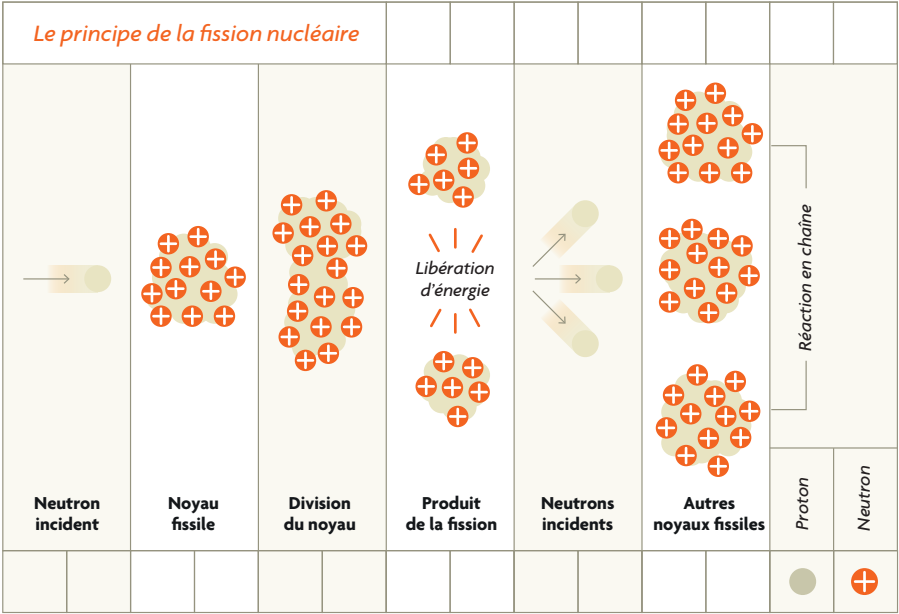
Ces phénomènes, appelés contre-réactions neutroniques, constituent un élément essentiel de la sûreté nucléaire. Ils permettent au réacteur de s'auto-réguler en partie face aux variations de fonctionnement.

Ainsi, la neutronique peut être vue comme la science de simuler le parcours de milliards de neutrons et de déterminer les conditions pour maintenir une réaction en chaîne stable, maîtrisée et sûre. C'est cet équilibre permanent entre production, ralentissement, absorption et fuite des neutrons qui permet au cœur du réacteur de produire de la chaleur de manière continue pendant plusieurs années.

L'énergie libérée lors de la fission d'un noyau provient du fait qu'une partie de la masse se transforme en énergie suivant la célèbre équation d'Einstein $E = mc^2$ (c étant la vitesse de la lumière dans le vide, appelée célérité). Dans le réacteur développé par Calogena, la masse qui disparaît pour produire suffisamment d'énergie pendant une année

complète est de l'ordre de seulement 10 g et la masse d'uranium 235 fissionné est de 10 kg.

Ceci explique la fréquence de rechargement en combustible nucléaire : quatre assemblages tous les deux ans pour le module série de Calogena.



6

LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES
DE LA TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE PAR CALOGENA

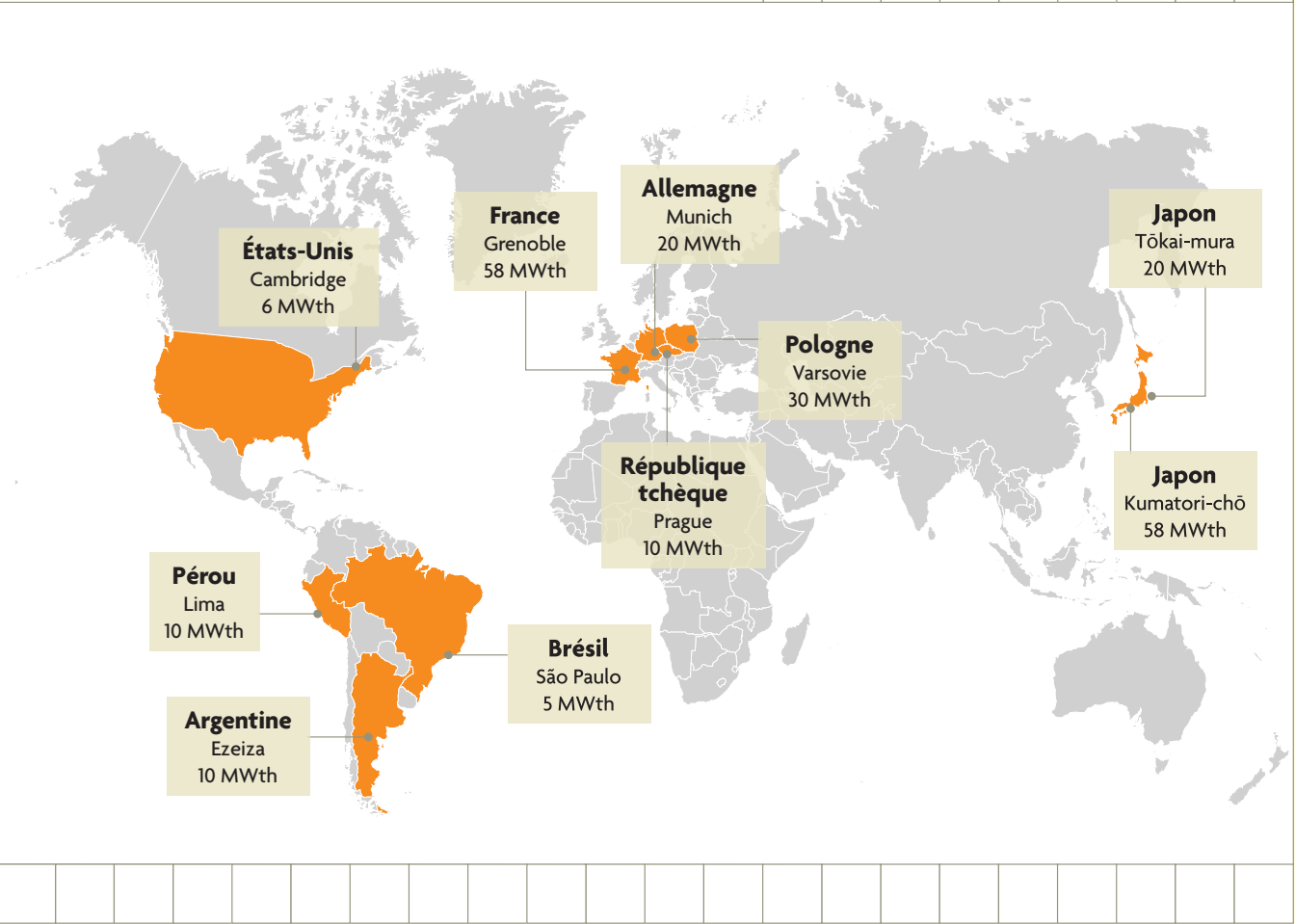
Un important historique de recherche
sur ce type d'équipement

La technologie développée par Calogena est la première réalisation de ce type visant à produire et commercialiser de la chaleur. Elle constitue, à ce titre, une innovation.

De nombreux réacteurs de recherche reposant sur les mêmes principes technologiques sont cependant déjà implantés dans des zones urbaines ou périurbaines. Parmi ceux-ci, on compte notamment le Réacteur à Haut Flux (RHF) d'une puissance de 58 MWth, réacteur de recherche situé à l'Institut Laue-Langevin à Grenoble.

On compte aujourd'hui dans le monde 130 réacteurs de recherche « piscine ». Cette technologie est largement répandue car l'immersion du cœur du réacteur dans une grande quantité d'eau contribue à sa sûreté passive, notamment en assurant son refroidissement à long terme.

Des réacteurs de recherche reposant sur les mêmes principes technologiques





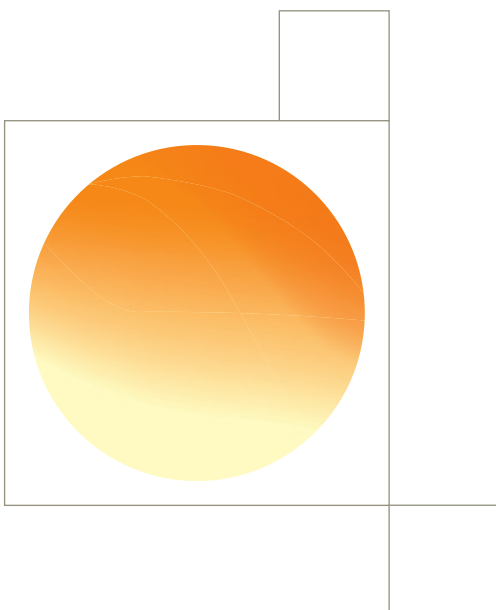
CADARACHE



Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

L'APPROCHE DE SÛRETÉ ET LA MAÎTRISE DES RISQUES

7.1 - Des choix de conception orientés par la maîtrise des risques	78
7.2 - Les principes de sûreté nucléaire	79
7.3 - La gestion de crise	81
7.4 - La gestion des matières nucléaires et des déchets	81



7 L'APPROCHE DE SÛRETÉ ET LA MAÎTRISE DES RISQUES

Une INB, qu'est-ce que c'est ?

Le SMR développé par Calogena sur le centre CEA de Cadarache est une installation classée INB au titre de l'article L.593-2 du Code de l'environnement.

Une installation nucléaire de base (INB) est une installation qui utilise ou contient des matières radioactives ou fissiles. En France, ces installations sont soumises à des règles de sûreté particulièrement strictes afin de protéger les travailleurs, la population et l'environnement.

Les centrales nucléaires, certaines usines du cycle du combustible, les réacteurs de recherche ou encore certains entreposages de matières nucléaires sont des exemples d'INB.

7.1 - Des choix de conception orientés par la maîtrise des risques

Calogena utilise des technologies éprouvées, issues des réacteurs de recherche et de puissance qui utilisent l'eau légère comme caloporteur et modérateur, afin de réduire les risques inhérents à tout projet nucléaire. **Les phénomènes physiques pouvant mettre à risque l'installation, le personnel, l'environnement et les populations sont donc connus, et la manière de les traiter fait l'objet d'une réglementation solidement établie.**

Le choix de conception en réacteur piscine et la conception simple de l'équipement permettent un très haut niveau de sûreté. Par ailleurs, la conception du réacteur intègre des systèmes de sûreté dits « passifs », qui reposent sur des lois physiques naturelles (gravité, convection, dilatation des matériaux) et ne nécessitent ni alimentation électrique ni intervention humaine pour assurer leurs fonctions essentielles.

La chaudière du réacteur fonctionne en circulation naturelle, c'est-à-dire que la circulation du fluide de refroidissement s'effectue sans recours à des pompes mécaniques, uniquement grâce aux phénomènes physiques de convection liés aux différences de température, afin d'avoir la capacité d'extraire la chaleur du cœur en toutes circonstances sans utiliser de moyens de pompage : si le système s'échauffe, des phénomènes naturels (dilatation, convection, pertes thermiques) limitent automatiquement la température.

En outre, les températures requises par les réseaux de chaleur sont suffisamment basses pour prévenir toute ébullition locale, contribuant ainsi à la sûreté du réacteur.

Le réacteur calogène développé par Calogena a la spécificité de présenter une forte résilience en cas d'accident ou d'incident (arrêt accidentel de la pompe du circuit secondaire, perte du réseau électrique, catastrophe naturelle, etc.) **par une autarcie d'environ une semaine sans alimentation électrique externe, ni intervention d'un opérateur.** L'inertie de la piscine permet d'évacuer la chaleur thermique pendant une semaine (tampon thermique), ce qui laisse un temps très conséquent pour une intervention.

7.2 - Les principes de sûreté nucléaire

Comme toute installation nucléaire, un petit réacteur modulaire (SMR) doit démontrer sa sûreté auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) avant sa mise en service.

Les projets de SMR développés aujourd'hui bénéficient du retour d'expérience de plusieurs décennies d'exploitation des installations nucléaires dans le monde. Ils s'appuient également sur les recommandations les plus récentes des autorités de sûreté françaises et internationales.

Les autorités de sûreté attendent des nouveaux réacteurs qu'ils atteignent un niveau de sûreté supérieur à celui des réacteurs les plus récents actuellement exploités, tout en tirant parti des avancées technologiques et du retour d'expérience disponible. Cette démarche conduit les concepteurs à rechercher des architectures simplifiées, à limiter le nombre d'équipements nécessaires à l'accomplissement des fonctions de sûreté et à privilégier autant que possible les phénomènes physiques naturels, tels que la gravité ou la circulation naturelle de l'eau.

Quelle approche de sûreté propre aux SMR ?

L'ASNR, Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection, est l'autorité administrative indépendante chargée, au nom de l'État, du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France. L'émergence des projets de SMR en France, recouvrant une variété de technologies, de puissances et d'applications, va conduire l'ASNR à progressivement adapter son approche d'instruction. En effet, jusqu'à présent, le parc nucléaire français reposait principalement sur une technologie dominante, les réacteurs à eau pressurisée, un exploitant principal, EDF, et un usage majoritaire : la production d'électricité.

Les perspectives de développement des SMR conduiraient à implanter les installations au plus près des besoins énergétiques, y compris à proximité de sites industriels ou de zones urbanisées. Pour ces raisons, l'ASNR a exprimé sa volonté d'atteindre des objectifs de sûreté plus ambitieux pour ce type d'installation.

L'ASNR considère ainsi que les objectifs de sûreté applicables à ces projets doivent tenir compte de leurs caractéristiques propres. L'ASNR mobilise des équipes dédiées pour mener cette réflexion, qui s'inscrit également dans des travaux d'harmonisation menés avec les homologues européens et internationaux de l'ASNR.

Cette harmonisation est un enjeu important pour les SMR, dont le développement repose sur la standardisation et la fabrication en série des équipements (voir chapitre 3.3 : « Le développement des petits réacteurs modulaires (SMR) », page 34). Des exigences de sûreté différentes d'un pays à l'autre peuvent conduire à adapter la conception des réacteurs en fonction de leur pays d'implantation, réduisant ainsi les bénéfices attendus de la modularité. Forte de son activité en Finlande, Calogena constate à ce stade des exigences convergentes entre les approches de l'ASNR et de son homologue finlandaise, la STUK.

Pour accompagner l'émergence de ces projets tout en maintenant un haut niveau d'exigence, l'ASNR a également mis en place un cadre progressif d'échanges avec les porteurs de projets. Celui-ci permet d'aborder les principales options de sûreté en amont d'une éventuelle demande d'autorisation de création (DAC). Le dépôt d'une telle demande marque ensuite l'entrée dans la procédure réglementaire applicable aux installations nucléaires de base, avec une instruction complète du projet, du site et de l'organisation du futur exploitant.

7 L'APPROCHE DE SÛRETÉ ET LA MAÎTRISE DES RISQUES

Dans le cas du projet développé par Calogena, plusieurs caractéristiques de conception contribuent à cette approche :

- **une architecture simplifiée**, limitant le nombre d'équipements et d'interfaces susceptibles de contribuer à un dysfonctionnement ;
- **un recours important aux systèmes passifs**, capables d'assurer certaines fonctions de sûreté sans alimentation électrique ni intervention humaine immédiate ;
- **un fonctionnement à basse pression**, réduisant l'énergie disponible dans le circuit primaire en cas d'événement affectant son intégrité ;
- **une quantité importante d'eau disponible autour du cœur**, offrant une forte inertie thermique et une contribution au refroidissement du combustible ;
- **une conception privilégiant l'arrêt automatique du réacteur**, l'état sûr de l'installation consistant à interrompre la réaction nucléaire dès qu'une anomalie est détectée ;
- **un combustible déjà utilisé dans le parc nucléaire français**, connu de l'ASNR.

L'un des objectifs du projet est également de démontrer que les situations accidentelles envisagées peuvent être maîtrisées sans nécessiter d'action humaine immédiate. La sûreté repose ainsi en priorité sur les caractéristiques intrinsèques de l'installation et sur des mécanismes automatiques permettant de maintenir le réacteur dans un état sûr.

Conformément aux attentes des autorités de sûreté, la conception vise également à réduire autant que possible la probabilité des accidents les plus graves et à en limiter les conséquences potentielles. Cette démarche s'appuie notamment sur la faible puissance du réacteur, la taille réduite de son cœur, la disponibilité d'importantes réserves d'eau et le recours à des dispositifs de sûreté passifs. Les situations les plus sévères restent néanmoins étudiées dans le cadre de la démonstration de sûreté afin de vérifier la robustesse globale du concept.

La démonstration de sûreté du projet s'appuie sur l'étude d'un large éventail de situations de fonctionnement normal, d'incidents et d'accidents. Les choix de conception les plus structurants font l'objet d'échanges réguliers avec l'ASNR dès les premières phases du projet afin d'identifier et de traiter le plus en amont possible les enjeux associés.

Les premières évaluations des conséquences radiologiques montrent des niveaux potentiels de rejet très faibles. Ces évaluations seront progressivement complétées et affinées au cours du développement du projet et de son instruction par l'ASNR, qui a rendu plusieurs avis sur les dossiers déjà transmis. Le dernier avis en date est celui du 19 mai 2026, portant sur les options de sûreté envisagées par Calogena concernant la démarche de diversification du système d'arrêt de son réacteur⁴² et qui valide les choix de conception.

7.3 - La gestion de crise

Comme toute installation nucléaire de base, l'équipement que Calogena projette d'installer sur le centre CEA de Cadarache devra disposer d'une organisation dédiée à la gestion des situations d'urgence. Cette organisation, définie conformément à la réglementation applicable, a pour objectif de détecter rapidement toute situation anormale, d'en évaluer les conséquences potentielles et de mettre en œuvre les actions nécessaires pour maintenir l'installation dans un état sûr.

L'exploitant élaborera un plan d'urgence interne (PUI), qui définira notamment l'organisation de crise, les moyens humains et matériels mobilisables ainsi que les modalités de coordination avec les acteurs externes concernés.

Le projet étant implanté sur le centre de Cadarache, l'organisation de crise de Calogena sera conçue en coordination avec les dispositifs existants du site afin de garantir une gestion cohérente et efficace des situations d'urgence.

En complément des dispositions mises en œuvre par l'exploitant, les pouvoirs publics disposent de leurs propres dispositifs de gestion de crise destinés à assurer la protection des populations et de l'environnement. Ces dispositions sont notamment définies dans le plan particulier d'intervention (PPI) du site de Cadarache, placé sous l'autorité du préfet.

Les études de sûreté et de sécurité en cours permettront de préciser les caractéristiques du projet et de déterminer, en lien avec les autorités compétentes, les éventuelles adaptations à apporter aux dispositifs existants de préparation et de gestion des situations d'urgence. En matière de sécurité, Calogena rend compte aux mêmes autorités et est soumise aux mêmes exigences que les autres opérateurs d'INB. Calogena harmonisera ses dispositifs de sécurité avec le centre CEA de Cadarache, afin de favoriser la mutualisation de certaines ressources et modalités d'intervention lorsque cela sera pertinent.

7.4 - La gestion des matières nucléaires et des déchets

L'installation produira plusieurs catégories de matières et déchets, qui devront être gérées selon leur nature, leur niveau de radioactivité et leur durée de vie. Les combustibles usés⁴³ seront entreposés temporairement dans des conditions de sûreté adaptées, puis évacués vers les filières nationales de traitement, de recyclage ou de gestion applicables.

Le transport du combustible irradié pourra être assuré par Orano⁴⁴. Les combustibles usés qui seront produits à terme sont traitables par les procédés actuels de l'usine de La Hague.

Les déchets ultimes issus de ce retraitement correspondront aux spécifications d'acceptation des centres de stockage gérés par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra)⁴⁵.

L'exploitation courante de la chaufferie nucléaire pourra également générer des déchets radioactifs de plus faible activité : filtres de purification de l'eau ou de l'air, équipements ou consommables issus de zones contrôlées, déchets solides actifs ou effluents suspects. Ces déchets seront collectés, caractérisés, conditionnés puis orientés vers les filières adaptées, en fonction de leur catégorie. Ils ne devraient pas conduire à créer une catégorie nouvelle de déchets « orpheline » ou sans filière identifiée.

Enfin, les opérations de démantèlement produiront également des déchets, radioactifs ou non, dont la gestion devra être anticipée dans la stratégie de démantèlement. Ces déchets seront triés, caractérisés, conditionnés et évacués vers les filières appropriées, conformément aux exigences réglementaires applicables.

⁴³ - Le combustible usé est le combustible extrait d'un réacteur après utilisation, dont une partie des matières peut encore être recyclée. Les déchets radioactifs sont les déchets ultimes issus notamment de son traitement, qui ne peuvent plus être valorisés.

⁴⁴ - Communiqué de presse, novembre 2025.
⁴⁵ - Débat public Matières et Déchets Radioactifs : Plan 2027-2031 – Le point de vue de Calogena.

⁴² - Pour consulter l'avis : <https://www.asnr.fr/actualites/lasnr-rend-son-avis-sur-la-demarche-de-diversification-du-systeme-darret-du-reacteur-cal>

8

CADARACHE



Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

LES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES

8.1 - À l'échelle locale	84
8.2 - À l'échelle nationale et européenne	84

8 LES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES

8.1 - À l'échelle locale

Le projet contribuerait à renforcer l'identité nucléaire et scientifique de la commune de Saint-Paul-lès-Durance, qui accueille le CEA de Cadarache. Il renforcerait le rôle moteur du centre comme facilitateur de projets innovants et participerait **à son rayonnement et à son positionnement comme acteur clé de l'attractivité scientifique et technologique du département et de la région.**

Le projet s'inscrirait en outre dans la **dynamique majeure de décarbonation de l'industrie et des réseaux énergétiques impulsée à l'échelle régionale**, et tout particulièrement dans les Bouches-du-Rhône.

En termes d'emplois, l'installation est conçue pour fonctionner de manière autonome. Néanmoins, une présence permanente **d'une ou deux personnes**

pour la surveillance de l'équipement et des opérations ponctuelles de maintenance sera assurée.

La supervision de l'équipement est gérée depuis un poste centralisé, dont la localisation ne sera pas nécessairement sur site.

Le nombre anticipé d'emplois locaux existants mobilisés durant la phase chantier est d'**environ 150 personnes.**

Le projet porté par Calogena répond au besoin de développement de solutions de production de chaleur bas carbone permettant l'effacement massif du charbon, du gaz et du fioul résiduel, exprimé de manière claire à l'échelle européenne et nationale.

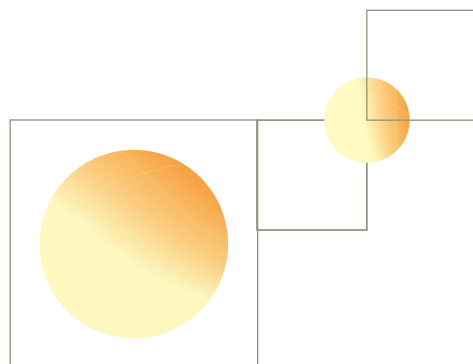
8.2 - À l'échelle nationale et européenne

Au-delà de son utilité pour le CEA de Cadarache et de son apport au niveau local et régional, ce SMR serait ainsi un équipement contribuant à démontrer l'utilité et la fiabilité de la chauffe-rie nucléaire développée par Calogena, dans la perspective d'un développement à l'échelle nationale et européenne.

9



LES EFFETS PRESSENTIS SUR L'ENVIRONNEMENT, LA BIODIVERSITÉ ET L'UTILISATION DES RESSOURCES



9.1 - L'avancement des études environnementales	88
9.2 - La gestion des rejets	89
Les effluents	89
Les émissions	89
9.3 - L'utilisation du combustible	90
9.4 - La consommation des ressources hors combustible	91
9.5 - La construction de l'équipement	91
9.6 - Le raccordement aux réseaux du centre CEA de Cadarache	92
9.7 - Les effets sur l'aménagement et le trafic routier	93
En phase chantier	93
En phase d'exploitation	93
9.8 - L'emprise et la taille de l'équipement	94
9.9 - Le démantèlement de l'équipement	94

9 LES EFFETS PRESSENTIS SUR L'ENVIRONNEMENT, LA BIODIVERSITÉ ET L'UTILISATION DES RESSOURCES

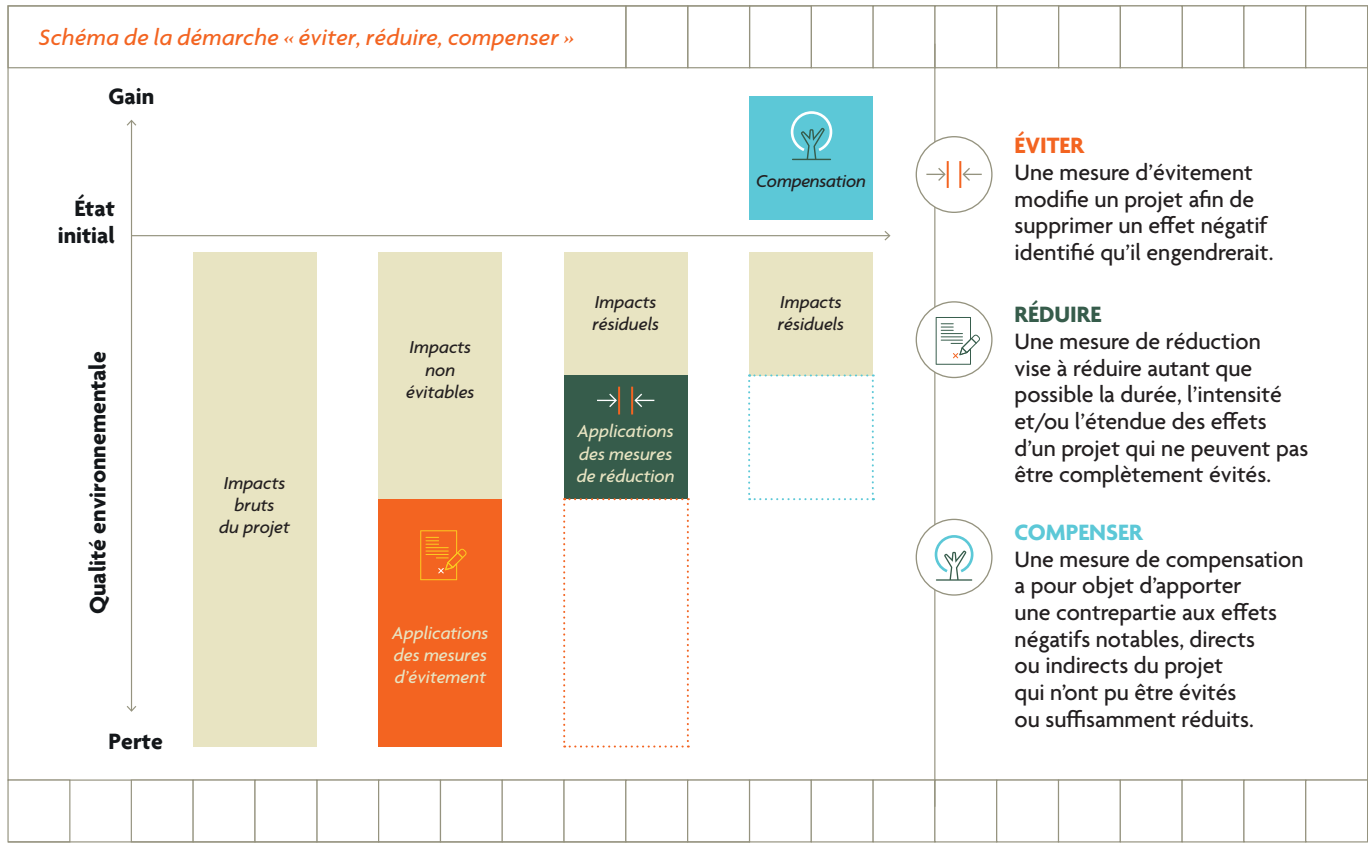
Après sa mise en service, la durée de vie de l'installation est prévue à 60 ans. Sur cette période, Calogena a estimé les effets pressentis du projet à ce stade de son développement.

9.1 - L'avancement des études environnementales

Dans l'optique de constituer un dossier de demande d'autorisation de création (DAC) pour l'implantation de l'équipement sur le centre CEA de Cadarache, selon les dispositions de l'article R. 593-16 du Code de l'environnement, Calogena a lancé une série d'études permettant d'établir l'état initial de l'environnement associé à la zone envisagée. Ces études forment un préalable pour la réalisation de l'étude d'impact environnemental mentionnée à l'article R. 593-17 du Code de l'environnement.

Calogena a tout d'abord souhaité lancer un état initial relatif à la biodiversité, basé sur un inventaire complet (« quatre saisons ») concernant la faune, la flore et les habitats naturels, dont le cahier des charges a été finalisé en novembre 2025.

À ce stade du projet, l'état des lieux des effets sur l'environnement en phase de travaux et d'exploitation n'est donc pas exhaustif. Conformément au Code de l'environnement, les impacts sur l'environnement sont traités par la maîtrise d'ouvrage selon la séquence ERC (éviter, réduire, compenser) qui a pour objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, si possible, de compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. L'étude d'impact environnemental sera intégrée au dossier de demande d'autorisation de création (DAC).



9.2 - La gestion des rejets

Les effluents

En raison de la plus grande proximité potentielle des SMR avec les zones d'habitations, l'ASNR a exprimé sa volonté d'atteindre des objectifs de sûreté plus ambitieux pour ce type d'installation (voir chapitre 7: « L'approche de sûreté et la maîtrise des risques », page 76). Anticipant ce besoin, Calogena s'est fixé des objectifs d'autarcie et de maîtrise des rejets qui vont au-delà de la pratique actuelle. Les premières analyses indiquent que les rejets potentiels ne devraient pas atteindre les valeurs repères de l'article D. 1333-84 du Code de la santé publique pour le déclenchement de contre-mesures (mise à l'abri, évacuation, administration d'iode).

Les effluents industriels (EI) peuvent contenir des polluants chimiques ou faiblement radioactifs. Ils peuvent notamment provenir soit des lavabos et douches implantés en zones contrôlées au sens du zonage radioprotection, soit d'éléments de

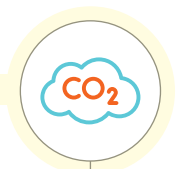
procédés non contaminants, soit de procédés gérant leurs effluents par décroissance radioactive, ou encore du chantier. En phase d'exploitation, les effluents industriels de l'installation seront soit envoyés, après un contrôle préalable réglementaire, dans le réseau de collecte des EI du centre, à la quantité moyenne d'environ 1 m³ par jour, soit envoyés au site de Centraco⁴⁶ si leur composition ne convenait pas au réseau de collecte des EI du centre.

La doctrine en vigueur au centre de Cadarache interdit « l'exportation de becquerels » : une installation ne peut envoyer une eau potentiellement contaminée vers une autre installation ou dans le réseau du centre.

Les émissions

Calogena fournit une chaleur bas carbone, avec des émissions inférieures à 3 gCO₂/kWh sur la durée de vie entière du réacteur, selon les études menées par le Centre de recherche technique de Finlande (VTT)⁴⁷, organisme de recherche dépendant du ministère des Affaires économiques et de l'Emploi finlandais.

L'installation ne présente pas les sujets de pollution de l'air habituellement rencontrés pour les chaufferies à combustion (fossile, biomasse ou incinération), les seuls rejets émis dans l'atmosphère étant de la vapeur d'eau.



En chiffres

Le projet de chaufferie nucléaire à Cadarache, ce serait **340 000 tonnes de CO₂ évitées sur la durée de vie de l'installation (60 ans)**, ce qui correspond à environ **1 million de vols individuels Paris-New York évités** (0,3 tonne de CO₂ par passager).

46 - Le site de Centraco est situé sur la commune de Codolet, accolé à la plateforme industrielle de Marcoule. Il a pour finalité de trier, décontaminer, valoriser, traiter et conditionner, en particulier en réduisant leur volume, des déchets et des effluents faiblement radioactifs. Il est exploité par Cyclife France.

47 - Sokka L., Kirppu H., Leppänen J., Evaluation of Life Cycle CO₂ Emissions for the LDR-50 Nuclear District Heating Reactor, Energies, vol. 17, n° 13, 2024, article 3250. <https://doi.org/10.3390/en17133250>

9 LES EFFETS PRESENTIS SUR L'ENVIRONNEMENT, LA BIODIVERSITÉ ET L'UTILISATION DES RESSOURCES

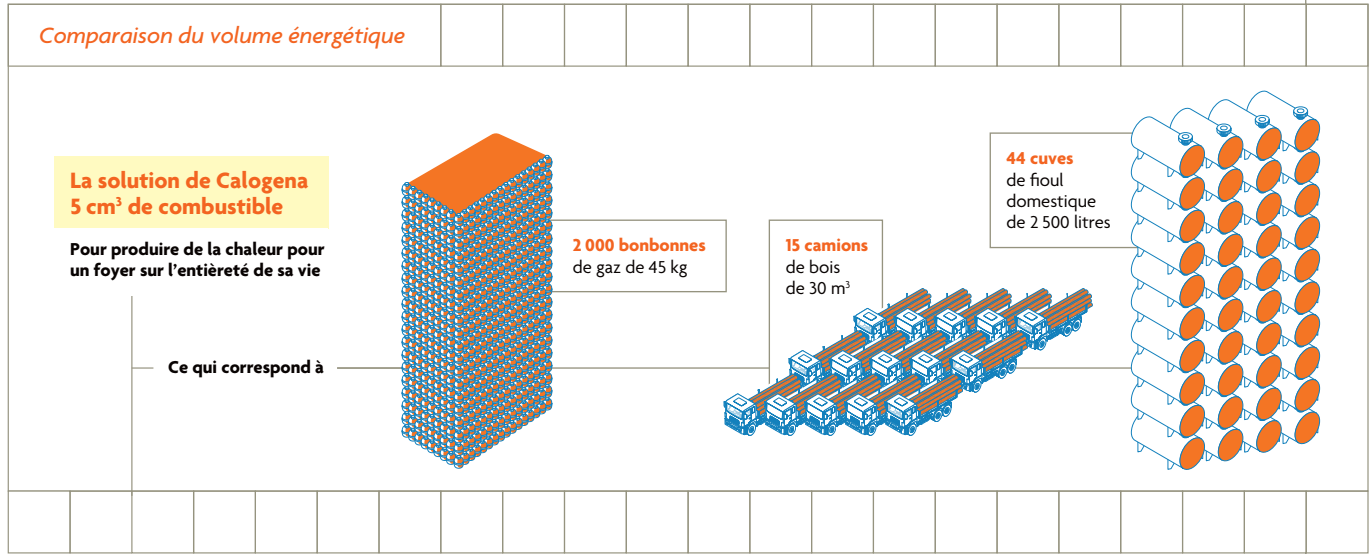
9.3 - L'utilisation du combustible

En chiffres

La chaufferie nucléaire de Calogena utilise **5 cm³ de combustible** pour produire de la chaleur pour toute la vie d'un foyer européen, ce qui correspond à **15 camions transportant 30 m³ de bois**, **44 cuves de fioul domestique de 2 500 litres** ou encore **2 000 bonbonnes de gaz de 45 kg**.

Le combustible utilisé produit par un module Calogena sur une durée de **60 ans** équivaut environ au combustible utilisé produit par le **déchargement annuel** d'un réacteur électrogène de 900 MWe.

Comparaison du volume énergétique



Le déchargement et l'évacuation du combustible

Une partie du combustible utilisé (quatre assemblages) est déchargée tous les deux ans. L'évacuation se fera par groupe de douze assemblages, tous les six ans.

9.4 - La consommation des ressources hors combustible

Le SMR calogène développé par Calogena a un très faible besoin en électricité : sa **consommation électrique maximale est aujourd'hui estimée à 3 000 kVA**. L'installation nécessite une alimentation HTA en coupure d'artère avec une tension d'alimentation idéalement en 15 kV ou 20 kV, et pourra donc être raccordée directement à la boucle HTA du centre CEA de Cadarache dont la tension est de 15 kV.

L'installation se caractérise également par un besoin réduit en eau : en régime d'exploitation courant, elle nécessitera **environ 5 m³ d'eau par jour**, environ 4 m³ d'eau industrielle et 1 m³ d'eau potable.

L'installation ne nécessite aucune source froide à proximité.

Au démarrage, environ 2 000 m³ d'eau déminéralisée seront nécessaires pour remplir les piscines. La production annuelle d'eau déminéralisée sur le centre de Cadarache étant d'environ 1 000 m³ par an, Calogena explorera un approvisionnement par camion citerne ou, plus probablement, par une centrale mobile de déminéralisation d'eau temporairement connectée au réseau d'eau potable du centre.

9.5 - La construction de l'équipement

La réalisation d'une installation Calogena fait appel à une combinaison de méthodes de construction classiques et de méthodes plus innovantes, impliquant l'utilisation de modules pré-assemblés ou préfabriqués, tant pour les systèmes électromécaniques que pour les éléments de structure en béton armé ou en charpente métallique.

Après une phase de terrassement de surface et de réalisation d'ouvrages de soutènement et de rabattement de nappe, le terrain accueillant l'installation est excavé localement sur une profondeur d'environ 25 mètres afin de créer la fouille nécessaire à l'enfouissement de l'ouvrage. Une fois l'étanchéité de cette fouille assurée par une géomembrane, les structures sont ensuite réalisées de bas en haut, niveau par niveau. À chaque niveau, certains éléments de structure sont ferraillés en place et bétonnés en place tandis que d'autres, préfabriqués en dehors du chantier, sont assemblés dans l'ouvrage, comme des pièces de LEGO®.

Pour la construction de ses installations, Calogena a opté pour une modularisation modérée, gage d'un meilleur contrôle des coûts :

- la plupart des systèmes électromécaniques sont modularisés, c'est-à-dire pré-montés dans des boîtes de la forme de conteneurs maritimes, boîtes qui sont ensuite livrées sur le chantier pour pose et clouage dans les structures en cours de construction ;
- les systèmes et les éléments structurels ne sont pas combinés entre eux. On distingue d'une part les modules de systèmes et d'autre part les éléments structurels modulaires. En revanche, aucun module ne regroupe à la fois des systèmes et des éléments structurels ;
- tous les modules sont facilement transportables via la chaîne d'approvisionnement européenne actuelle, par camion, train ou bateau. Cette exigence limite les dimensions et le poids maximum des modules mais permet leur approvisionnement sans encombre.

9 LES EFFETS PRESENTIS SUR L'ENVIRONNEMENT, LA BIODIVERSITÉ ET L'UTILISATION DES RESSOURCES

À chaque niveau de l'ouvrage, la séquence de construction implique de marier entre eux des composants de systèmes non préassemblés, des conteneurs de systèmes préassemblés, des pièces préfabriquées en béton armé, des pièces en béton armé coulées en place ou encore des pièces métalliques soudées entre elles.

La bonne conception de tous ces éléments, la bonne orchestration de leur livraison sur le chantier, ainsi que la très bonne qualité et les tolérances fines des éléments préassemblés ou préfabriqués permettent une construction rapide: Calogena envisage de construire l'équipement de Cadarache en trois ans, comptés du premier béton nucléaire à la première criticité du réacteur.

Du fait de la taille finalement raisonnable de tous les éléments à maintenir et à assembler entre eux dans l'ouvrage, les installations de chantier restent classiques: des cantonnements pour les ouvriers, une infirmerie, des bureaux, des grues à tour, un hangar de stockage et d'assemblage, etc.

Seule la cuve du réacteur, cylindre d'environ 4 mètres de diamètre pour environ 15 mètres de longueur et d'un poids d'environ 200 tonnes, nécessitera une livraison par convoi exceptionnel et l'utilisation d'une grue de levage de grande capacité.

9.6 - Le raccordement aux réseaux du centre CEA de Cadarache

L'installation du module Calogena nécessitera:

- **un raccordement au réseau de chaleur du centre**, qui consisterait en une extension, d'une distance en fonction de la parcelle d'implantation choisie, de nature identique au réseau existant (température, débit, profondeur);
- **un raccordement au réseau électrique du centre**, plus précisément un raccordement direct à la boucle HTA du centre de Cadarache dont la tension est de 15 kV;
- **un raccordement au réseau d'eau potable du centre**, qui servira également d'eau industrielle, le centre de Cadarache n'ayant pas de réseau d'eau spécifiquement industrielle;

- **un raccordement optionnel au réseau d'eau déminéralisée du centre**, raccordement qui pourrait être remplacé par une alimentation par camion citerne;
- **un raccordement aux réseaux de collecte du centre** (réseau de collecte des eaux pluviales, réseau de collecte des effluents sanitaires, réseau de collecte des effluents industriels).

La réalisation des ouvrages connexes a été intégrée dans l'estimation du coût global du projet.

9.7 - Les effets sur l'aménagement et le trafic routier

En phase chantier

Comme tous les éléments nécessaires à la construction de l'installation de Calogena peuvent être transportés par des moyens logistiques courants, la logistique d'approvisionnement du chantier ne nécessitera pas d'aménagement particulier des routes ou des autres infrastructures de transport autour et à l'intérieur du centre CEA de Cadarache.

Le début des travaux sur chantier engendrera un trafic important de camions bennes transportant des terres issues des terrassements et de camions toupies apportant le béton frais pour le coulage en place des structures les plus profondes (parois des piscines et radier commun). La conception de l'ouvrage et son insertion dans la géologie du centre de Cadarache étant encore à l'étude, il est difficile d'avancer des chiffres exacts. Néanmoins, il est estimé que l'évacuation des terres issues des activités de terrassement nécessitera une rotation d'un camion benne toutes les 20 minutes pendant environ un mois, pendant les heures ouvrées de la journée, soit environ 8 heures par jour.

En ce qui concerne l'apport de béton frais, le bétonnage du radier commun nécessitera par exemple une rotation d'un camion toupie toutes les 20 minutes pendant environ deux jours sans interruption. Pendant les trois mois qui suivront les terrassements, seuls quelques plots de bétonnage nécessitant ce type de coulage en continu sont prévus.

Une fois ces étapes passées, le trafic du chantier se réduira fortement. Les approvisionnements se limiteront aux modules de systèmes, aux composants de systèmes non préassemblés, aux éléments en béton armé ou en métal préfabriqués ainsi qu'aux camions toupies pour des coulages de béton espacés dans le temps.

Le rythme des camions de livraison correspondrait à une dizaine de camions par jour tout au plus.

Une fois la construction du gros œuvre terminée, le second œuvre, la connexion des systèmes, les tests et la mise en service ne nécessiteront plus que quelques livraisons par semaine.

En phase d'exploitation

En phase d'exploitation, le trafic routier supplémentaire généré par l'installation sera invisible, puisqu'il s'agira de celui généré par la main-d'œuvre travaillant dans l'installation, estimée à quelques personnes, de celui généré par les

livraisons diverses pour l'exploitation, rares, et enfin, de celui généré par la livraison ou la collecte d'assemblages de combustible, soit un camion tous les deux ans voire un camion tous les six ans pour les assemblages irradiés.

9

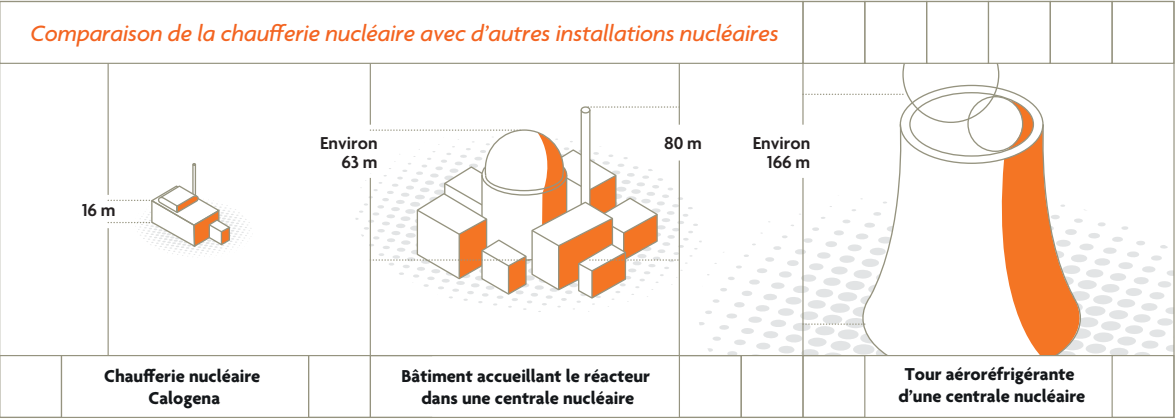
LES EFFETS PRESENTIS SUR L'ENVIRONNEMENT, LA BIODIVERSITÉ ET L'UTILISATION DES RESSOURCES

9.8 - L'emprise et la taille de l'équipement

L'équipement présente une emprise au sol limitée, d'environ 1 200 m² pour le bâtiment sur un terrain d'exploitation de 3 000 m². Le bâtiment occupe donc une surface comparable à celle de deux courts de tennis.

La hauteur du bâtiment atteint 16 mètres au-dessus du sol et il comprend une cheminée dont la hauteur, selon les sites, est de l'ordre de 40 mètres.

À titre de comparaison, un bâtiment réacteur électrogène à eau pressurisée (type EPR) mesure quant à lui environ 63 mètres de haut, soit l'équivalent d'un immeuble de 20 étages. Lorsqu'il est associé à un aéroréfrigérant, celui-ci peut atteindre 166 mètres de hauteur pour 133 mètres de diamètre, selon les modèles.



9.9 - Le démantèlement de l'équipement

L'installation de Calogena est conçue pour fonctionner pendant une durée minimale de 60 ans. À l'issue de son exploitation, dans une période maximale de 10 ans, l'installation sera entièrement démantelée sous la responsabilité de Calogena, avec l'appui d'entreprises spécialisées, conformément à la réglementation applicable aux installations nucléaires de base (INB).

Pour plus d'informations sur le financement du démantèlement, voir chapitre 10.4 (« Le financement du démantèlement », page 101).

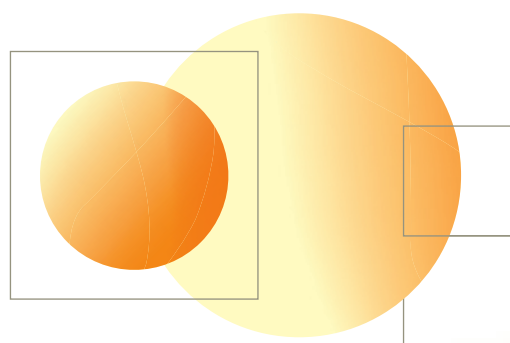
10

CADARACHE



Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

MODALITÉS ÉCONOMIQUES ET CALENDRIER DE RÉALISATION



10.1 - Le coût et le financement du projet.....	98
10.2 - Le modèle économique global et la spécificité du projet de Cadarache.....	98
10.3 - Et à plus long terme ?.....	100
10.4 - Le financement du démantèlement.....	101
10.5 - Le calendrier et le processus décisionnel.....	102

10 MODALITÉS ÉCONOMIQUES ET CALENDRIER DE RÉALISATION

10.1 - Le coût et le financement du projet

Lauréate de l'appel à projets « réacteurs nucléaires innovants » de France 2030, Calogena a bénéficié d'une subvention de 5,2 millions d'euros pour la période 2023-2025, puis d'une nouvelle aide de 48 millions d'euros au titre du temps 2.

Ce deuxième financement a notamment pour vocation le financement des phases dites « d'avant-projet sommaire » (APS) et « d'avant-projet définitif » (APD).



Le coût estimé et la méthode de chiffrage

Le coût global de l'équipement est estimé entre 104 et 208 millions d'euros. Cette estimation inclut les ouvrages connexes (raccordement et potentiel réaménagement des clôtures), qui représentent 1 à 2 % du coût global.

Cette fourchette assez large s'explique par la méthode de chiffrage : l'estimation actuelle, réalisée par un cabinet tiers, est de 104 millions d'euros selon la classification AACE classe 4 pour les projets nucléaires.

À ce stade de développement, les marges d'incertitude standard appliquées à ce type d'évaluation vont de + 40 % à + 100 %. Le chiffre de 208 millions d'euros représente le scénario possible le plus pessimiste, extrapolé à partir d'une estimation déjà prudente.

Le capital initial pour la construction du module est fourni par des actionnaires, Calogena le cas échéant, ainsi que par de la dette.

Il est prévu de conclure un contrat de vente de chaleur de long terme (*Heat Purchase Agreement* – HPA) avec l'exploitant du réseau de chaleur afin de définir un prix de vente du MWh stable sur toute la durée du contrat.

10.2 - Le modèle économique global et la spécificité du projet de Cadarache

Les prix appliqués au sein des réseaux de chaleur sont très hétérogènes et dépendent des conditions locales (disponibilité des sources de chaleur, ancienneté du réseau, extensions du réseau, etc.).

Les prix facturés aux consommateurs finaux incluent la production de chaleur (combustible et amortissement des moyens de production) ainsi que sa distribution (exploitation du réseau et amortissement).

Avec un prix de vente cible autour de 60 €/MWh (hors subventions), Calogena aura un positionnement prix compétitif. Ce prix de vente dépend de plusieurs facteurs, parmi lesquels :

- **le facteur de charge**, qui mesure à quel point une installation utilise sa capacité maximale sur une période donnée. Plus le facteur de charge est élevé, plus le prix de la chaleur est compétitif. Le facteur de charge visé par Calogena pour atteindre le prix de vente cible de 60 €/MWh est de 60 % ;
- **le type de module choisi** : le CAL-90, chaufferie nucléaire comprenant trois chaudières d'environ 35 MWth, sera proportionnellement plus compétitif car mutualisant un certain nombre de systèmes (notamment une piscine unique dans un unique bâtiment avec une équipe optimisée). Le CAL-90 permet de répondre au besoin de réseaux de chaleur de grande ampleur : Calogena envisage notamment son déploiement en Finlande.

La configuration retenue à Cadarache ne correspond toutefois pas à celle qui serait recherchée pour les futurs déploiements commerciaux. Les besoins du réseau de chaleur du site sont inférieurs à ceux des réseaux de chaleur urbains de plus grande ampleur auxquels la solution développée par Calogena est principalement destinée. Cette situation conduit à un facteur de charge plus faible que celui visé pour les futurs projets. **Dans ce contexte, la performance économique observée à Cadarache ne sera pas représentative des conditions de déploiement visées pour les futures installations.**

Cette spécificité est pleinement intégrée au modèle du projet. La chaufferie nucléaire envisagée à Cadarache a avant tout vocation à démontrer le bon fonctionnement de la technologie, sa sûreté, ses performances et son intégration dans un réseau de chaleur existant. Les enseignements tirés de cette première installation permettront de préparer le déploiement ultérieur de la solution sur des réseaux de chaleur plus importants, présentant des conditions d'exploitation plus favorables à sa compétitivité économique.

Comme de nombreuses technologies innovantes contribuant à la transition énergétique, cette phase de démonstration bénéficie notamment d'un soutien public destiné à accompagner le développement et la validation de la technologie avant son déploiement commercial.

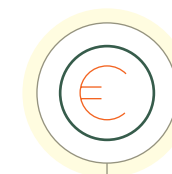
Comment est calculé le prix de vente cible ?

- Le prix de vente cible de 60 €/MWh correspond au prix :
- en sortie d'installation pour un module similaire à celui envisagé à Cadarache ;
 - du réacteur une fois que l'effet de série sera atteint, soit à partir de plus de six réacteurs construits ;
 - à une utilisation à 60 % de sa pleine charge en moyenne sur l'année (soit un facteur de charge à 60 %).

Le CAPEX et l'OPEX sont intégrés à cette estimation⁴⁸.

Ce calcul est hors subventions. S'il y avait des subventions, alors le prix de vente pourrait être inférieur à 60 €/MWh : par exemple, 55 €/MWh avec 10 à 20 % de subventions sur le CAPEX.

Si le réseau est conséquent, comme en Finlande par exemple, où le facteur de charge peut atteindre 80 %, alors ces prix peuvent être de l'ordre de 50 €/MWh.



10.3 - Et à plus long terme ?

Calogena souhaite proposer sa solution aux collectivités territoriales et aux opérateurs de réseaux de chaleur en France et en Europe, afin de contribuer à la décarbonation de leurs besoins de chauffage. Les modalités contractuelles pourront être adaptées à la nature des projets, aux attentes des acteurs locaux, à la taille des réseaux concernés et au niveau d'implication souhaité par les collectivités ou les exploitants.

Deux grands modèles économiques sont aujourd'hui envisagés.

Le premier modèle repose sur la **création d'une société de projet dédiée**, généralement désignée sous le terme de SPV (pour *Special Purpose Vehicle*, équivalent de société *ad hoc* en français).

Dans ce schéma, une société spécifique est constituée pour porter le financement d'une ou plusieurs installations Calogena sur un site donné. La SPV contractualise avec Calogena pour la réalisation et l'exploitation de l'équipement. Calogena est donc l'exploitant nucléaire.

Elle permet également à l'acteur local de bénéficier d'une chaleur bas carbone de long terme, dans le cadre d'un **contrat de fourniture de chaleur**, sans avoir vocation à devenir lui-même exploitant nucléaire. Dans ce cas, la société de projet porterait l'actif et contractualiserait avec Calogena pour assurer les missions liées à l'exploitation, à la maintenance et au pilotage nucléaire de l'installation, dans le respect du cadre réglementaire applicable. Les contrats de fourniture de chaleur envisagés seraient pour la plupart d'une durée de 30 ans, mais pourraient dans certains cas être d'une durée supérieure. À l'issue de cette période, le contrat peut être renouvelé.

Ce modèle pourrait être particulièrement adapté aux collectivités et aux opérateurs de réseaux de chaleur qui souhaitent décarboner leur approvisionnement sans mobiliser immédiatement des montants d'investissement importants, ni internaliser les compétences spécifiques liées à l'exploitation d'une installation nucléaire.

Il s'inscrit dans une logique de service énergétique de long terme : l'acteur local achète une chaleur bas carbone, stable et compétitive, tandis que le portage industriel, financier et nucléaire de l'installation est assuré par une structure dédiée et par les compétences spécialisées de Calogena.

La plus grande partie des projets de Calogena fonctionnerait de la sorte, Calogena souhaitant conserver l'exploitation de ses moyens de production tout en s'appuyant sur des partenariats de long terme avec les territoires et les opérateurs de réseaux de chaleur.

Le second modèle envisagé est celui d'une **construction clé en main**. Dans ce cas, Calogena concevrait et construirait la ou les installations pour le compte d'un acquéreur (collectivité, opérateur énergétique, industriel ou consortium) qui deviendrait propriétaire de l'installation.

Ce modèle pourrait faire sens pour des projets de plus grande ampleur, lorsque l'acquéreur dispose déjà de capacités industrielles, financières et opérationnelles importantes, et qu'il identifie un intérêt économique à porter directement l'actif et, le cas échéant, à organiser lui-même l'exploitation des installations. **Il pourrait notamment concerner des opérateurs disposant d'une forte expérience dans la gestion d'infrastructures énergétiques complexes ou souhaitant intégrer pleinement la production de chaleur nucléaire dans leur stratégie industrielle.** Ce cas pourrait par exemple être envisagé pour les grandes villes d'Europe du Nord ou de l'Est, dont les besoins sont très importants.

Ces deux modèles répondent à des besoins différents mais poursuivent le même objectif : rendre possible le déploiement de chaufferies nucléaires modulaires au service de la décarbonation des réseaux de chaleur.

Le choix du modèle dépendra des caractéristiques de chaque territoire, du profil de l'acteur local, de la taille du réseau, des besoins de chaleur à couvrir, des

conditions de financement et du cadre réglementaire applicable.

Dans tous les cas, Calogena entend inscrire ces futurs projets dans des partenariats de long terme avec les territoires, en apportant à la fois une solution technologique, une compétence nucléaire et une capacité industrielle au service de la transition énergétique.

10.4 - Le financement du démantèlement

Le réacteur est conçu pour fonctionner pendant une durée minimale de 60 ans. À l'issue de son exploitation, l'installation sera entièrement démantelée sous la responsabilité de Calogena, avec l'appui d'entreprises spécialisées, conformément à la réglementation applicable aux installations nucléaires de base (INB).

Dans tous les cas, il existe en France une obligation réglementaire d'évaluer les charges futures de démantèlement, de gestion des combustibles usés, des déchets radioactifs et des transports hors site, puis de constituer des provisions couvertes par des actifs dédiés. Ces actifs ont vocation à être affectés exclusivement à la couverture de ces charges.

Dans le cas de Calogena, le financement du démantèlement devra donc être organisé dès la phase d'exploitation, au travers d'actifs encadrés par la réglementation applicable. Concrètement, le coût du démantèlement devra être intégré dans le modèle économique de l'installation dès sa phase d'exploitation. Calogena devra constituer les actifs nécessaires pour couvrir ces charges futures, selon des modalités encadrées par la réglementation applicable aux INB.

Ces actifs devront être identifiés, suivis de manière distincte et présenter un niveau de sécurité et de liquidité compatible avec leur objet. Dans le cas où Calogena construirait un équipement sans en devenir l'exploitant, le financement du démantèlement est à la charge de l'exploitant.

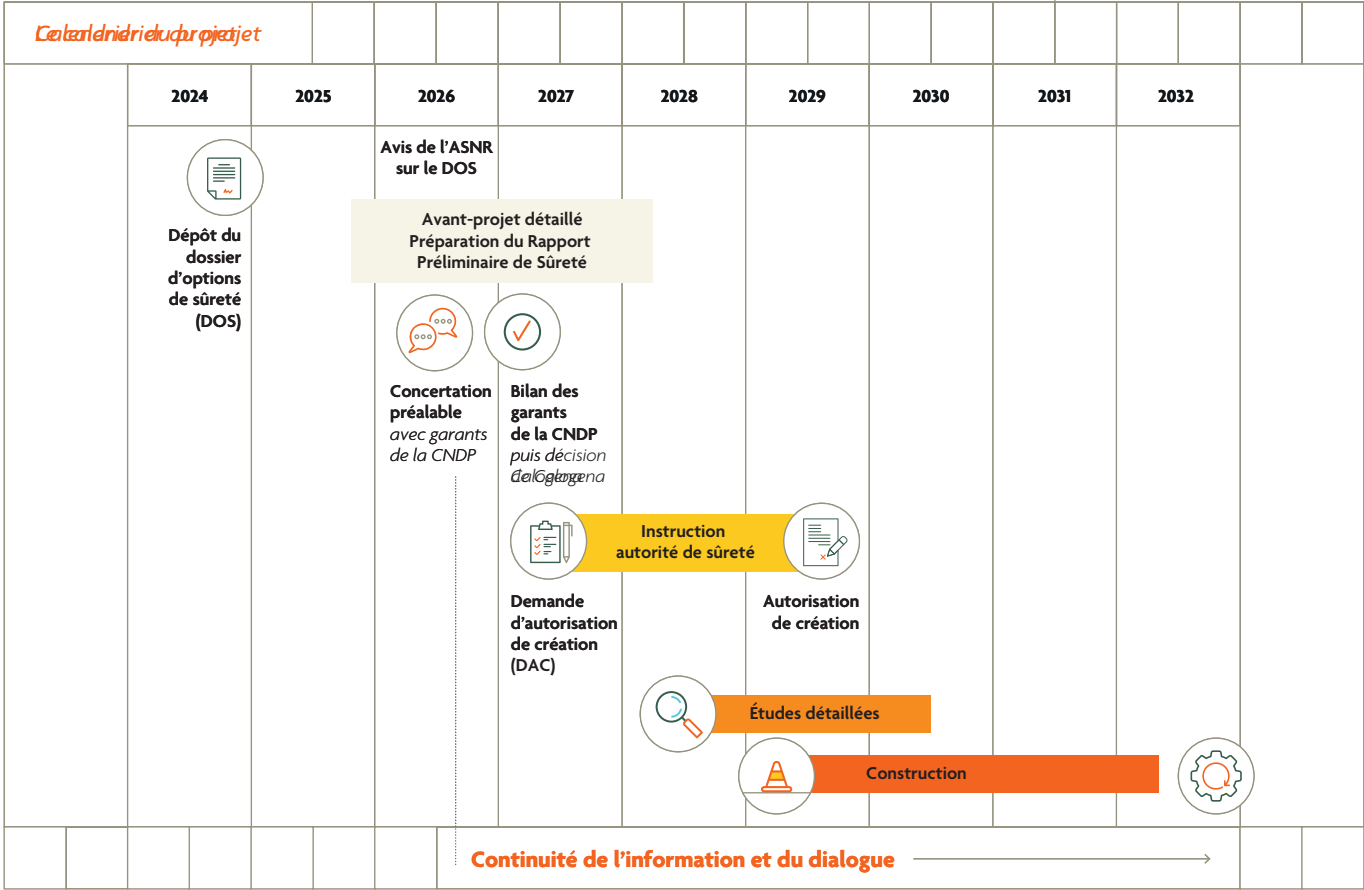
Par ailleurs, des acteurs publics tels que la Banque des Territoires et Bpifrance participent aujourd'hui au capital de Calogena dans le cadre du soutien apporté par l'État au développement des réacteurs nucléaires innovants. À ce titre, ils suivent le développement de l'entreprise et participent à sa gouvernance.

En cas de difficulté financière majeure ou de défaillance de l'exploitant, les autorités compétentes disposent de leviers pour garantir la mise en sécurité de l'installation et la couverture des obligations essentielles. La réglementation applicable prévoit ainsi que la sûreté de l'installation et la protection des populations et de l'environnement demeurent garanties, y compris dans une telle situation.

10 MODALITÉS ÉCONOMIQUES ET CALENDRIER DE RÉALISATION

10.5 - Le calendrier et le processus décisionnel

L'évaluation du HCEA a souligné, parmi les principales forces du projet de Calogena, **un calendrier réaliste et robuste.**



Calogena a choisi **d'engager les discussions avec l'ASNR très tôt dans le processus**, depuis début 2024, et a soumis son dossier d'options de sûreté (DOS) en octobre 2024. En mai 2026, l'ASNR a rendu son avis sur la première option de sûreté concernant la démarche de diversification du système d'arrêt de son réacteur. Le dépôt d'une DAC est visé mi-2027.

L'Avant-projet sommaire (APS) s'est achevé en octobre 2025 et l'avant-projet détaillé (APD) a démarré en novembre 2025. **Le début de construction est visé fin 2029, pour une mise en service fin 2032.**

Les étapes administratives et les principales pièces de l'instruction

Le projet de chaufferie nucléaire de Calogena est soumis à une procédure d'autorisation spécifique aux installations nucléaires de base (INB), sous le contrôle de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Cette procédure vise à vérifier que le projet répond aux exigences de sûreté nucléaire, de protection de l'environnement et de radioprotection avant toute construction.

Une première phase d'études permet à Calogena de définir les caractéristiques du projet et de préparer les principaux documents techniques. Cette phase comprend notamment l'élaboration d'un dossier d'options de sûreté (DOS), qui présente les grands principes de conception de l'installation et les choix retenus pour garantir sa sûreté. Ce dossier fait l'objet d'échanges avec l'ASNR, en amont de la procédure réglementaire. Les études se poursuivent ensuite avec la préparation du rapport préliminaire de sûreté, qui détaille le fonctionnement de l'installation et la démonstration de sûreté associée.

La phase de concertation préalable intervient en parallèle. Elle permet au public de s'informer sur le projet, de poser des questions et d'exprimer ses attentes avant le dépôt de la demande d'autorisation de création (DAC). Le bilan de la concertation préalable alimente le dossier de la DAC et en constitue une pièce réglementaire. La DAC est déposée auprès des pouvoirs publics et fait l'objet d'une instruction approfondie par l'ASNR et les services de l'État. Ce dossier comprend notamment :

- le rapport préliminaire de sûreté ;
- l'étude d'impact environnemental ;
- la présentation des caractéristiques techniques du projet ;
- les dispositions prévues pour l'exploitation et la gestion des déchets ;
- les dispositions prévues pour le futur démantèlement de l'installation ;
- les éléments relatifs à l'organisation et aux capacités du futur exploitant.

Une nouvelle phase d'association du public est organisée au cours de cette instruction, cette fois sous la forme d'une enquête publique. Elle permet à chacun de consulter le dossier réglementaire du projet et de formuler des observations qui contribuent à éclairer la décision des pouvoirs publics. Outre ses modalités d'organisation, l'enquête publique se distingue de la concertation préalable en ce qu'elle présente au public un dossier finalisé et complet, alors que la concertation préalable intervient en phase amont du projet.

Pendant l'instruction de la demande, Calogena engagera les études détaillées et quelques travaux préliminaires de construction de l'installation. À l'issue de l'instruction, et sous réserve d'une conclusion favorable, le projet sera autorisé par un décret d'autorisation de création, ce qui permettra alors à Calogena de construire l'installation.

Responsable de la publication

Julien Dereux

Conception, rédaction et mise en pages

straté**act**

Septembre 2026 © Calogena



calogena.com