

# Pompes à chaleur – principes de base

*Daniel KÜPPER ing.*  
VAN MARCKE COLLEGE

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

Quelques petits rappels pour commencer...

1 Watt = 1W = 1 Joule par seconde = J/s

1 kWh = 3,6 MJ (mégajoule = 1.000.000 Joule) = 3600 kJ (kilojoule = 1000 Joule)

1 Wh = 3,6 kJ

1 litre de mazout = 1 m3 de gaz naturel = 2kg de pellets = 36 MJ = 10 kWh

Chaleur spécifique de l'eau = 1 kg = 1 litre = 4185 Joule = 1,163 Wh

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

Une pompe à chaleur (PAC) se compose toujours de 4 composants :

- un évaporateur
- un compresseur
- un condenseur
- un détendeur

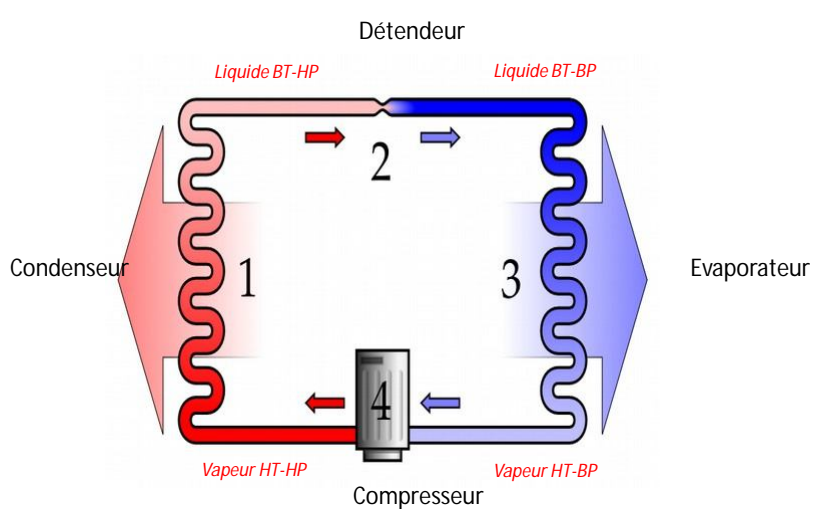
Les pages suivantes décrivent ces composants essentiels...

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espans](http://www.vanmarcke.com/espans)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?



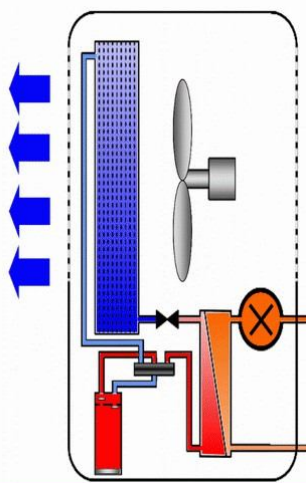
ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espans](http://www.vanmarcke.com/espans)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

### L'évaporateur



*L'évaporateur prend la chaleur de la source et l'utilise pour faire vaporiser le fluide frigorigène*



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



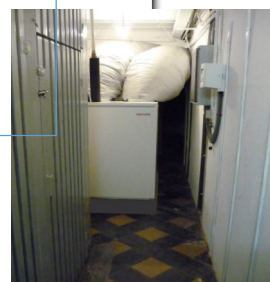
VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?



### Informations supplémentaires sur l'évaporateur :

- ✓ à nettoyer régulièrement ! (toiles d'araignée, feuilles mortes, etc...)
- ✓ l'évaporateur se trouve dans l'unité extérieure mais peut se retrouver à l'intérieur du bâtiment, raccordé par des gaines.
- ✓ Le matériau utilisé, la forme, la qualité des soudures, etc... jouent sur la durée de vie du produit



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

# Comment fonctionne une PAC ?

## Le compresseur



Le compresseur compresse c'est-à-dire élève la pression du fluide frigorigène

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge



### Informations supplémentaires sur le compresseur :

Les types « SCROLL » et « TWIN ROTARY » se distinguent des compresseurs à pistons pour les raisons suivantes :

- ✓ moins de bruit
- ✓ + compacts
- ✓ moins de consommation au démarrage
- ✓ moins sensible à l'entrée de gouttelettes liquides du fluide frigorigène qui n'est pas vaporisé à 100 %
- ✓ possibilité de moduler !!! (INVERTER)
- ✓ moins de vibrations donc moins d'usure donc meilleure durée de vie

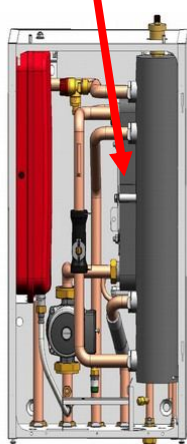
ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

### Le condenseur



Le condenseur va faire condenser le fluide frigorigène (passage à l'état liquide) afin de céder sa chaleur à l'installation de chauffage.



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

### Informations supplémentaires sur le condenseur :

Il existe des condenseurs tubulaires, spiralés, à plaque...  
L'important est la qualité et la finition du produit.  
(soudures, position des sondes, échange thermique, etc...)

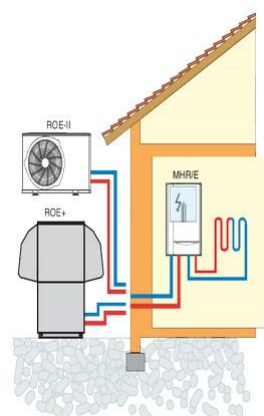
Différence « MONOBLOC » et « SPLIT »

Dans une PAC de type **MONOBLOC**,...

**les 4 composants de la PAC sont dans l'unité extérieure,**  
la liaison avec l'unité intérieure (ballon tampon) est de l'eau !!! (éventuellement glycolée)

Dans une PAC de type **SPLIT**,...

**le condenseur se trouve dans l'unité intérieure,**  
la liaison entre l'unité extérieure et l'unité intérieure est donc du fluide frigorigène !!!  
→ doit être réalisé par un frigoriste !



## Comment fonctionne une PAC ?

### Autres composants d'une PAC



*La bouteille anti-coup de liquide évite l'entrée de gouttelettes liquides (si le fluide frigorigène n'est pas 100 % gazeux) dans le compresseur pouvant lui créer des dégâts.*

Bouteille anti-coup de liquide

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

### Autres composants d'une PAC



*Le filtre déshumidificateur enlève l'humidité, les particules étrangères ou d'éventuels acides nuisibles du fluide frigorigène.*

Filtre déshumidificateur

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

### Autres composants d'une PAC



Bouteille de liquide

*La bouteille de liquide permet de réguler les variations de débit du fluide en fonction des variations de puissance.*

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment fonctionne une PAC ?

### Autres composants d'une PAC



Voyant de contrôle

*Le voyant de contrôle permet au technicien frigoriste de vérifier visuellement l'état du fluide frigorigène.  
(pas de corps étrangers, pas de bulles, etc...)*

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge



## Comment fonctionne une PAC ?

### Autres composants d'une PAC



Le fluide frigorigène

Le fluide frigorigène est soumis à une réglementation stricte et doit être contrôlé par le technicien frigoriste. Il peut avoir un impact négatif sur l'atmosphère !  
Voir GWP = **G**lobal **W**arming **P**otential

Exemple : GWP R143A = 3800  
GWP R410A = 1730  
GWP Ammoniac = 0

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les sources de chaleurs possibles

### L'air extérieur (PAC air/eau)



#### Avantages

- ✓ le + facile à installer
- ✓ applicable presque partout
- ✓ investissement limité



#### Inconvénients

- température variable à l'extérieur donc en hiver COP + bas !  
(et consommation électrique + haute !)
- appoint souvent nécessaire

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge



## Les sources de chaleurs possibles

### L'air intérieur (boiler thermodynamique)



#### Avantages

- ✓ le + facile à installer
- ✓ applicable presque partout
- ✓ investissement limité
- ✓ vite rentable
- ✓ écologique (avec panneaux solaires !)
- ✓ permet de récupérer la chaleur perdue d'une ventilation de type C

#### Inconvénients

- + cher qu'un boiler électrique
- difficulté de mise en place dans certains cas

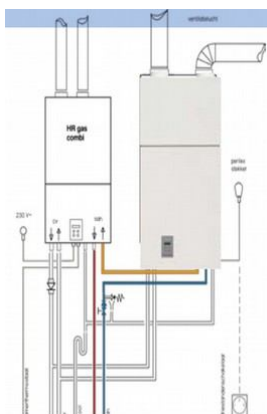
ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les sources de chaleurs possibles

### L'air intérieur (boiler thermodynamique branché sur une ventilation C)



Récupération de la chaleur perdue par la ventilation dans l'eau sanitaire... et le chauffage !

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les sources de chaleurs possibles

### Le sol (PAC eau glycolée/eau – captage horizontal)



- ✓ température constante (COP stable)
- ✓ système fermé + sûr que sol/sol
- ✓ inépuisable (si bien dimensionné)
- ✓ idéal pour nouvelle construction basse énergie!
- ✓ frais de terrassement combinés avec la construction



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espans](http://www.vanmarcke.com/espans)

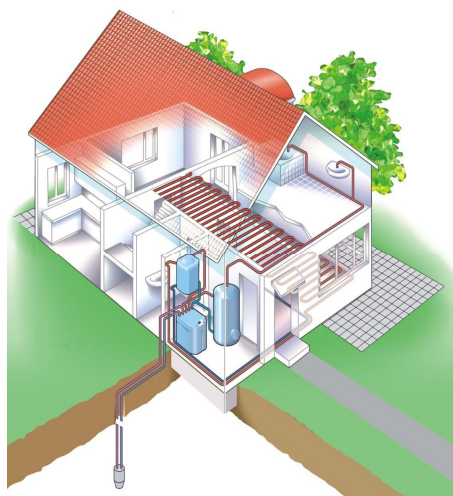


VAN MARCKE  
COLLEGE

Sharing our knowledge

## Les sources de chaleurs possibles

### Le sol (PAC eau glycolée/eau – captage vertical)



- ✓ température encore + constante (COP stable)
- ✓ système fermé + sûr que sol/sol
- ✓ inépuisable (si bien dimensionné)
- ✓ peu de surface nécessaire



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espans](http://www.vanmarcke.com/espans)



VAN MARCKE  
COLLEGE

Sharing our knowledge

## Les sources de chaleurs possibles



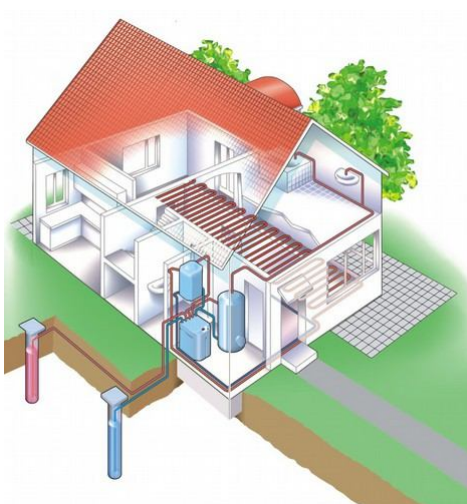
### Informations supplémentaires sur les PAC eau/glycolée/eau :

Quelques inconvénients doivent être pris en compte !

- Ne pas confondre PAC eau glycolée/eau avec PAC sol/sol et sol/eau !  
(dans ce cas, le fluide frigorigène circule dans les tuyaux extérieurs → si fuite ?)
- Il faut toujours laisser faire une étude de sol afin d'en connaître sa nature  
(sol sablonneux 15...20 W/m<sup>2</sup> – sol argileux 25...40 W/m<sup>2</sup>)
- Bien dimensionner  
(input = apport de chaleur par le soleil et l'eau de pluie – output = chaleur puisée par l'installation)  
Si input ≠ output ou si tuyaux trop près l'un de l'autre, risque de PERMAFROST, sol constamment gelé !)
- Toujours contacter Région/Province/Commune afin de savoir si c'est permis...
- L'investissement peut vite devenir important surtout en cas de forage vertical (50 euro/m de profondeur)

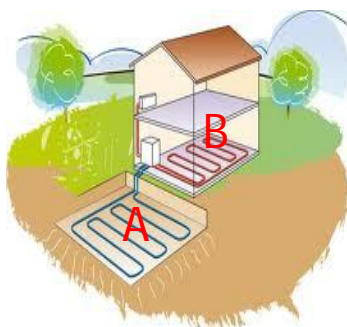
## Les sources de chaleurs possibles

### L'eau de la nappe phréatique (PAC eau/eau)



## Les performances des PAC

COP – SPF – PER



Une PAC ne produit pas de la chaleur,  
elle déplace la chaleur d'un point A (source) vers un point B (installation de chauffage)

COP = Coefficient Of Performance  
SPF = Seasonal Performance Factor  
PER = Primary Energy Factor

C'est quoi un COP ?

Puissance transmise entre A et B

$$COP = \frac{\text{Puissance transmise entre A et B}}{\text{Puissance du compresseur}}$$

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
www.vanmarcke.com/espana



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les performances des PAC

COP – SPF – PER

Le COP est une valeur instantanée théorique.

Le SPF est une valeur annuelle saisonnière !

$$SPF = \frac{\text{Energie (chaleur) transmise annuellement entre A et B}}{\text{Energie consommée annuellement par le compresseur}}$$



Le PER (Primary Energy Factor) tient compte de l'énergie primaire !  
(exemple : une centrale électrique produit du courant avec 60 % de pertes en

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
www.vanmarcke.com/espana



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les performances des PAC

### COP – SPF – PER

	WP air	WP géothermie(horizontale)	WP géothermie (verticale)	WP eau	Mazout	Gaz (hr)
COP (indicatif)	3,2 (2-35°C)	4,5 (0-35°C)	4,5 (0-35°C)	5,6 (10-35°C)		
SPF(indicatif)	2,7	3,2	3,6	3,0 – 3,8		
PER(indicatif)	1,1	1,3	1,4	1,2 – 1,5	0,8	0,9

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)

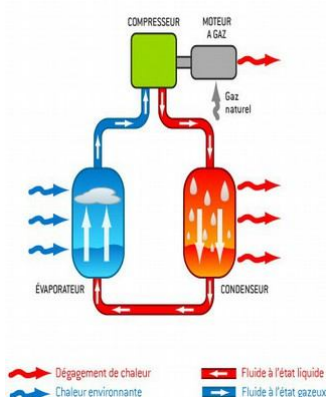


VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les performances des PAC

### PAC à gaz

Pompe à chaleur à moteur à gaz



Le moteur qui actionne le compresseur est un moteur à gaz !

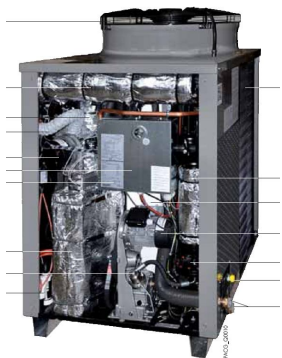
ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Les performances des PAC

### PAC à absorption



La compression se fait de manière thermo-chimique à l'aide d'un cycle d'ammoniac !

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Le fonctionnement des PAC

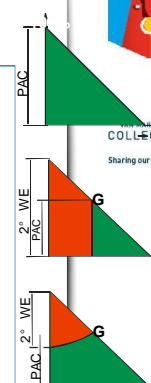
### Monovalence - bivalence

Monovalence = la PAC fonctionne seule sans autre appoint

Bivalence = la PAC fonctionne avec un appoint (chaudière)

Bivalence **alternative** = la PAC fonctionne seule jusqu'au point de bivalence, ensuite, elle s'arrête et l'appoint prend le relais !

Bivalence **parallèle** = la PAC fonctionne seul jusqu'au point de bivalence, ensuite, elle continue de fonctionner ensemble avec l'appoint.



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge



## Le fonctionnement des PAC

### Monovalence - bivalence

#### Bivalence alternative

- ✓ le + facile
- ✓ raccordements hydrauliques et électriques aisés
- ✓ permet de garder une chaudière existante si état correct
- ✓ la chaudière ne fonctionne que les jours froids (en-dessous du point de bivalence)

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Quand placer une PAC ?

### Checklist de décision



Vérification de l'installation existante afin de voir si le contexte se prête au placement d'une PAC... !



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espasa](http://www.vanmarcke.com/espasa)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Quand placer une PAC ?

### Checklist de décision

- ✓ Relevé factures combustible & électricité
- ✓ Vérifier ampérage boîte à fusible
- ✓ Présence d'un système basse T°  
(vérifier surdimensionnement des radiateurs)
- ✓ Vannes thermostatiques partout ?  
(avec réglage hydraulique !)
- ✓ Tuyauteries bien isolées
- ✓ Pompes basse énergie ?
- ✓ Vérifier régulation existante
- ✓ Possibilité d'ajouter des panneaux solaires
- ✓ Vérifier proximité des voisins
- ✓ Budget du client, lui parler des primes & subsides

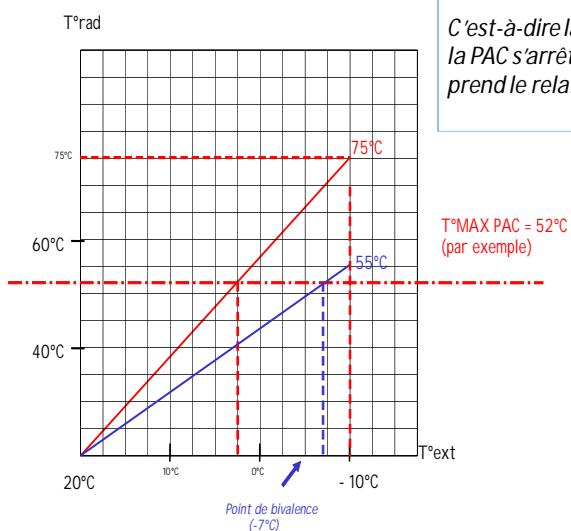
ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment dimensionner une PAC ?

### Point de bivalence



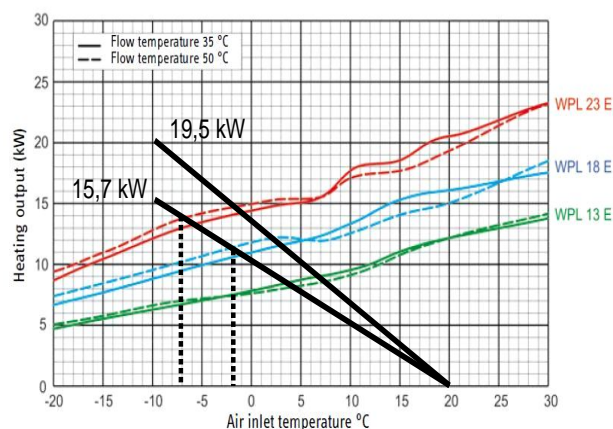
ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Comment dimensionner une PAC ?

Puissance



ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

## Conclusions




- ✓ Le placement d'une pompe à chaleur est une bonne idée...
- ✓ Le placement de panneaux solaires photovoltaïques afin de couvrir la consommation électrique du compresseur en est une autre !
- ✓ Toujours proposer au client d'améliorer l'isolation de l'habitation afin de limiter la puissance de la PAC (TriasEnergetica)
- ✓ Vérifier le cadre d'installation (checklist)
- ✓ NE JAMAIS SURDIMENSIONNER UNE PAC
- ✓ Si possible, rester au sein de la même marque (conception optimale pour la communication, la régulation et l'hydraulique !)
- ✓ Faire appel le + possible à la basse T° (chauffage par le sol)

ESPAÑA  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge

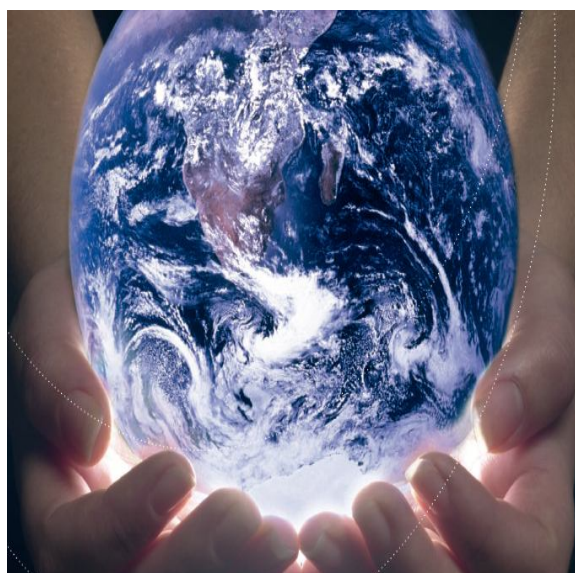
## Primes & subsides

		
1500 € chauffage 2250 € chauf. + SAN	270 € x ((0,87 x COP) – 2,5) x puissance du compresseur en kW	Entre 4250 et 4750 € suivant revenus
K45 max Pas de refroidissement COP > 3,1	MAX 1.700 € Pas de refroidissement	MAX 50 % de la facture Puissance PAC > 70 % de la facture
<a href="http://www.energie.wallonie.be">www.energie.wallonie.be</a>	<a href="http://www.energiesparen.be">www.energiesparen.be</a>	<a href="http://www.ibgebim.be">www.ibgebim.be</a>

**ESPAÑA**  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge



*VAN MARCKE pense à l'écologie et vous présente des solutions....*

**ESPAÑA**  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge



Merci de votre attention

**ESPAÑA**  
VAN MARCKE CONGRESS  
[www.vanmarcke.com/espana](http://www.vanmarcke.com/espana)



VAN MARCKE  
COLLEGE  
Sharing our knowledge