



**KERATIS- ENERGIE-**

**UN AUTRE REGARD, UNE AUTRE VISION DE L'ENERGIE ET DE LA GESTION  
DES DECHETS ;**

## **DOSSIER TECHNIQUE GLOBAL**

**Comment concilier qualité de l'air (quadruple flux),  
performance environnementale et énergétique avec la  
compression thermochimique et le thermo  
dynamisme solaire, pour répondre à une occupation  
variable des locaux.**

Flexibilité des installations ainsi que la réversibilité possible des énergies  
sont des atouts incontestables pour des projets à haute valeur ajoutée et  
à haute valeur énergétique de KERATIS Energie.

**CIBLES : éco-quartiers, éco-villes, ARENA, plateforme  
frigorifiques, électrification rurale...**



**ARENA KERATIS ENERGIE DAKAR**

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363**

**Les systèmes de ventilation sont des récupérateurs de chaleurs permettant des gains de chauffage en EUROPE, mais augmentant le coût de la climatisation en Afrique.**

**Les pompes à chaleur fonctionnant au gaz :PAC à absorption gaz géothermique, PAC à moteur gaz et chaudière gaz à eau surchauffé, pour permettre une production d'énergie décentralisée, sont une brique technologique qui permettent de neutraliser les entrées d'air neuf, utiliser le free-cooling nocturne et ainsi réduire considérablement les frais énergétiques.**

**Produire de l'énergie au plus près de la demande est intéressant car utilisation directe de l'énergie primaire autre qu'électrique, est une alternative, notamment dans les pays à forte température ou les besoins d'air neuf sanitaire doivent être assurés dans les lieux publics (salle de spectacle, aéroport, hôpitaux...).**

Si le moteur du compresseur du cycle thermodynamique est entraîné par un travail de compression électrique, on parle alors de pompe à chaleur électrique (voir la fiche explicative relative aux PAC électriques), la compression du fluide frigorigène n'est pas mécanique.

Si par contre il est entraîné par un travail d'origine thermique (énergie gaz utilisée), on parle alors de pompe à chaleur gaz, la compression est thermochimique, assurée par de l'énergie thermique produite à partir d'un brûleur gaz ou d'une source externe de chaleur

L'**absorption** est un phénomène ou processus physique et chimique dans lequel des atomes, molécules ou ions pénètrent dans une phase gazeuse, liquide ou solide. Ce phénomène est différent de l'adsorption où les molécules adsorbées restent à la surface. La **compression** est thermochimique d'un mélange eau-ammoniac, par exemple.

Les machines à absorption sont basées sur la capacité d'un liquide ou d'un sel à absorber l'écoulement du fluide frigorigène. Les couples fluides frigorigène/absorbant les plus communément utilisés sont les suivants : • couple H<sub>2</sub>O/LiBr : l'eau (réfrigérant) et du bromure de lithium (absorbant), • couple NH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>O: ammoniac (réfrigérant) et de l'eau (absorbant).

Les machines à absorption ont deux avantages pour les services de distribution d'énergie calorifique : Elles permettent de mettre en place une offre de fourniture de froid à partir d'un réseau de chaleur existant, sans nécessité de mise en œuvre d'un réseau de distribution spécifique, - elles permettent la valorisation d'énergie thermique excédentaire et/ou fatales : cas de la récupération sur process industriel ou sur usine d'incinération, où la chaleur produite en été est souvent peu ou pas valorisée ; cela peut également permettre d'optimiser une installation de cogénération (à partir de moteur ou de turbine à gaz), qui devient ainsi une tri-génération.

**KERATIS INGENIERIE**

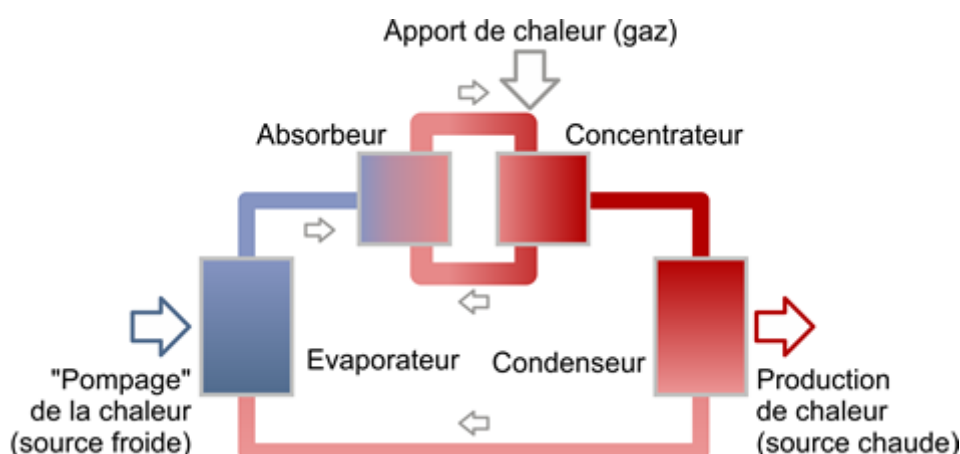
**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

Les solutions techniques performantes et évolutives pour les clients résidentiels et tertiaires sont adaptées aux prochaines évolutions réglementaires du développement durable.

**Type de PAC** les PAC à moteur gaz, où la compression du fluide frigorigène est assurée par un moteur à combustion interne dérivé de l'industrie automobile. Cette solution existe en version aérothermique uniquement, elle est systématiquement réversible : elle peut produire du chauffage et de la climatisation.

**Comment grâce un régulateur d'énergie** (échangeur de chaleur) à triple effet pour lutter contre l'intermittence d'énergie renouvelable ?



Attention : La comparaison avec d'autres technologies de PAC doit se faire sur la base de la même énergie, l'énergie primaire. Le COP/EER d'une PAC doit être divisé par le coefficient d'énergie primaire de l'énergie d'alimentation. Pour l'électricité, ce coefficient est de 2,58 ; pour les énergies fossiles comme le gaz, le coefficient est de 1. Nous verrons plus bas que notamment pour les pays à forte chaleur (utilisation d'une PAC géothermique à gaz peut offrir des COP/EER supérieur au PAC aéraulique utilisé majoritairement).

D'après l'ADEME (Fiche technique performances des pompes à chaleur fonctionnant au gaz naturel Septembre 2015) , quelle que soit la technologie de **PAC à moteur à gaz utilisée**, le niveau de fiabilité et de confort procuré est satisfaisant pour les utilisateurs, et ce, quelles que soient les conditions extérieures, prouvant un niveau de maturité suffisant pour un déploiement de la technologie.

Toujours d'après l'ADEME, les PAC à moteur gaz sont les machines les plus performantes pour la climatisation au gaz naturel. Elles sont donc à privilégier pour les bâtiments ayant des besoins de climatisation sont importants.

**KERATIS INGENIERIE**

3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscal 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

Dans tous les cas, le recours au gaz naturel pour le fonctionnement de pompes à chaleur en climatisation est une alternative intéressante pour les réseaux électriques contraints et pouvant être surchargés par l'installation de PAC électriques.

L'objectif : permettre de gérer la chaleur solaire du solaire à concentration et la chaleur issue du gaz propre, à l'aide d'une **chaudière eau surchauffée de moyenne puissance pour faire fonctionner la PAC à absorption de façon efficiente**. En effet quand le soleil se réduit ou se couche l'énergie qui sert au confort vient à manquer. Pour permettre de lutter contre l'effet utile (produit l'énergie à température variable avec intermittence des renouvelables), il faut un régulateur pour que l'équipement à absorption soit alimenté en eau pressurisée de façon stable (température du besoin stable), pour cela le régulateur appelle soit l'énergie solaire, soit l'énergie du gazéificateur. **Ces technologies sont caractérisées par des rendements élevés et des standards de construction de très haut niveau** et même la chaleur dégagée par les produits de combustion peut être récupérée et valorisée.

### Contraintes réglementaires

- L'utilisation de l'ammoniac implique des contraintes réglementaires liées à la pression relativement élevée, la toxicité. L'utilisation de NH<sub>3</sub> est notamment réglementée par la réglementation des installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) Flexibilité
- Comme toutes les PAC, l'écart de température entre départ et retour et entre source froide et chaude est limité pour une bonne efficacité (50 °C maximum) Exploitation - Maintenance
- L'utilisation de LiBr implique une vigilance importante pour éviter sa cristallisation, fatale pour la PAC ou le groupe froid
- La vérification des niveaux des fluides est le point important de la maintenance

## Réseau de chaleur et de froid multipoints, multi-énergie intelligent.

L'objectif serait pendant une période de forte urbanisation de créer des réseaux de chaleur/froid pour réduire les coûts énergétiques **électrique qui ruinent les perspectives de développement des pays Africain.**

### Définition d'un réseau de chaleur et d'un réseau de froid

Un réseau de chaleur ou de froid urbain est un « ensemble d'installations qui produisent et distribuent de la chaleur [ou du froid] à plusieurs bâtiments pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire [ou la climatisation] »

**KERATIS INGENIERIE**

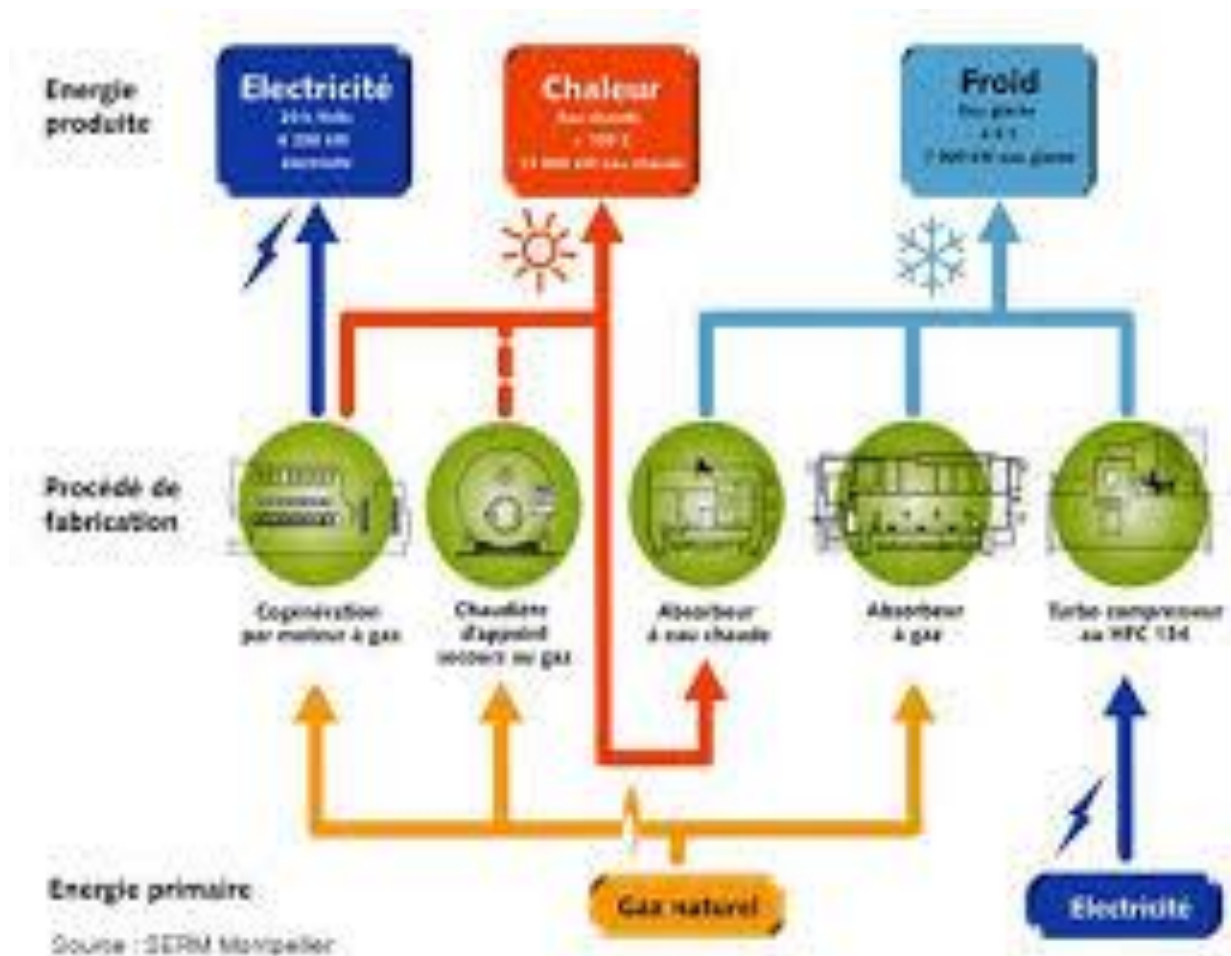
**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363



Le réseau de chaleur est constitué d'un réseau primaire de canalisation, empruntant le domaine public ou privé, transportant de la chaleur et alimentant des postes de livraison, dit sous-stations, aux utilisateurs. Les réseaux de chaleur se distinguent selon 2 catégories : les chaufferies dédiées utilisant des réseaux pour la distribution de la chaleur et le réseau de chaleur au sens juridique du terme, c'est-à-dire que le producteur de chaleur exploitant la chaufferie est juridiquement distinct des usagers/consommateurs de l'énergie thermique au moins au nombre de deux.

Sur le même principe, les réseaux de froid transportent de l'eau glacée pour la climatisation des locaux et/ou pour le refroidissement d'applications.



**KERATIS INGENIERIE**

3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

## Les enjeux et les avantages du développement des réseaux de chaleur et de froid

Un moyen de mobiliser massivement d'importants gisements d'énergies renouvelables

La froid est aujourd'hui produite à 100 % à partir d'énergies centralisée, à partir d'énergies fortement émettrices de gaz à effet de serre. Le froid du résidentiel-tertiaire collectif n'existe pas en Afrique. Comme la production d'électricité ou de gaz, la chaleur et le froid devront être de plus en plus produits à partir d'énergies de sources renouvelables pour répondre aux objectifs du développement durable.

Une solution pour réaliser des économies d'échelle et d'espace

De nombreuses énergies renouvelables peuvent produire sur place de la chaleur et du froid, il est donc judicieux d'envisager des réseaux multipoints, multi-énergie. Par ailleurs, en mutualisant les moyens de production de chaleur et de froid, les réseaux urbains garantissent un approvisionnement fiable, une distribution sécurisée et une consommation maîtrisée de la chaleur et de la climatisation.

Enfin, le réseau de froid permet de centraliser les besoins d'énergie pour mieux les traiter et de mutualiser les coûts d'investissement.

La construction d'un réseau de chaleur ou de froid urbain permet de bâtir une solution de chauffage ou de climatisation efficace, pérenne et évolutive en fonction des développements futurs de la ville.

Les réseaux de chaleur permettent ainsi de faire des économies d'échelle, notamment ; grâce à la taille des réseaux et au système de contrôle centralisé. Ils permettent également de faire des économies financières en évitent les pertes de transport de l'électricité.

Le lien entre réseau de chaleur, réseau de froid et Smart grids ?

À l'image des réseaux d'électricité et des réseaux de gaz, les réseaux de froid en Afrique font se moderniser :

- les capteurs et les équipements communicants disposés sur les réseaux leur permettent de fonctionner de manière plus optimale. L'objectif est de mieux ajuster la production à la demande, d'anticiper davantage les périodes de pointe de froid et de réduire les pertes d'énergies. Comme en gaz et en électricité, les clients finals peuvent désormais bénéficier de compteurs évolués afin de mieux suivre leur consommation de froid et d'électricité en auto consommation. L'ensemble de ces équipements participent de la fiabilisation du réseau, en renforçant la sécurité des équipements par l'intermédiaire de nouvelles alertes

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

en cas de panne ou de réparation des infrastructures et permettent ainsi de réduire les délais des interventions ;

- ils intègrent désormais les énergies de sources renouvelables (solaire à concentration au plus près du besoin) ou les énergies hybrides (valorisation plastiques, fuel lourds...) ;
- ils intègrent aussi de nouvelles technologies – cogénération et tri génération – qui permettent de gérer à distance les pointes de consommation et les variations de la production d'électricité issue des énergies renouvelables et, ainsi, d'augmenter l'efficacité du système énergétique (installation chez les particuliers de petites centrales de cogénération reliées à Internet, capables de produire électricité et chaleur dans les maisons à la demande, quand le réseau collectif délivre moins d'électricité – soleil et vent non disponibles) ;
- jouera un rôle fondamental dans l'approvisionnement énergétique de l'Afrique **et KERATIS Energie en sera le leader.**

L'objectif de ce dossier est donc d'expliquer, en répondant à différentes questions : comment développer et gérer efficacement un réseau de froid et d'électricité en auto consommation? Quelles énergies utiliser pour limiter les pertes? Quels en sont les avantages et les leviers de développement pour l'Afrique ? Quels en sont les inconvénients et les contraintes ? Comment optimiser la production et la distribution d'une énergie décentralisée? Quels sont les financements mobilisables ? Comment mieux prendre en compte les attentes des utilisateurs ? Comment les réseaux de froid sont peu à peu devenus des outils de flexibilité et d'efficacité pour le système énergétique afin de ce positionner en leader de la transition énergétique mondiale?

## Notre solution

Les matières plastiques telles que le PS, PP et PE, sont des sources à haut rendement d'énergie, leur pouvoir calorifique supérieur est compris entre 42-47 MJ/kg nettement supérieur à celui du charbon (Sorum et al., 2001). Mais l'incinération présente plusieurs inconvénients telle que la génération des polluants toxiques dans l'air comme les dioxines et les furannes qui causent des problèmes environnementaux et des problèmes de santé, ainsi que la production de composés dangereux, tels que les cendres volatiles, qui sont difficiles à éliminer (Rowat, 2017).

**Il est donc nécessaire de ne plus utiliser la combustion, et son comburant l'oxygène.**

**Coupler les très hautes températures pour éliminer les déchets plastiques pour produire du gaz propre et des miroirs solaires de nouvelle génération qui produisent simultanément électricité, chaleur, force motrice, à une PAC géothermique à gaz propre, est la solution énergétique pour l'Afrique.**

**Principe solaire:** un fluide est chauffé à 270°C à l'aide du soleil et est passé dans une turbine et/ou un échangeur à absorption afin d'être converti en froid (si le besoin est de rafraîchir).

**Principe gaz:** Efficacité optimale du concept, un **EER de 1,4 (PCI) aux conditions nominales** couplé au concept solaire à concentration au plus près du besoin, la PAC géothermique gaz peut atteindre un **EER de plus de 2 (sur (PCI), soit un EER équivalent électrique supérieur à 5.**

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

## **Les matériaux plastiques une énergie disponible dans nos décharges :**

**Les matériaux thermoplastiques** ont de faibles points de fusion, tandis que **les plastiques thermodurcissables** peuvent résister à des **températures élevées** sans perte d'intégrité. Près **de 82,6% des polymères produits** dans le monde sont des thermoplastiques et principalement des polyoléfines tel que le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP) qui sont les polymères les plus abondants et qui représentent généralement plus de 55% de la demande mondiale de matières plastiques (PlasticsEurope, 2015).

Le PE et le PP sont des polymères contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène. L'absence d'oxygène et de l'humidité dans les carburants issus des matières plastiques rendent leurs pouvoirs calorifiques très élevés et en plus, le carburant présentera moins de problèmes d'acidité ou de corrosivité, contrairement à certains biocarburants (Sharma et al., 2014).

**Polyéthylène (PE) :** Bien que les polyéthylènes soient recyclables, la plupart de leurs applications commerciales finissent dans les décharges. Le polyéthylène est très stable et non- Chapitre 1 : Etat de l'art 29 biodégradable, sauf s'il est exposé au rayonnement UV du soleil et ça nécessite plusieurs siècles afin qu'il soit efficacement dégradé. Le polyéthylène est un type de déchets très fréquemment accumulé en milieu urbain et représente environ 40% des déchets solides en matière plastique dans le flux total des déchets (Al-Salem et al., 2017). Le PEHD et le PEBD sont les deux principales familles de PE.

**Le PEHD** possède un degré de cristallinité élevé et un faible branchement ce qui le conduit à des propriétés de résistance élevée. En raison de ses propriétés de haute résistance, le PEHD est largement utilisé dans la fabrication de bouteilles de lait, des bouteilles de détergents, les réservoirs de carburant pour les véhicules, les tuyaux de distribution de gaz naturel, les conduites d'eau pour l'approvisionnement en eau domestique, les systèmes de tuyauterie résistant aux produits chimiques etc.

Produire du gaz propre à l'aide de la gazéification à très haute température et de matière première disponible localement (matière plastique) peut contribuer à résoudre les problèmes de pollution liés à la mise en décharge et à l'incinération, couplé au solaire à concentration permet sur nos sites de production/consommation d'énergie de réduire l'énergie finale d'origine fossile, le coût financier et le rejet de G.E.S. L'objectif est de tendre vers la neutralité carbone en produisant une part d'énergie décarbonée. Lutter contre la variabilité de la température des renouvelables et perte de rendement, **car l'effet utile solaire ne sera plus produit à température variable (intermittence des renouvelables) mais fixe grâce au gaz propre.**

**L'ensemble technologique permet d'alimenter des réseaux de froid, électrique en réduisant les pertes de transports et de transformations, ainsi que des petits sites isolés, ou à isoler volontairement du réseau publique électrique, car trop onéreux.**

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

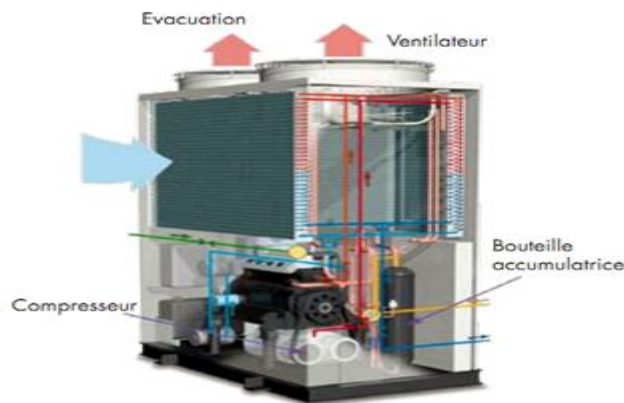


# PAC à moteur à gaz, principe

La pompe à chaleur à moteur gaz (GHP : Gas engine Heat Pump) s'apparente fort à la pompe à chaleur électrique traditionnelle. Les seules différences résident au niveau :

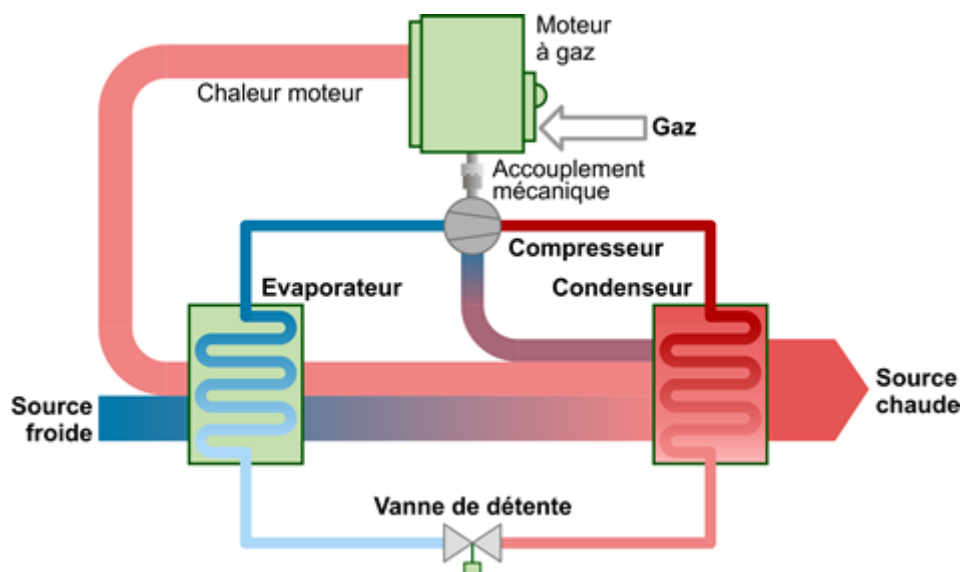
- Du système d'entraînement du compresseur : le moteur électrique accouplé mécaniquement au compresseur est remplacé par un moteur à combustion à gaz.
- De l'exploitation de la chaleur générée par le système d'entraînement :
  - Le moteur électrique a très peu de pertes ( $\eta$  de l'ordre de  $\approx 98\%$ ). En d'autres termes, l'énergie électrique, au rendement près, est transformée totalement en énergie mécanique pour le compresseur.
  - Le moteur à gaz, quant à lui, a un rendement mécanique médiocre (45-50 %). Le solde de l'énergie de combustion du gaz est de la chaleur. L'intérêt de la pompe à chaleur à moteur à gaz réside dans la récupération de la chaleur de combustion.

## Technologie



PAC à moteur gaz (source : Sanyo).

## Moteur gaz



KERATIS INGENIERIE

La technologie des pompes à chaleur à moteur gaz est développée depuis plusieurs décennies. Le moteur gaz est un moteur thermique à faible taux de compression de type volumétrique (cycle de Miller). Le gaz utilisé est soit le gaz naturel ou le LPG. Certains moteurs utilisent le propane. Comme le montre la figure ci-contre, ce fabricant propose un moteur 4 temps accouplé mécaniquement à des compresseurs au moyen d'une ou plusieurs courroies. La particularité de ce moteur est la récupération de la chaleur de combustion du gaz résiduelle au niveau du circuit de refroidissement. Un échangeur, placé au niveau du condenseur du circuit frigorifique permet le refroidissement du moteur et, par conséquent, la récupération de chaleur de combustion du moteur en supplément de celle échangée par le circuit frigorifique.

## Circuit frigorifique

Les fabricants de PAC à moteur gaz proposent plusieurs configurations de circuit frigorifique. On retrouve généralement :

- Le groupe VRV réversible à détente directe à 2 tubes permettant de travailler en mode "change-over" ou 3 tubes en mode "récupérateur d'énergie".
- la PAC à condenseur à eau. En général, c'est la même machine de base que l'unité externe des groupes VRV. Un condenseur à eau est directement branché sur le circuit frigorifique.

Les compresseurs sont généralement des "scrolls". L'avantage de la pompe à chaleur à moteur gaz réside dans le fait que les compresseurs sont entraînés par un moteur à vitesse variable et, par conséquent, peuvent moduler le débit de fluide frigorigène (R410A par exemple).



### L'énergie gaz et la pompe à chaleur gaz : un couple avantageux

L'utilisation du gaz naturel génère de 30 à 50 % d'émissions de CO<sub>2</sub> en moins que les énergies fossiles alternatives. En outre, contrairement à certaines idées reçues, le gaz naturel émet moins de gaz à effet de serre que l'électricité. En effet, celui-ci engendre une forte demande estivale d'électricité.

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

Pour répondre à ces appels de puissance supplémentaires, on a généralement recours à des centrales fonctionnant avec des combustibles fossiles (importations).

Les centrales thermiques émettent de 400 g de CO<sub>2</sub>/kWh pour les plus performantes (cycles combinés gaz) à près de 1 000 g de CO<sub>2</sub> dans le cas des centrales à charbon.

**Le gaz KERATIS est propre et ainsi génère beaucoup d'économie carbone EN COUPLANT la demande de froid au gaz naturel qui utilise une PAC gaz et absorption, vecteur du mode de froid le plus confortable, qui est à même de se combiner avec des solaires à concentration de nouvelle génération.**

## Avantages Intérêt énergétique

- Efficacité optimale du concept, **un EER de 1,4 (PCI) aux conditions nominales (EER équivalent électrique de 3,6 en Europe)**. Sur certains modèles, mode climatisation, cette énergie peut être valorisée, pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS) le plus souvent, mais couplé à un concept solaire à concentration au plus près du besoin peut atteindre un **EER de plus de 2 (sur (PCI), soit un EER équivalent électrique supérieur à 5.**
- Le principale avantage d'une pompe à chaleur à moteur gaz est qu'elles peuvent maintenir leur puissance disponible par faibles températures extérieures, sans avoir recours à un appoint (électrique, chaudière existante, ...) comme cela est souvent le cas pour les modèles électriques. Cela permet de rendre totalement autonome une pompe à chaleur gaz.
- Réduction jusqu'à 50 % sur les émissions de CO<sub>2</sub>, Réduction jusqu'à 50 % sur la facture annuelle de chauffage/froid, 100% avec solaire à concentration.
- Produire du froid avec du chaud en consommant très peu d'électricité :  
c'est le principe des groupes d'eau glacée à absorption
- Une PAC gaz réclame une faible puissance électrique permettant de souscrire un abonnement de plus faible puissance électriques, voir les frais de création d'un poste de transformation électrique.
- Valoriser efficacement les plastiques (pétrole secondaire) de la manière la plus efficace,
- Niveau de rendement élevé, robuste, l'absence de vibration et faible niveau sonore grâce à peu de pièces en mouvement les rendant particulièrement silencieuses,
- Très peu de pièces en mouvements (contrairement à une compression mécanique), d'où moins de risques de casse, moins de bruit et moins de maintenance Flexibilité,
- Possibilité de valoriser les énergies fatales (chaleur perdu) du moteur et du solaire à concentration vers un équipement à absorption dans un Intérêt environnemental,
- Utilisation de fluides frigorigènes sans impact sur l'effet de serre ou l'appauvrissement de la couche d'ozone Inconvénients et points de vigilance.
- Enfin les fluides frigorigènes utilisés dans les pompes à chaleur gaz sont sans danger pour l'environnement.

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

## Comment ça marche ?

Le taux rapide de consommation de plastique dans le monde a entraîné une augmentation de plus en plus importante de déchets, ce qui pose de grandes difficultés pour leur élimination. Les **déchets plastiques ménagers et industriels** sont reconnus comme un problème environnemental majeur. En général, les déchets plastiques ont été principalement éliminés par enfouissement ou incinération, mais ces procédés peuvent contribuer à des problèmes

**Etat de l'art** : sanitaires et environnementaux en provoquant des émissions toxiques nocives et ne sont pas totalement acceptables en vertu de la politique internationale actuelle, qui met l'accent sur la récupération efficace des matières premières et de l'énergie. D'où afin de réduire les menaces causées par les déchets plastiques, ils doivent être recyclés et valorisés. **Notre concept** est une alternative prometteuse de valorisation des déchets plastiques. En utilisant le procédé de gazéification à haute température, les déchets plastiques sont convertis en produits liquides, **résidus solides et gaz à très haute température sans oxygène, en milieu clos, sans pollution**. L'utilisation d'un catalyseur approprié contrôle le rendement des produits et la distribution des composants et réduit d'augmenter par exothermie les températures et le temps de réaction, conduisant à un procédé plus rentable en **annulant les déchets en vapeur d'eau** avec des produits de plus grande valeur, grâce à l'absence d'oxygène. Le polyéthylène (PEHD et PEBD) et le polypropylène (PP) sont les deux principaux constituants de matériaux plastiques qui se trouvent dans les déchets municipaux. Pour cela, une installation fonctionnant à **faible et moyenne puissance** et qui convertit les déchets plastiques en un gaz de synthèse en plus que sa capacité à produire de l'électricité présente une bonne **solution pour les industries générant des déchets plastiques ainsi que pour les régions isolées et sites industriels en Afrique**.

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

## **LE RAFRAÎCHISSEMENT PAR GÉOCOOLING ET FREE COOLING À ABSORPTION AU GAZ PROPRE.**

Notre équipement produit 10 kwh thermique par 1 Kwh de gaz. 2.5 kilos servent au fonctionnement du gazéificateur, reste 7.5 pour produire l'énergie d'exploitation.

En électricité centralisée, qu'elle soit fossile ou solaire en Afrique, il faut au moins 4 KWH final pour produire 1 kwh de froid.

En Afrique la pire solution énergétique est la centralisation électrique, du fait que 60% de la demande est du froid.

### **GÉO-COOLING :**

- Compenser le manque d'inertie des bâtiments
- La mise en place de système de compensation d'isolation (associé à une masse thermique dans le bâtiment)
- La géothermie nouvelle pour neutraliser les entrée d'air neuf
- La production et le stockage d'énergie
- Les réservoirs permettent de combler les besoins du bâtiment sans nécessairement mettre en marche les PAC, lorsque les bâtiments sont bien construits à la conception.
- Permettre de chauffer ou climatiser avec la ventilation (100% d'AIR NEUF) en augmentant les débits d'air neuf puisque neutralisé par le puits et les équipements actifs qui génèrent de l'énergie renouvelable à injecter pour réduire les températures d'entrée d'air dans le bâtiment.

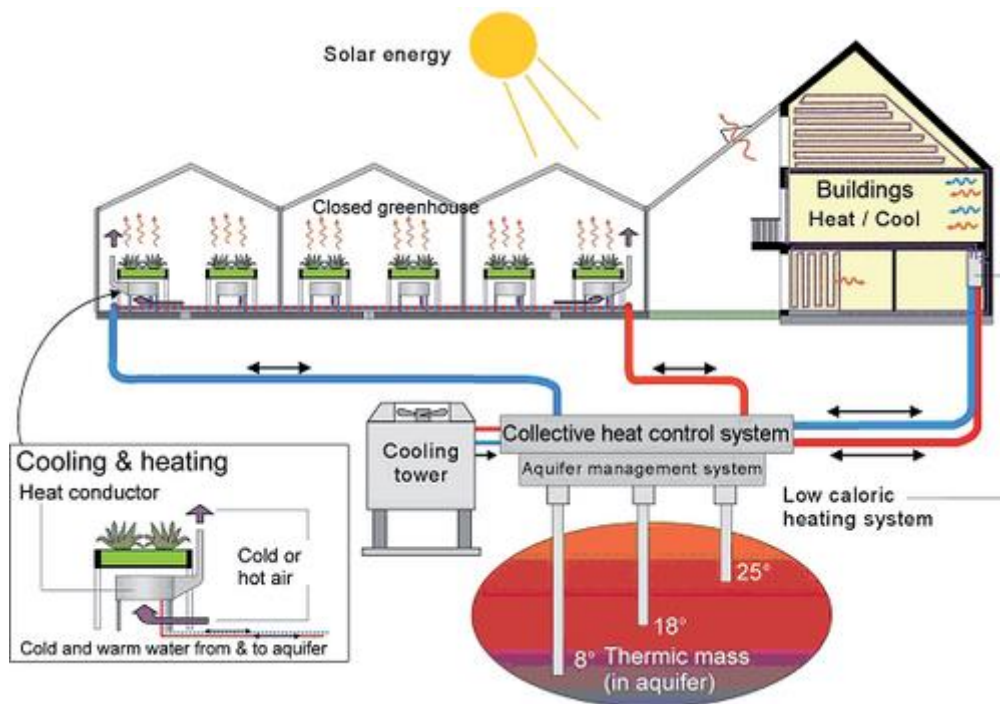
La PAC GAZ géothermique en mode GÉO-COOLING couplé à un concept solaire à concentration au plus près du besoin peut atteindre un EER de plus de 2 (sur **PCI**), soit un EER équivalent électrique supérieur à 5 (hors free-cooling).

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363





L' énergie solaire à concentration permet de venir en complément aux apports géothermiques pour apporter la température de confort aux débit débit d'air neuf pour créer de l'énergie statique (gratuite).

### FREE- COOLING :

La performance d'une VMC QUADRUPLE flux et d'une PAC à **compression thermochimique** couplée au (x) réservoir (s) tampon géothermique, **est grande**.

**L'objectif est de réduire la surface solaire en utilisant la compression thermochimique pour de gros besoin d'énergie, de plus nous faisons du bien à la planète en valorisant les déchets.**

### DESCRIPTIF TECHNIQUE DES VALEURS ET DES PERFORMANCES AERAIQUES (ECS, CHAUFFAGE/RAFRAICHISSEMENT 100% AIR NEUF.

Spécificité vous remarquerez que plus la température est extrême plus le EER est élevé grâce à l'augmentation des débits d'air, à l'inverse de tout autres systèmes existants.

**KERATIS INGENIERIE**

3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscal 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

<b>GEOVENTILATION DYNAMIQUE ET RECUPERATION EAUX PLUVIALES</b>  <b>Puissance statique fournie en watts</b> <b>Air soufflé +20°C</b> <b>Température extérieure à :</b>  -15°C + 7°C +15°C +35°C	<b>Débit air M3/H</b>  <b>190</b>       2327 865 332 997	<b>Débit air M3/H</b>  <b>365</b>       4471 1660 639 1916	<b>Débit air M3/H</b>  <b>550</b>       6737 2502 963 2887
<b>Appoint chauffage sur ECS thermodynamique</b> <b>Batterie à eau T°C 60/50</b> <b>Air neuf soufflage T°C 20/40</b> <b>Puissance max fournie en watts : appoint chauffage</b>	1330	2555	3850
<b>Puissance statique + Appoint chauffage en watts à :</b>  -15°C + 7°C +15°C	3657 2195 1662	7026 4215 3194	10587 6352 4813
<b>Puissance max totale absorbée en watts :</b> <b>Echangeur géothermique</b> <b>VMC Double Flux &gt;90% ou enthalpique &gt;110%</b> <b>Régulation ECS et Chauffage MAX</b> <b>ECS et appoint chauffage thermodynamique :</b> 2,2 Kw COP 4,4 3,5Kw COP 3,6	35 16 20  500 970	35 50 20  500 970	35 143 20  500 970
<b>COP Puissance statique :</b> <b>Air soufflé +20°C</b> <b>Température extérieure à :</b>  -15°C + 7°C +15°C +35°C	45,6 16,9 6,5 19,5	52,6 19,5 7,5 22,5	37,8 14 5,4 16,2
<b>COP géoventilation+Appoint chauffage :</b> <b>Couplé sur KIT ECS thermodynamique 2,2 Kw :</b> -15°C +7°C +15°C  <b>Avec sollicitation max du KIT ECS</b>	6,4 3,8 2,9	11,6 7 5,2	15,6 9,36 7,1
<b>EX : Besoins thermiques pour 120 M2 habitables</b> <b>7 kw/h à -15°C soit 58 watts du M2</b> <b>Conso absorbée max totale + production ECS en watts à -15°C :</b> <b>Conso absorbée max répartie au M2 en Watts/H</b>			678 w   5,65

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscal 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

<b>Hors complément soufflant SDB et chaleur (activité humaine) récupérée par la VMC double flux</b>			
<b>Dispositif THQE et BBC</b> <b>Conso totale : 150 à 200 Euros annuels</b> <b>Gain eau potable jusqu'à 500 Euros annuels</b>			

**Nota : Les centrales Double Flux à contre courant croisé (rendement supérieur à 90% et à plus de 110% pour la version enthalpique) bénéficient de 5 à 8 vitesses de débits d'air ajustables pour neutraliser, au plus près les apports calorifiques statiques, ce qui évite pour autant de solliciter à perte, les appoints thermiques dans le ballon d'ECS thermodynamique, qui sert en même temps de ballon tampon dans ce dispositif.**

**Sachant que celui-ci peut être couplé d'un kit thermique solaire, ce qui réduit là encore la part conso thermodynamique, pourtant stable et d'un COP de 4,4.**

**Dispositif qui peut être optimisé à son paroxysme pour fonctionner avec plus de 90% d'énergies récupérées (gratuites) propres et renouvelables.**

Exemple de comportement des performances thermodynamiques linéaires des groupes froids selon températures extérieures :

Données constructeur :

<b>POINTS DE FONCTIONNEMENT ADDITIONNELS FROID</b>			
Température entrée d'air	40.0 °C	35.0 °C	30.0 °C
Puissance frigorifique	461.36 kW	487.46 kW	519.48 kW
Température entrée/sortie	12.3 °C / 7.0 °C	12.6 °C / 7.0 °C	13.0 °C / 7.0 °C
Puissance électrique dépensée	191.58 kW	176.26 kW	163.60 kW
EER (EER hors pompe)	2.41 (2.51)	2.77 (2.89)	3.18 (3.33)

<b>POINTS DE FONCTIONNEMENT ADDITIONNELS FROID</b>			
Température entrée d'air	25.0 °C	20°C	15°C
Puissance frigorifique	549.23 kW	578 kW	608 kW
Température entrée/sortie	13.3 °C / 7.0 °C		
Puissance électrique dépensée	151.56 kW		
EER (EER hors pompe)	3.62 (3.81)	4	4.41

<b>POINTS DE FONCTIONNEMENT ADDITIONNELS FROID</b>			
Température entrée d'air	10°C	5°C	0°C
Puissance frigorifique	637 kW	667 kW	606 kW
Température entrée/sortie			
Puissance électrique dépensée			
EER (EER hors pompe)	4.81	5.22	5.62

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscal 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

Comparaison des performances avec utilisation d'un échangeur aéraulique à plaques air/eau pour la modélisation des écarts de températures des débits d'air, avant échange dans les groupes :  
Ex : Performances du groupe froid à T°C extérieure= + 40°C

Température entrée d'air	40.0 °C
Puissance frigorifique	461.36 kW
Température entrée/sortie	12.3 °C / 7.0 °C
Puissance électrique dépensée	191.58 kW
EER (EER hors pompe)	2.41 (2.51)

Après passage dans l'échangeur (source de captage +20°C) :

Température entrée d'air	25.0 °C
Puissance frigorifique	549.23 kW
Température entrée/sortie	13.3 °C / 7.0 °C
Puissance électrique dépensée	151.56 kW
EER (EER hors pompe)	3.62 (3.81)

Résultat :

- 26% d'économie sur la puissance électrique dépensée.
- 19% de puissance froid disponible supplémentaire.
- EER évolutif de 2.41 à 3.62
- Avec source de captage à +15°C, EER évolutif de 2.41 à 4
- Jusqu'à 50% d'économie d'énergie lors de températures extérieures situées autour de 45°C
- Traitement climatique des locaux 100% air neuf par l'intermédiaire de CTA double flux asservis d'un by-pass et de double échangeurs à plaques air/eau, avec circulation du fluide caloporteur à courant croisé, pour modéliser les températures des débits d'air neuf entrant (réservoir & haut rendement d'échange énergétique et thermique hydraulique) montés sur capteurs en circuit fermé.

Traitement des débits d'air neuf entrant jusqu'à 115000 m<sup>3</sup>/h avec un  
**Réservoir à- Haut -Echange -Restitution -Thermique et Energétique**

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

T°C extérieure Air neuf	Après échangeurs Captage eau 15°C	Après échangeurs Captage eau 20°C	Puissance statique Restituée en Kw/h Captage 15/ 20°C
50	21	26	1133/ 938
40	19	24	821/ 626
30	17	22	508/ 312
20	16	20	156
10	14	18	156/ 312
0	12	16	469/ 626

**Hors injection solaire à concentration dans la boîte de mélange d'entrée d'air neuf.**

**Par conséquent, cette récupération de chaleur importante solaire et géothermique permet de réduire le coût énergétique de façon importante avec une technique simple, maîtrisée, économique et écologique.**

La gamme de PAC est de 100 kW à 1 000 kW pour des unités EnerTermoPac (ETP) existent en version air-eau et eau-eau. Ces pompes à chaleur hybrides présentent l'avantage de pouvoir fonctionner au gaz naturel comme avec l'électricité du réseau, solaire à concentration en fonction de différents critères tels que la disponibilité des énergies, le coût d'exploitation ou le rendement sur énergie primaire

**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**  
 RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363





**Connectez-vous avec KERATIS à la décentralisation des énergies avec  
KERATIS Energie.**

## **Évolution des tarifs des énergies fossiles en France.**

**Prix des énergies pour l'utilisateur – Secteur de l'habitat – de 1973 à 2016**

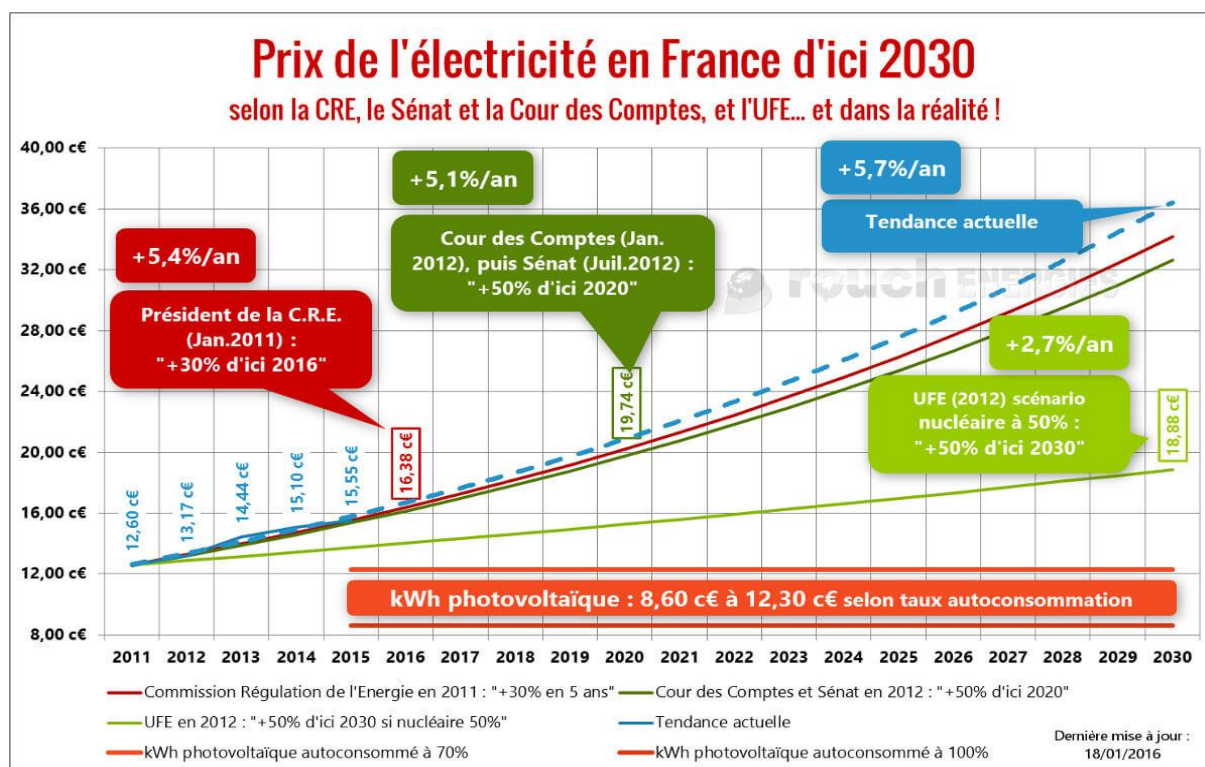
*Éditeur : ADEME Bourgogne-Franche-Comté*

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution du prix des énergies à usage domestique  
(en centimes d'euro TTC courants par kilowattheure PCI)



**KERATIS INGENIERIE**

**3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)**  
RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscal 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363



## Évolution des tarifs des énergies de KERATIS Energie

L'ensemble technologique proposé par KERATIS Energie

**KERATIS INGENIERIE**

3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)  
 RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscal 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363

## En conclusion

### Le modèle énergétique KERATIS Energie :

L'intérêt l'ensemble technologique de KERATIS Energie réside dans 4 domaines :

- 1- La production de gaz propre avec les plastiques que personne ne sait rien faire.
- 2- La récupération de la chaleur fatale de combustion de la pompe à chaleur à moteur à gaz,
- 3- La récupération solaire à concentration de nouvelle génération au plus près du besoin, plus il fait chaud plus on restitue d'énergie pour refroidir, une première.
- 4- Lors des pointes de chauffage ou de climatisation, les réservoirs de stockage géothermique, grâce à l'énergie sensible qu'ils contiennent (aux échanges énergétiques et thermique montés sur capteurs hydraulique) , comblent une partie de la pointe et permettent aux PAC de ne pas actionner la totalité des compresseurs ce qui permet de chauffer ou climatiser avec la ventilation (100% d'AIR NEUF) en augmentant les débits pour créer de l'énergie gratuite (statique).
- 5- Possibilité d'être associé à une masse thermique dans le bâtiment, c'est pour cela qu'il faut devenir constructeur immobilier en Afrique.

L'ensemble technologique permet d'obtenir des ERR supérieur à 10, ce qui permet d'avoir un coût énergétique à moins de 2 cts d'€ et de maintenir un prix de l'énergie stable pour plusieurs dizaine d'années.

Sans une étude circonstanciée des besoins et des possibilités de mise en œuvre des ressources disponibles, à l'aide d'un engagement du donneur d'ordre il sera difficile de proposer une solution optimale.

Chaque cas est différent, et à sa solution propre.

L'intérêt et de proposer des **PPP reconductible indéfiniment sur performance** ou le partenaire s'engage à nous payer un prix convenue pour des dizaines d'années et non pas sur la base de l'énergie consommée.

Monsieur Thierry LECUYER

00 33 6 37 68 90 61

**KERATIS INGENIERIE**

3 rue Calavon – Bd Abdelmoumen 20100 Casablanca Email : [diagthierry@yahoo.fr](mailto:diagthierry@yahoo.fr)

RC 183707, N° patente : 36392011 - N° Identité fiscale 1108933 - N° Aff.CNSS :7819363