



Centre National d'Etudes Spatiales

La Centrale de Trigénération au gaz naturel



DOSSIER DE PRESSE

Inauguration le 24 octobre 2002



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DU CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE.....	3
1.1 – ACTIVITES	3
1.2 – LE SITE DE TOULOUSE	3
1.3 – LES BESOINS ENERGETIQUES DU SITE.....	4
2. LE PROJET DE TRIGENERATION	5
2.1 – HISTORIQUE DU PROJET	5
2.2 – SCHEMA DE FONCTIONNEMENT	6
2.3 – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	7
2.4 – BILAN ENERGETIQUE	8
2.5 – INVESTISSEMENTS	9
3 – INTERETS DE LA TRIGENERATION.....	10
3.1 – LA PERFORMANCE ECONOMIQUE.....	10
3.2 – LA SOUPLESSE ENERGETIQUE	10
3.3 – LE SECOURS ELECTRIQUE	10
3.4 – LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE.....	11
3.5 – BILAN ENVIRONNEMENTAL	11
3.6 – EN QUOI LA TRIGENERATION DU CNES SE DEMARQUE T-ELLE DES INSTALLATIONS DE COGENERATION ?	12
3.8 – TRIGENERATION "SIMPLE EFFET" OU "DOUBLE EFFET" ?	12

1. PRESENTATION DU CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE



Le site du CNES à Toulouse

1.1 – ACTIVITES

➤ **Le Centre National d' Etudes Spatiales (CNES)**, créé en décembre 1961, est chargé d'élaborer, de proposer et de conduire la politique spatiale de la France.

➤ Surtout connu par les programmes ARIANE, SPOT, HELIOS, le CNES dispose à Toulouse de son plus important site, **le Centre Spatial de Toulouse (CST)**, chargé de la préparation et du développement des projets spatiaux, de l'exploitation des moyens opérationnels, de la Recherche et Technologie.

1.2 – LE SITE DE TOULOUSE

➤ Décidée par le Conseil Interministériel du 2 juin 1964, la **création du Centre Spatial de Toulouse** s'est concrétisée par une mise en place d'activités et de moyens spatiaux échelonnée entre 1968 et 1974, date du transfert à Toulouse de la totalité des installations du CNES à Brétigny sur Orge et de la fermeture du Centre Spatial de Brétigny.

➤ **Le Centre Spatial de Toulouse est à ce jour le plus important complexe technique européen de recherche spatiale** dans tous les domaines, hormis les lanceurs. Il réunit en un site unique :

- les activités de recherche et de développement propres aux technologies spatiales,
- les activités de développement de systèmes orbitaux nationaux ou en coopération multilatérale au profit de la science et des applications spatiales
- les activités d'opérations et de mise et maintien à poste des systèmes orbitaux qui lui sont confiés

➤ Ces activités nécessitent la mise en œuvre de moyens d'essais, de centres de contrôle de satellites, et de laboratoires d'expertise dans les domaines spatiaux concernés.

➤ **Le site s'étend sur 56 hectares**, à l'intérieur du Complexe Scientifique de Rangueil au Sud-Est de la métropole Toulousaine. Plus de soixante bâtiments abritent 110 000 m² de planchers pour les moyens techniques et 30 000 m² de bureaux pour environ 1750 employés.

1.3 – LES BESOINS ENERGETIQUES DU SITE

☀ Le site toulousain du Centre National d'Etudes Spatiales a consommé en 2001 :

- **40 000 MWh électriques**
- **29 000 MWh de Gaz Naturel**

☀ Le maintien des conditions de température et d'hygrométrie des installations nécessite une production simultanée d'eau chaude (95°C) et d'eau glacée (6°C), été comme hiver.

☀ Les deux productions sont centralisées. La distribution se fait par deux réseaux totalisant 8 km et alimentant 60 bâtiments.

☀ L'eau chaude est actuellement produite par trois chaudières au gaz naturel totalisant **15 MW**. La puissance appelée évolue entre 0.5 MW (en août) et 8 MW (en décembre).

☀ L'eau glacée est produite par 5 groupes centrifuges et 2 groupes à pistons (utilisant un fluide frigorigène R 22) totalisant **17 MW**. La puissance appelée évolue entre 3 MW (en février) et 9 MW (en juillet).

2. LE PROJET DE TRIGENERATION



Centrale de trigénération du CNES

2.1 – HISTORIQUE DU PROJET

✿ En 2000, le CNES, en partenariat avec **Gaz De France**, confie au **Bureau d'Etudes Techniques CLIMAT** la **réalisation d'un audit** destiné à rechercher la meilleure adéquation entre les besoins énergétiques du site et ses moyens de production, dans le but de réduire le coût global de la facture énergétique, notamment en explorant les opportunités d'une trigénération.

✿ En première approche, CLIMAT confirme que le site se prête à une production décentralisée d'électricité et l'idée de la trigénération est déjà avancée. Cette solution nécessite cependant un **approfondissement de l'expertise** qui est réalisé la même année avec la participation active de **Gaz De France** et de **l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)**.

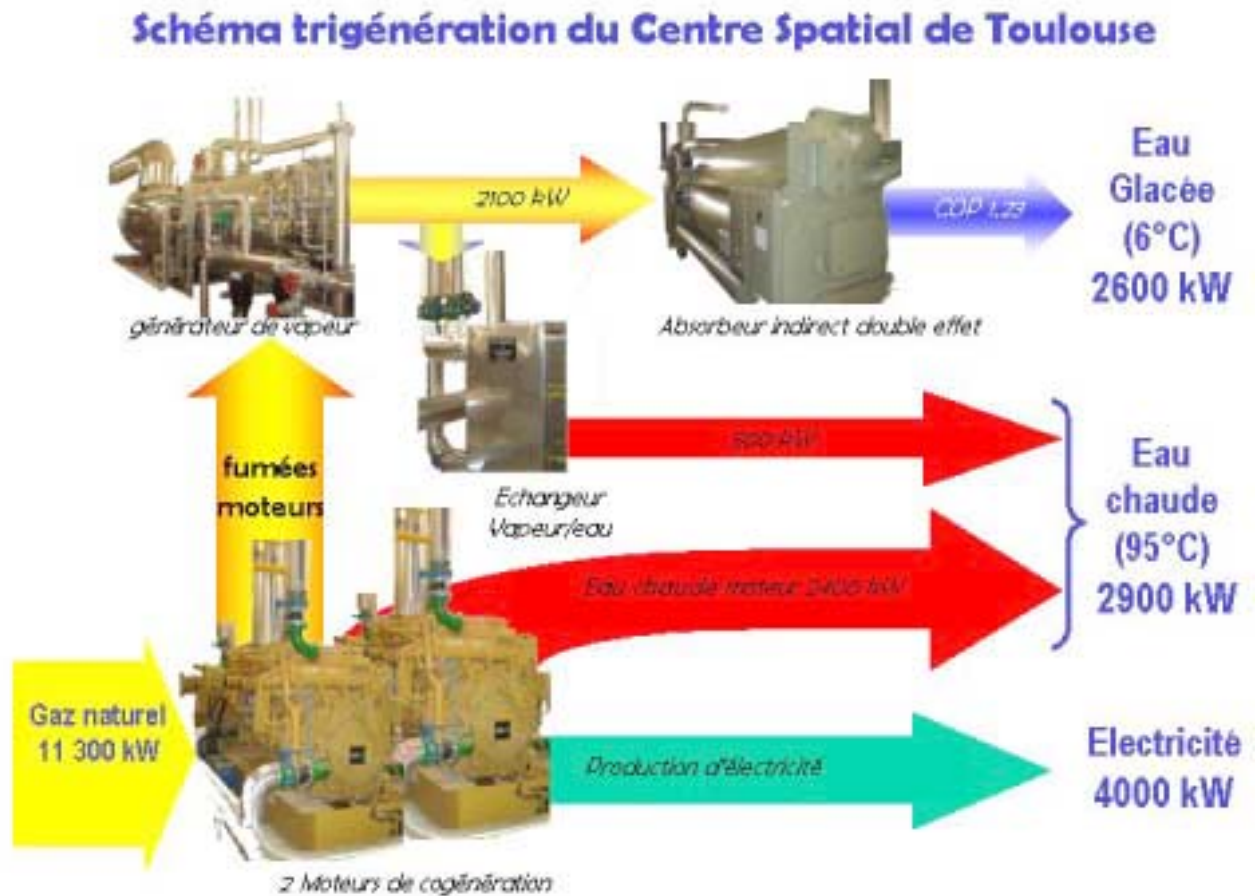
Sur recommandation de l'ADEME, les solutions initiales de cogénération et de trigénération "simple effet" sont comparées à une solution innovante de trigénération dite "double effet". En définitive, il s'avère que ce **nouveau procédé de trigénération présente des performances énergétiques ainsi qu'une rentabilité financière supérieures aux solutions "classiques"**, pour un surcoût d'investissement raisonnable.

✿ Rapidement, **en mars 2001**, une fois levées toutes les questions liées à la disponibilité et à la conformité réglementaire du matériel innovant, **le CNES prend la décision de réaliser la première centrale de trigénération double effet en Europe** pour un usage de climatisation de locaux et confie à CLIMAT la maîtrise d'œuvre du projet.

PLANNING DE REALISATION

- ✓ Le permis de construire est obtenu en juin 2001
- ✓ Les travaux débutent le 26 juin 2001 et dureront 7 mois
- ✓ La DRIRE délivre l'autorisation d'exploiter le 20 novembre 2001
- ✓ Les essais de qualification ont lieu en janvier 2002
- ✓ La mise en service des installations de production électrique, vapeur, eau chaude est réalisée le 1^{er} février 2002. L'électricité produite est achetée par EDF
- ✓ Le démarrage officiel de la centrale de trigénération est prévu à l'occasion de son inauguration le 24 octobre 2002

2.2 – SCHEMA DE FONCTIONNEMENT



2.3 – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

✿ D'une façon générale, **une centrale de trigénération est une installation consommant du gaz naturel pour produire simultanément de l'électricité, de la chaleur et du froid.**

L'électricité est produite par un alternateur entraîné par un moteur (ou par une turbine) alimenté en gaz naturel.

Les rejets thermiques du moteur font l'objet d'une récupération de chaleur.

Lorsque celle-ci sert à couvrir les besoins thermiques du site, il s'agit d'une cogénération.

Si de plus, une partie de la chaleur récupérée est transformée en froid *-par le biais d'un système thermodynamique, dit à absorption-* il s'agit d'une trigénération.

✿ **La trigénération du CNES** repose sur l'utilisation de deux moteurs Caterpillar CAT 3532 HR SITA développant une puissance motrice nominale unitaire de 2140 kW pour une consommation unitaire de 5 690 kW PCI (pouvoir calorifique inférieur) de gaz naturel. Ils entraînent chacun un alternateur Caterpillar type SR 4828 développant 2080 kW électrique pour une **production électrique nette totale de 4 000 kWe.**

Le rendement électrique brut est de 35.5%.

L'installation présente une disponibilité de 97%.

L'électricité produite est entièrement revendue à EDF suivant les modalités de rachat réglementaires. Le contrat de rachat est valable pour un fonctionnement de la centrale entre le 1^{er} novembre et le 31 mars. Il est établi pour une durée de 12 ans.

↳ **Une première récupération de chaleur sur le circuit de refroidissement des moteurs permet une production d'eau chaude de 2 400 kW.**

Cette production est injectée dans le réseau de chaleur du site et vient se substituer à la production des chaudières gaz naturel existantes.

↳ **Une seconde récupération de chaleur est effectuée sur les fumées d'échappement des moteurs à 490°C. Le générateur de vapeur (Babcock) permet de valoriser 2 600 kW supplémentaires** sous forme de vapeur saturée 8 bars à 180°C (4 tonnes/heure).

↳ **Cette vapeur alimente un groupe de production de froid à absorption TRANE type ABTF 750 de dernière génération, installé pour la première fois en Europe pour un usage de climatisation.**

Avec un rendement de 1.2, dépassant de plus de 70% les rendements couramment obtenus avec des systèmes classiques à absorption dits "simple effet", ce groupe froid assure la **production de 2 600 kW d'eau glacée à 6°C.**

Cette production de froid vient se substituer à la production d'eau glacée du site.

↳ **Un échangeur de chaleur vapeur/eau permet de produire de l'eau chaude (0.5 MW).**

Elle vient compléter celle issue de la récupération sur les moteurs.

La production totale d'eau chaude à 95°C est de 2 900 kW.

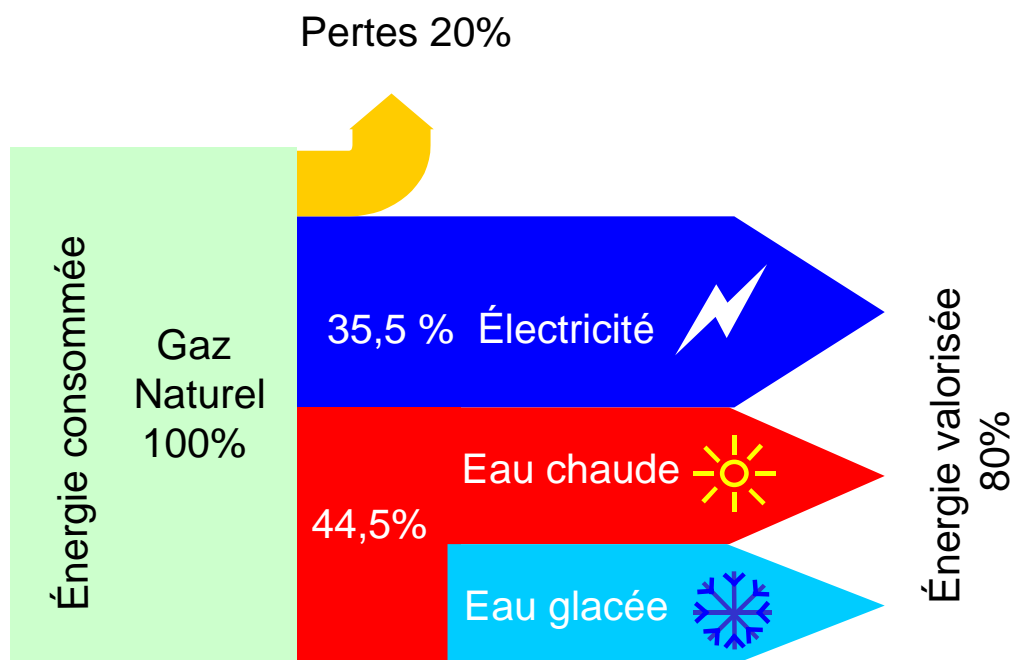
Ce couplage permet d'assurer une modulation entre la production de froid et de chaleur, gardant ainsi en permanence un niveau de valorisation énergétique maximal des rejets thermiques des moteurs.

En définitive, 44.5% de l'énergie fournie aux moteurs peut être récupérée et valorisée pour des usages calorifiques et frigorifiques.

2.4 – BILAN ENERGETIQUE

Sur la période de fonctionnement réglementaire (1^{er} novembre - 31 mars), le bilan énergétique est le suivant :

Consommation Gaz Naturel des groupes	40 000 MWh_{PCS}
Production d'électricité	14 200 MWh
Chaleur récupérée et valorisée	17 400 MWh
Production d'eau chaude	9 800 MWh
Production d'eau glacée	9 100 MWh



Durant sa période de fonctionnement réglementaire (du 1^{er} novembre au 31 mars), la centrale de trigénération fournira la quasi-totalité des besoins thermiques du site :

↪ 82% des besoins en eau chaude

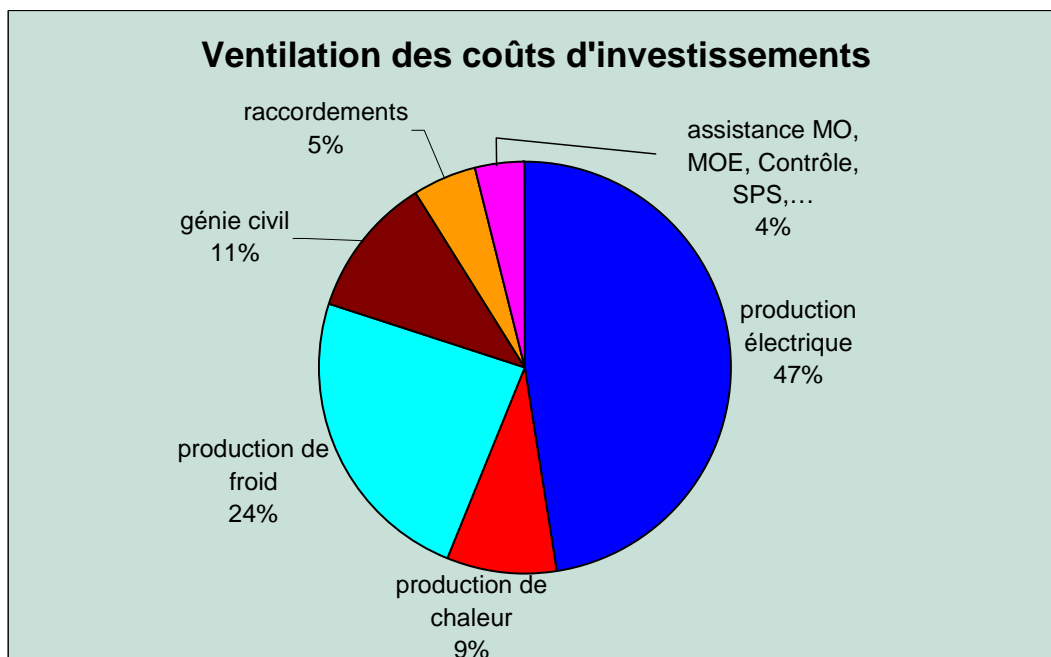
↪ 85% des besoins en froid

2.5 – INVESTISSEMENTS

Le montant global du projet s'élève à 3 850 000 € qui se répartissent de la façon suivante :

- production électrique: 1 830 000 €
- production de chaleur: 330 000 €
- production de froid: 920 000 €
- génie civil: 430 000 €
- raccordement: 190 000 €
- assistance MO *, MOE *
Contrôle, SPS * 150 000 €

Total **3 850 000 €**



Remarque : Le montant lié à la production de froid ne représente que 24% du montant total de l'investissement !

Ainsi, **un fonctionnement en trigénération ne représente qu'un surcoût faible en comparaison d'un fonctionnement en cogénération.**

Le bilan des **coûts de fonctionnement** est le suivant :
(sur 5 mois d'hiver, basé sur la consommation de l'année 2001)

	Sans Trigénération	Avec Trigénération
Consommation gaz chaudières	298 000 €	55 000 €
Consommation gaz des moteurs	-	764 000 €
Consommation électrique des groupes froids	127 000 €	19 000 €
Maintenance trigénération	-	249 000 €
Prime pour rendement équivalent TICGN *	-	- 98 000 €
Revente d'électricité	-	-1 232 000 €
TOTAL	425 000 €	- 243 000 €

* **MO** : maîtrise d'œuvre **MOE** : maîtrise d'œuvre d'exécution
SPS : sécurité, protection, santé
TICGN : taxe intérieure sur les consommations de gaz naturel

En définitive, le gain d'exploitation est de 668 000 € par an, pendant 12 ans.

Dans ces conditions, la centrale de trigénération est amortie en moins de 6 ans.

Pour son aspect démonstratif sur le plan environnemental, cette réalisation a bénéficié du soutien financier de l'ADEME (457 000 €) et du Conseil Régional Midi-Pyrénées (152 000 €) au travers du Programme Régional de Lutte contre l'effet de serre et pour le Développement Durable (PRELUDE)

3 – INTERETS DE LA TRIGENERATION

3.1 – LA PERFORMANCE ECONOMIQUE

Les performances énergétiques élevées de la trigénération du CNES en font un investissement rentable.

Les 3 850 000 € investis seront amortis dans un délais compris entre 5 et 6 ans d'exploitation (hors subventions).

Il est intéressant de noter que les variations importantes du prix du gaz naturel qui ont eu lieu durant la période 2000 n' ont pas remis en cause la rentabilité du projet.

En effet, le prix du gaz intervient dans le calcul du tarif de rachat de l'électricité produite.

A cet égard, il y a donc variation concomitante de ces 2 tarifs, ce qui contribue à assurer une rentabilité relativement constante.

3.2 – LA SOUPLESSE ENERGETIQUE

La trigénération a été conçue pour fonctionner selon 2 hypothèses :

- soit en période hiver (novembre à mars) 3600 heures, schéma retenu au CNES actuellement
- soit toute l'année (8700 heures).

Le schéma de fonctionnement, (annuel ou hivernal) est décidé en fonction des coûts comparés des énergies gaz et électricité.

Lorsque l'écart de prix entre les 2 énergies grandit, il est plus rentable de fonctionner toute l'année, alors qu'avec des prix plus proches, il est préférable de fonctionner en hiver.

Ainsi l'installation réalisée augmente sensiblement la capacité du CNES à optimiser l'utilisation des différentes sources d'énergie, en fonction de la conjoncture du marché.

3.3 – LE SECOURS ELECTRIQUE

Comme tout système de production décentralisé d'électricité, cette installation pourra ultérieurement renforcer, moyennant des adaptations techniques, l'autonomie électrique du site vis à vis des coupures du secteur.

3.4 – LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

☛ Dans un **contexte volontariste d'amélioration de l'efficacité énergétique** destiné à **minimiser les impacts environnementaux de la production électrique** et **lutter efficacement contre l'aggravation du phénomène d'effet de serre**, les législateurs européens et français ont mis en place depuis quelques années un cadre réglementaire favorable à l'essor des moyens de production décentralisée en général et des installations de co-trigénération en particulier.

☛ Ces **unités de production d'électricité**, en permettant une valorisation des rejets thermiques, **présentent des rendements globaux d'exploitation élevés**, inaccessibles aux centrales thermiques centralisées.

A titre de comparaison, **l'installation du CNES valorise 80% de l'énergie qu'elle consomme alors que le parc moyen de production centralisé affiche des rendements de l'ordre de 37%.**

3.5 – BILAN ENVIRONNEMENTAL

☛ La diversité des moyens de production centralisée, aux impacts environnementaux divers (centrales nucléaires, charbon, fioul domestique, fioul lourd, gaz naturel, ...), rend difficile la quantification des gains environnementaux d'une production décentralisée d'électricité.

☛ Néanmoins, si l'on se place dans le cas du cycle centralisé le plus performant à l'heure actuelle, dit cycle "combiné gaz" d'un rendement de 52.5%, **le bilan de la trigénération du CNES, sur la durée du contrat réglementaire de revente d'électricité, est le suivant :**

➤ 6 000 Tonnes Equivalent Pétrole d'énergie primaire économisées

☛ Ces **économies d'Energie Primaire se traduisent par une diminution proportionnelle des rejets en dioxyde de carbone (CO2).**

Celui-ci est l'un des principaux responsables de l'aggravation du phénomène d'effet de serre et donc du réchauffement de la planète ainsi que des accidents climatiques qui en découlent.

☛ A ce titre, il est important de préciser que **le groupe à absorption utilise un fluide frigorigène (l'eau) absolument neutre à la fois pour la couche d'ozone et pour l'effet de serre.**

☛ **Ce groupe à absorption se substitue à un groupe à compression électrique contenant 1.5 tonnes de HFC (hydrofluorocarbures).** Ce gaz présente un potentiel de réchauffement global (GPW) 1 700 fois supérieur à celui du CO₂. Or, si l'on prend en compte un taux de fuite annuel de 10% sur la durée de vie du groupe à absorption, c'est une émission totale de 3 tonnes de HFC qui est ainsi évitée. Cela correspond à une réduction d'émission en équivalent CO₂ de plus de 5 000 tonnes.

Soit un bilan global de réduction des émissions de CO2 (économie d'énergie primaire + substitution du HFC de type R22) de :

➤ 19 000 tonnes

☛ Au-delà de la participation de la trigénération du CNES à la lutte contre l'effet de serre et au réchauffement climatique, cette unité contribue à une diminution significative des pollutions atmosphériques associées à la production d'électricité classique par cycle centralisé, notamment du fait de **l'utilisation du gaz Naturel comme combustible : réduction des émissions de poussières, des NOx, SO₂, CO, ...**

3.6 – EN QUOI LA TRIGENERATION DU CNES SE DEMARQUE T-ELLE DES INSTALLATIONS DE COGENERATION ?

✿ Le rendement global d'une installation de cogénération (électricité/ chaleur) évolue en fonction des besoins thermiques nécessairement variables, notamment en fonction des variations climatiques auxquelles sont rattachées les besoins en chaleur. Par contre, ces besoins en chaleur varient en général en sens inverse des besoins en froid.

✿ Aussi **la trigénération permet-elle de moduler la production de chaleur et de froid** afin d'obtenir en permanence un niveau de valorisation maximum des rejets thermiques des moteurs.

Une telle **souplesse d'utilisation permet d'atteindre beaucoup plus facilement des rendements globaux d'exploitation élevés.**

Dans le cas du CNES, l'étude de faisabilité avait mis en évidence que le rendement d'une cogénération n'aurait pas dépassé 65%.

3.8 – TRIGENERATION "SIMPLE EFFET" OU "DOUBLE EFFET" ?

✿ Jusqu'à présent, les systèmes de production de froid par absorption commercialisés (dit "simple effet") présentaient des rendements de conversion chaud-froid faibles, de l'ordre de 0,7.

Cela revient à dire que le flux de chaleur récupéré sur le groupe électrogène était dégradé de 30%, rendant la solution trigénération moins efficace énergétiquement et de fait difficilement rentable.

Pour information, **il n'existait jusqu'à présent que 3 trigénérations en France, la dernière en date étant installée à Montpellier sur un réseau de chaleur, depuis la fin 2001.**

Ces 3 installations sont des trigénérations indirectes à simple effet.

✿ **L'originalité de l'installation du CNES réside dans le recours à un système à absorption de dernière génération (dit "double effet", le premier installé en France) présentant un coefficient de performance (COP) de 1,2 (70% supérieur à celui des machines indirectes standard).**

Dès lors, le flux de chaleur transformé en froid est valorisé de 20%, alors qu'il était dégradé de 30% avec les systèmes classiques dits "simple effet".

De telles performances "dopent" le rendement global d'exploitation des installations et modifient radicalement et favorablement les bilans environnementaux et financiers, comme le montre indiscutablement l'opération du CNES.

Ainsi, dès lors qu'un site dispose de besoins simultanés en chaleur et en froid et que se pose la question de mettre en place une installation de production décentralisée d'électricité, la technologie de trigénération par absorption "double effet", en exploitation au CNES, correspond à l'optimum environnemental et financier.

ANNEXES

LES PARTICIPANTS AU PROJET

Maître d'ouvrage Maître d'œuvre T.C.E. Architecte Coordination Sécurité Protection Santé Contrôles Techniques	Centre National d'Etudes Spatiales Bureau d'études CLIMAT Gilles de MONTLEAU Alain RIGUAL APAVE
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LES ENTREPRISES

Le Bâtiment

Gros Œuvre Etanchéité VRD Serrurerie Menuiserie Peinture Eclairage Equipements électriques Téléphonie	SOCOTRAP COLAS JARA MASON FORCLUM
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

Les lots techniques

Groupes Electrogènes Gaz Groupe à Absorption Tour de Refroidissement Installation Haute et Basse Tension Process Installation Vapeur Chaud Froid Détection Incendie Intrusion Supervision CNES Réseaux extérieurs Eau Chaude Gaz	ENERIA TRANE BALTICARE ENERSON - FONTANIE ENERSON - HERVE THERMIQUE CERBERUS CEGELEC SNEF MTS
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LES PARTENAIRES DU PROJET



22 avenue du Maréchal Juin
31 077 TOULOUSE cedex 4
Tél. : 05 61 33 50 50
Fax : 05 61 33 52 66
e-mail : sandrine.locci@cr-mip.fr

Contact Presse : Sandrine LOCCI



Agence commerciale Midi-Pyrénées
Résidentiel et Tertiaire
12 rue Paul Mesplé – BP 1173
31 036 TOULOUSE cedex 1
Tél. : 05 61 11 07 96
Fax : 05 61 11 07 40
e-mail : michel.bouquet@gazdefrance.com

Contact Presse : Michel BOUQUET

ADEME



Agence de l'Environnement
Et de la Maîtrise de l'Energie

29 voie l'Occitane – BP 672
31 319 LABEGE cedex
Tél. : 05 62 24 35 36
Fax : 05 62 24 34 61
e-mail : franck.chatelain@ademe.fr

Contact Presse : Franck CHATELAIN