

TOP FUEL 2009

**“Fuel
Industrial
Challenges:
Present
Situation
and
Prospects”**



- **Convention SFEN 2010** (p. 9)
- **Conférence internationale sur l'accès au nucléaire civil** (p. 12)
- **Coup d'envoi de la phase technique d'Astrid** (p. 16)
- **Coulée du premier béton pour l'EPR de Taishan 2** (p. 21)
- **Ouverture du débat public sur l'EPR à Penly** (p. 22)

- **FINLANDE :**
 - Vers la construction de nouveaux réacteurs nucléaires
 - Cogénération d'électricité et chauffage urbain, option du projet Loviisa 3 de Fortum**S. Brummer** (p. 97)
- **Opinions publiques vis-à-vis du nucléaire dans le monde**
D. Chavardès (p. 102)

FONTEVRAUD 7
26-30 septembre 2010 - Avignon
(p. 4)

ICAPP
2-5 mai 2011 - Nice
(p. 15)

Point de Vue (suite)

CHAUFFAGE NUCLÉAIRE :

Application de cogénération d'électricité et de chauffage urbain à très large échelle, option du projet Loviisa 3 de Fortum

Bien que la demande de permis de construire de Fortum pour Loviisa 3 n'ait pas été retenue par le gouvernement finlandais fin avril⁽¹⁾, comme l'indique l'article précédent, il nous a paru intéressant de présenter ici l'option de chauffage urbain qui était proposée par Fortum dans ce projet.

Les trois candidats ont soutenu leurs projets avec des arguments assez différents et en somme pas vraiment concurrents. Le projet de Fortum permet de renforcer l'offre d'électricité sur le marché nordique et à la société de se préparer à la future fermeture des unités Loviisa 1 et 2 à partir de 2025, mais la véritable particularité du projet est la proposition optionnelle de l'utilisation de Loviisa 3 pour le chauffage urbain de la région de la capitale à quelque 80 km de la centrale elle-même.

La valorisation énergétique de la vapeur produite dans une centrale nucléaire pour les besoins du chauffage n'est pas une innovation du fait qu'en trouve des applications de ce genre en Russie, Bulgarie, Hongrie, Ukraine, Slovaquie et en Suisse. Le projet de Fortum est unique en son genre du fait de l'échelle de l'activité et de l'importance des objectifs environnementaux et économiques poursuivis.

Le concept général d'une centrale nucléaire à cogénération

L'objectif de la valorisation de la chaleur du projet Loviisa 3 pour le chauffage urbain est le remplacement des combustibles fossiles dans la région de la capitale qui comprend les trois villes de Helsinki, Vantaa et Espoo. Cette région représente une population d'un million d'habitants, soit une consommation de chauffage urbain de l'ordre de 11 à 12 TWh/an. La capacité de chauffage à installer sur la tranche de Loviisa 3 et de

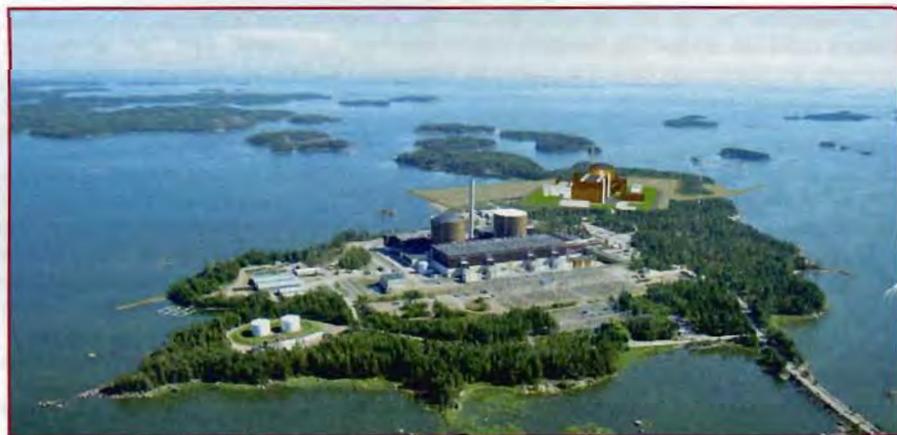


Fig. 1 - Vue d'artiste du projet Fortum de Loviisa 3

1000 MW, ce qui correspond à un peu moins d'un tiers de la demande de pointe.

Cette application de chauffage n'influence nullement la sécurité et l'opération de l'îlot nucléaire. Le réacteur est exploité à sa pleine puissance indépendamment de la capacité de chauffage appelée. La salle des machines est conçue sur la base d'une turbine à condensation classique sur laquelle plus ou moins de vapeur est soutirée en fonction des besoins du chauffage. La figure 2 représente le schéma général de la connexion du chauffage urbain dans le cas d'une centrale à eau pressurisée, mais l'installation est tout aussi possible sur une centrale à eau bouillante.

Les principes de sécurité appliqués sur l'unité Loviisa 3 pourvue de la possibilité de soutirer de la chaleur pour les besoins de chauffage sont strictement les mêmes que ceux appliqués dans le cadre d'une unité conventionnelle. En plus, le détenteur de la licence doit faire la preuve que la cogénération de l'électricité et de la chaleur n'influence pas de façon négative la sécurité de l'installation et que le système de

transport ne représente pas de risque pour la population ou l'environnement.

L'autorité de sûreté finlandaise STUK demande bien entendu que Fortum fasse la preuve qu'une matière radioactive ne peut en aucun cas être transportée du circuit primaire vers le circuit de chauffage urbain. Ce transport est rendu impossible, dans le cas d'une tranche à eau pressurisée comme dans le cas d'une tranche à eau bouillante, par deux barrières physiques. Le schéma montre bien le nombre des barrières imposées par les différents circuits entre le circuit primaire et le consommateur final. Le système est en plus étudié de façon à assurer que les fuites éventuelles entre le circuit de prise de chaleur et le circuit de chauffage se font toujours vers le circuit secondaire du fait que la pression du circuit de chauffage est toujours plus grande que celle de la prise de chaleur. Ce concept a permis à STUK de prendre une position favorable à cette application.

La valorisation de la chaleur augmente le rendement énergétique total de la tranche. La reprise de la chaleur sur le circuit de l'îlot

⁽¹⁾ NDLR : Le gouvernement finlandais a choisi fin avril les sociétés TVO et Fennovoima pour construire deux nouvelles centrales nucléaires. Le projet doit encore recevoir l'aval du parlement.

Point de Vue (suite)

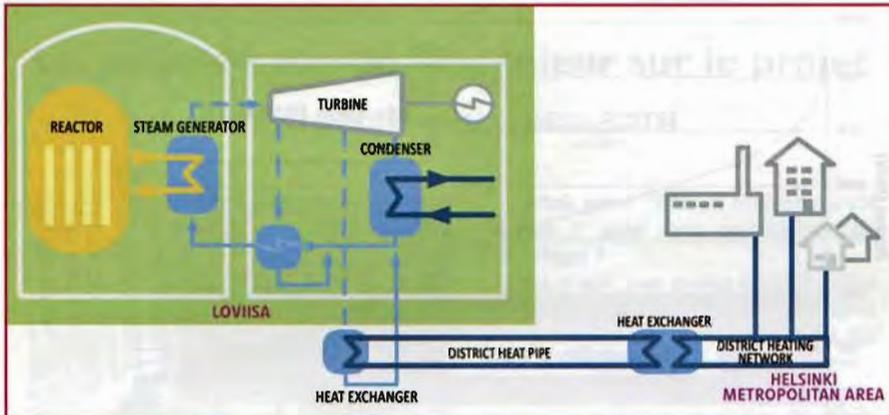


Fig. 2 - Schéma général de la connexion du chauffage urbain dans le cas d'une centrale à eau pressurisée

conventionnel peut se faire de plusieurs façons. Il y a lieu de concevoir un système à multiples étages de chauffage afin de réduire le moins possible la production d'électricité sans toutefois tomber dans un excès de complexité de l'installation. Il s'agit de modifications importantes de la machine dans tous les cas, voire du développement d'une machine spécifique malgré le fait que la tranche est étudiée de façon à permettre son utilisation de la même façon qu'une tranche traditionnelle à turbine à condensation.

La perte d'électricité sur une tranche équipée d'une turbine optimisée pour cette application s'avère fort raisonnable ; l'objectif est de rester environ dans les limites d'un sixième de la quantité de chaleur récupérée. Dans le cadre d'un EPR de 1600 MW par exemple, la perte de production d'électricité serait donc de l'ordre de 160 MW à la puissance de chauffage maximale, mais la production totale d'énergie passe à 1440 MWe + 1000 MWt soit 2440 MW.

Le transport et la distribution de la chaleur

Qui dit disponible sur le site ne dit pas encore disponible pour le consommateur. La centrale de Loviisa se trouve 80 km environ à l'est de la capitale. Le système de transport doit bien entendu être conçu en fonction du système de chauffage existant, ce qui, dans le cas de la région de la capitale, comme en Finlande en général, correspond à une température de départ au maximum de 120°C sous forme d'eau chaude et de 60°C au retour.

Fortum considère l'utilisation d'un caloduc de 2 x dia. 1200 mm avec une capacité de transport de 4-5 m³/s. Le caloduc suppose l'installation de 4 à 7 stations de pompage intermédiaires. La

perte théorique de température sur la distance est de 2 % environ, mais l'effet de pompage qui demande une puissance de plusieurs dizaines de MW compense cette baisse de façon à ce que l'eau arrive à une température égale ou supérieure à la température de départ.

La technologie de transport repose dans son ensemble sur des solutions bien connues et éprouvées et cette distance ne remet donc pas en cause l'intérêt de la réalisation sous forme de pertes calorifiques. Le système de transport a fait objet d'une étude de simulation approfondie qui tient compte des fuites, des pertes de capacité de pompage, du fonctionnement de toutes les vannes et de l'ensemble des états transitoires du système.

La connexion du caloduc sur le réseau existant a été étudiée de façon à tenir compte des caractéristiques du réseau existant ainsi que de la capacité des centrales actuelles appelées à évoluer



Fig. 3 - Vue d'artiste d'un tunnel de chauffage urbain à Helsinki

dans le temps pour permettre un fonctionnement harmonieux du système après la prise en service de la nouvelle source de chaleur.

Fortum considère la possibilité de l'installation du caloduc soit dans une galerie souterraine soit en surface. Les deux possibilités ont des avantages et des inconvénients. L'avantage de l'installation en galerie est la facilité de l'entretien que cela apporte ainsi que la certitude de la longévité de la tuyauterie. La section du tunnel serait de 30 m² à creuser dans le sol granitique et stable. En cas d'installation en surface, le caloduc serait placé dans une tranchée. Le coût total de la construction du système de transport est évalué à 1 milliard €.

Les objectifs environnementaux et économiques de la cogénération d'électricité et de chaleur

Il n'y a donc pas d'obstacle technique ou d'inconnue majeure dans la mise en place d'une solution de cette nature. Afin de pouvoir voir le jour, le système doit correspondre aux besoins économiques et environnementaux de l'ensemble des intéressés. Il s'agit aussi d'une question politique qui ne concerne pas uniquement les intéressés, mais le pays tout entier. Fortum a fait réaliser une étude indépendante sur les effets de la fourniture de chaleur par Loviisa 3 à la région de la capitale par la société Pöyry Consulting. L'étude repose sur une comparaison de trois scénarios :

• Scénario charbon

- Le scénario correspond à la structure de production actuelle avec une production de l'énergie qui repose sur le charbon et le gaz,

- Le point de départ de l'étude suppose qu'il est intéressant d'utiliser le charbon comme combustible de base avant de démarrer les centrales à gaz,

- Le scénario suppose que 10 % du combustible des centrales à charbon soit remplacé par la biomasse.

• Scénario biomasse

- Le scénario repose sur le remplacement du charbon par la biomasse dans les limites du possible,

- Le charbon continue à représenter 10 % du combustible pour des raisons techniques.

• Scénario chauffage Loviisa 3

- La nouvelle tranche de Loviisa 3 est destinée à la fois à la production d'électricité et de chaleur,

Point de Vue (suite)

- Une grande partie des tranches de la région reste en réserve et Loviisa 3 produit aussi l'électricité nécessaire.

La consommation des différents combustibles dans les trois scénarios apparaît dans le tableau I.

Il serait bien entendu possible de développer l'utilisation d'énergies renouvelables dans le cadre du scénario nucléaire de façon considérable. Pöyry a décidé de ne pas le faire dans le cadre de son étude afin de sortir les caractéristiques des différents systèmes d'une façon aussi claire que possible.

Le chauffage nucléaire et l'environnement

L'idée de Fortum n'est donc pas d'assurer la totalité du besoin de chauffage de la région de la capitale à partir de Loviisa 3, mais de chercher un optimum environnemental et économique entre le chauffage nucléaire et les solutions actuelles et à développer. Le graphique de la figure 4 fait apparaître la courbe de la demande de chaleur de la région sur une année type et l'offre de chauffage nucléaire comme considéré par Fortum. Il est évident que les arrêts annuels de la tranche nucléaire sont étudiés pour la période de l'été où la demande de chaleur est à son minimum.

La capacité maximale de chauffage appelée par la région est de l'ordre de 3500 MWt. Loviisa 3 serait donc à même de produire moins d'un tiers de cette demande. Il faut noter également que le système actuel, qui est composé de Helsingin Energia de Vantaan Sähkö et Fortum à Espoo, produit en cogénération aussi l'électricité consommée. Les combustibles principaux sont le charbon et le gaz naturel russe.

L'étude de Pöyry montre que le scénario fossile, s'il était poursuivi, entraînerait la région sur la voie d'une augmentation des

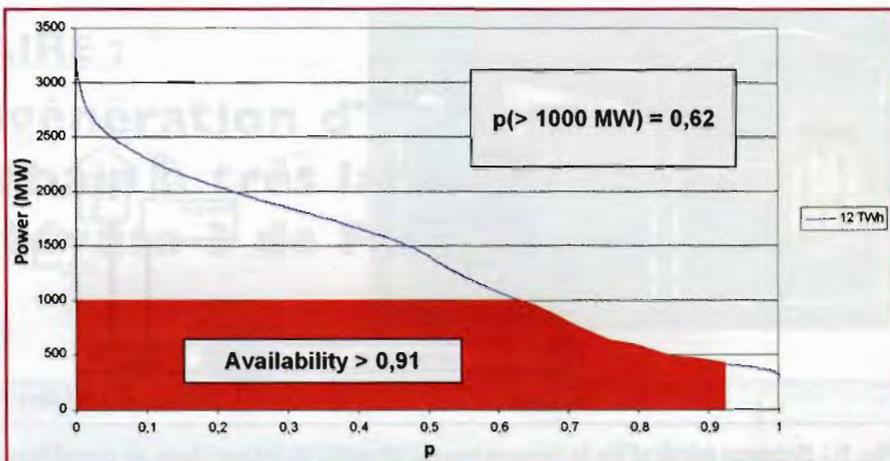


Fig. 4 - Demande de chaleur de la région sur une année type et offre de chauffage nucléaire considérée par Fortum

émissions de CO₂ de 24 % par rapport au niveau de 1990 du fait de la croissance de la consommation dans le temps. Le scénario biomasse permet d'obtenir un gain appréciable au niveau de l'environnement et permet de réduire les émissions de 37 %.

L'étude montre que la construction du caloduc de Loviisa a un effet environnemental encore vraiment très supérieur avec une réduction de 58 % au niveau de la région de Helsinki et de 4 % au niveau de la nation par rapport au niveau de 1990. Il s'agit de la plus grande opération de limitation des émissions de CO₂ jamais imaginée en Finlande, avec une diminution potentielle annuelle de 4 millions de tonnes environ, soit une diminution de 4 % des émissions nationales.

Helsinki - Paris, deux cas assez similaires

Il est intéressant de jeter un coup d'œil à Paris à ce niveau, après tout Nogent-sur-Seine n'est pas beaucoup plus loin de Paris que Loviisa de Helsinki. La consom-

mation de chaleur de chauffage urbain dans les deux capitales est étonnamment similaire dans les régions des deux capitales. La quantité totale d'énergie livrée par les réseaux de chaleur en 2008 s'élevait à 12,7 TWh, soit un chiffre un peu supérieur au niveau de la consommation totale à Helsinki.

Le fossile reste roi dans la région de Helsinki, mais la région parisienne a réussi à développer un mix de combustible plus intéressant et les renouvelables s'élevaient à 46 % en 2008. Le projet de la nouvelle tranche de CPCU fera passer ce chiffre au-delà de 50 % vers 2015. La région de la capitale finlandaise est chauffée par le charbon et le gaz naturel à Helsinki, par le charbon à Vantaa et le gaz à Espoo. Une installation de valorisation des déchets urbains est en projet pour 2015. Cela explique la médiocrité de la situation finlandaise dans ce domaine.

Le projet de Fortum a été décrit sous forme de trois scénarios dont un fossile, un biomasse et le nucléaire. Le tableau I fait état de la mise en service de la centrale à valorisation des déchets qui sera construite à Vantaa. Cette structure de présentation a été choisie pour simplifier l'analyse. Dans la réalité, Fortum ne présente pas le nucléaire comme une alternative aux renouvelables, mais comme une énergie de base appelée à être complétée par d'autres énergies, parmi lesquelles les renouvelables peuvent jouer un rôle important.

Il n'y a certainement pas lieu de mettre en question les énergies renouvelables à Paris, mais la partie fossile, pourrait-elle être assurée par une solution analogue à la proposition de Fortum ? Il n'appartient pas à cet article de répondre à cette

	Charbon (GWh/a)	Biomasse (GWh/a)	Nucléaire 1000 MW (GWh/a)
Consommation de chaleur	12 297	12 297	12 297
Consommation d'électricité	7392	7019	7392
Consommation de combustibles :			
- Gaz naturel	9867	11 008	9121
- Charbon	10 855	1831	0
- Déchets urbains	978	978	978
- Biomasse	886	6903	0

Tableau I - Consommation de combustibles dans les trois scénarios

Le point de vue de l'ingénieur sur le projet

Une interview de Nici BERGROTH



- D'où vient l'idée d'utiliser l'unité Loviisa 3 pour une application de chauffage ?

Il ne s'agit pas d'une nouvelle idée en temps que telle. Elle a été étudiée une première fois dans les années 80, mais elle ne s'est pas révélée économiquement viable à l'époque. Depuis, le monde a évolué, la notion de droits d'émission n'avait pas été inventée dans les années 80, il n'y avait pas d'objectifs de diminution et même pas de discussion publique sur le changement climatique. Le permis de

fonctionnement actuel de Loviisa 1 est valide jusqu'à 2027 et celui de la tranche deux jusqu'à 2030. Il n'est plus utile d'ajouter de capacité de production de chaleur à ces tranches là.

- Le projet, contient-il des défis techniques majeurs ?

Le projet a ses défis, liés en particulier à l'échelle en considération, au système de transport de la chaleur et sa connexion au système de la région de la capitale, mais du point de vue technique, ce projet est parfaitement réalisable, y compris du point de vue de la sécurité nucléaire et radioactive et ceci indépendamment du type de centrale.

- Est-il difficile d'expliquer au public la nature véritable du projet et ses effets du point de vue de la protection de l'environnement ?

Du point de vue technique, ceci contient ses propres défis, mais du point de vue des avantages sur l'environnement, comme la diminution des émissions de CO₂ et la diminution de la chaleur rejetée à la mer pour les besoins du refroidissement de l'installation, il s'agit de notions qui sont assez claires et faciles à expliquer et à comprendre.

- Quelles sont les réactions générales que le projet a suscitées ?

Le projet a suscité beaucoup de discussions et d'intérêt, majoritairement favorables, mais bien sûr il y a aussi eu quelques déclarations négatives comme dans le domaine des discussions sur le nucléaire en général. On trouve aussi des sceptiques et des gens qui mettent ce principe en doute.

- Quel est le point le plus intéressant dans ce projet ?

Le projet est unique du fait de l'échelle de l'application considérée ainsi que de la longueur du caloduc et de la capacité transmise.

question, mais la courbe de la demande annuelle de chaleur, en particulier celle de chaleur d'origine fossile, est certainement très différente de la courbe présentée ci-dessus, ce qui rend sans doute l'étude économique bien plus périlleuse à Paris qu'à Helsinki.

Le chauffage nucléaire et l'économie

L'économie du fonctionnement des différents systèmes est évaluée sur la durée de vie de la centrale nucléaire qui est la plus longue. Il serait nécessaire de renouveler des installations classiques en

cours de route et l'étude en tient compte. L'étude cherche à calculer la valeur actualisée du courant financier et la présente sous forme d'une comparaison avec le scénario charbon comme scénario de base, c'est-à-dire la continuité de l'utilisation intensive des énergies fossiles.

Cette étude tient bien sûr compte du prix des droits d'émission. La solution biomasse représente dans ce cadre un gain de 1,4 milliard € sur cette période par rapport à la solution de base. Cette même étude présente un avantage de l'ordre de

3,3 milliards pour la solution de cogénération nucléaire à partir de Loviisa.

La société Pöyry a également réalisé une étude de sensibilité afin de pouvoir ressortir l'influence des différents paramètres sur les résultats de l'étude. Il s'avère que l'ordre d'intérêt économique n'est pas influencé par le prix de l'électricité, ni celui du gaz naturel ou par le prix des droits d'émission. Le nucléaire reste la solution la plus économique même à un prix zéro de la tonne de CO₂. De la même manière, l'évaluation tolère de très importants glissements au niveau des différents coûts du projet Loviisa 3. Nous retrouvons donc des résultats environnementaux et économiques vraiment très favorables pour le projet de cogénération.

Malgré cela, l'affaire n'est pas simple du tout. Fortum est maître de l'énergie à Espoo du fait qu'elle possède la compagnie électrique et le réseau de distribution de chaleur, mais à Vantaa, la société appartient à 60 % à la ville de Vantaa et à 40 % à Helsinki, et à Helsinki nous sommes en présence d'une société communale qui dépend entièrement de la ville, du maire, des conseillers municipaux et des membres du comité de l'énergie de la ville, etc. Comme dans toutes les capitales, les Verts détiennent une assez importante place dans l'administration de Helsinki comme de la région...

Il n'est pas utile de décrire la complexité de la prise de décision dans un tel contexte sur un tel sujet où le nucléaire apparaît sous une nouvelle teinte, encore plus verte et économique que d'habitude. Pour attirer les villes de Helsinki et de Vantaa, Fortum leur propose de devenir des partenaires du projet de centrale nucléaire de Loviisa 3 à hauteur de 50 % et de mettre l'énergie électrique et la chaleur à la disposition des villes à prix coûtant, ce qui nous permet de retrouver la forme de coopérative qui caractérise les projets de TVO et de Fennovoima.

L'idée de chauffer la région de Helsinki avec une installation nucléaire à partir de Loviisa n'est pas nouvelle. Elle a été considérée longtemps comme un sujet tabou du point de vue politique. Le projet de Fortum a l'énorme qualité d'avoir mis le sujet sur la table, chose que nous devrions faire beaucoup plus souvent en matière de production et de consommation d'énergie.

Simo BRUMMER,
Embea Oy