

RÉINVENTONS
L'ÉNERGIE



RÉGION WALLONNE

INSTALLER UNE COGÉNÉRATION DANS VOTRE ÉTABLISSEMENT



ELECTRICITE

PERTES

CHALEUR

**GUIDE DE PRÉ-FAISABILITÉ
POUR LES ACTEURS DU SECTEUR
TERTIAIRE, PME, PMI**

mars 2003

AVANT-PROPOS

LA COGÉNÉRATION EST UNE TECHNOLOGIE D'AVENIR

■ **Aujourd'hui, la Région wallonne est face à ses responsabilités. Que ce soit pour des questions de lutte contre les changements climatiques, de dépendance énergétique ou d'impact des fluctuations du prix des énergies sur l'économie, il est urgent d'agir.**

Une réflexion en profondeur a été menée de laquelle est né "**le Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie à l'horizon 2010 en Wallonie**" qui fixe tant les objectifs réalistes que les moyens concrets de la politique énergétique en Région wallonne.

Ce plan place la cogénération, technique de production combinée de chaleur et d'électricité, parmi ses priorités : 20 % de l'électricité produite à partir de la cogénération de qualité en 2010 en Région wallonne, contre 3,4 % actuellement.

■ **Pour atteindre cet objectif ambitieux, la Région wallonne a mis en place un dispositif de soutien au développement de cette technologie d'avenir :**

- un régime de certificats verts dans le cadre du décret du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché de l'électricité ;
- un accès prioritaire et non discriminatoire au réseau de distribution d'électricité ;
- des conditions commerciales plus favorables (éligibilité accélérée) tant pour la vente de l'électricité produite, pour l'achat d'électricité d'appoint ou de secours que pour l'achat de gaz naturel ;
- un facilitateur en cogénération pour accompagner (gratuitement) vos premiers pas ;
- l'organisation de séminaires et de rencontres pour en démontrer toute l'efficacité et la pertinence ;
- un régime d'aides spécifique au secteur public qui permet le financement de cette technologie ;
- la mise à disposition d'informations techniques et administratives à travers un CD-Rom ;
- un guide pour estimer la pré-faisabilité d'un projet de cogénération dans votre établissement.

■ **Ce guide a pour objectif de vous aider à effectuer un premier dimensionnement d'une unité de cogénération dans votre établissement et à vérifier la rentabilité financière probable du projet.**

Il s'adresse principalement aux maîtres d'ouvrages, aux directeurs et aux gestionnaires des établissements du secteur tertiaire, des PME et PMI.

Il s'agit donc d'un **document "exploratoire"** qui permettra d'apprécier l'opportunité d'installer une unité de cogénération. Si c'est le cas, une étude spécifique complémentaire, appelée "étude de faisabilité", sera nécessaire pour déterminer la rentabilité et la faisabilité réelle de l'opération.

La cogénération n'est donc plus un mythe. Toutes les conditions sont réunies pour que vous, directeur, chef d'entreprise, responsable technique, ... franchissiez le pas et participiez à l'effort collectif tout en vous assurant le recours à une technologie moderne à des coûts économiques avantageux.

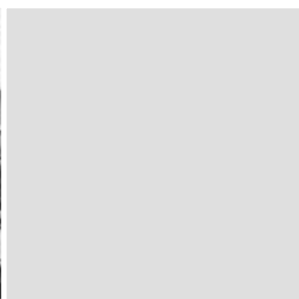
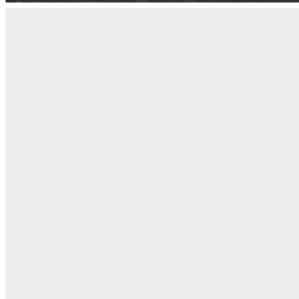
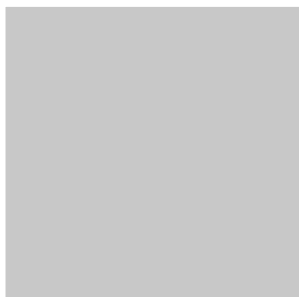
Michel Grégoire

Inspecteur général a.i.

Division de l'Énergie, DGTRE

SOMMAIRE

- P4* **Introduction**
- P5* **Une économie d'énergie significative**
- P6* **Une réduction des émissions de CO₂ récompensée**
- P10* **Les nombreux avantages de la cogénération**
- P12* **La démarche à suivre pour un projet de cogénération**
 - P14* **1^{ère} phase : l'étude de pré-faisabilité d'une cogénération**
 - P14* **Le choix d'une technologie de cogénération**
 - P17* **Un premier dimensionnement de l'unité de cogénération**
 - P24* **Calculer la rentabilité de votre projet de cogénération**
 - P29* **2^{ème} phase : l'étude de faisabilité d'une cogénération**
 - P30* **3^{ème} phase : choisir son mode de financement et d'exploitation**
 - P32* **4^{ème} phase : l'étude technique détaillée**
- P33* **Conclusions**
- P34* **Annexes**
 - P34* **Fiche récapitulative**
 - P35* **Pour en savoir plus**



INTRODUCTION

CE GUIDE S'ADRESSE ...

principalement aux gestionnaires d'établissements possédant une consommation de combustible d'au moins 100 000 litres de mazout ou 100 000 m³ de gaz par an. En dessous de cette limite, la rentabilité d'un projet de cogénération n'est pas immédiate. Par ailleurs, ce guide ne tient pas compte de la situation particulière des grosses entreprises industrielles nécessitant une puissance électrique supérieure à 10 MW_e

LA COGÉNÉRATION NE TRAITE PAS ...

des applications thermiques à plus haute enthalpie telles que la cuisson ou certaines utilisations industrielles spécifiques. Par contre, on peut prendre en compte les besoins de chaleur pour la production de froid par absorption ou adsorption.

Que vous soyez responsable d'un hôpital, d'une entreprise agro-alimentaire ou d'un hôtel, vous avez toujours besoin de chaleur et d'électricité.

La chaleur, dont nous parlons ici, est celle qui sert à chauffer des bâtiments (eau chaude, air chaud, vapeur basse pression), à préparer l'eau chaude sanitaire ou à répondre aux besoins des applications industrielles à basse température.

Pour couvrir vos besoins de chaleur et d'électricité, vous utilisez généralement une chaudière à combustible fossile et vous achetez l'électricité au réseau.

Pourtant, il est possible, et souvent avantageux, de couvrir simultanément ses besoins de chaleur et d'électricité par une unité de cogénération. Il s'agit d'un moteur, d'une turbine à gaz ou d'une turbine à vapeur, qui génère simultanément de la chaleur et de l'électricité.

Avec ce guide, vous pourrez facilement déterminer si, dans votre établissement, installer une unité de cogénération est une option intéressante et rentable.

L'étude de pré-faisabilité – objet de ce guide – est une première étape qui permet d'éviter le passage trop rapide à l'étude de faisabilité par un bureau d'études spécialisé.

Pour réaliser l'étude de pré-faisabilité par vous-même, la méthode est très simple :

- à partir de vos besoins de chaleur, vous pourrez rapidement déterminer aisément la puissance optimale de l'unité de cogénération à installer dans votre établissement ;
- ensuite, à l'aide des abaques repris dans ce guide, vous pourrez calculer la rentabilité d'un tel projet.





UNE ÉCONOMIE D'ÉNERGIE SIGNIFICATIVE

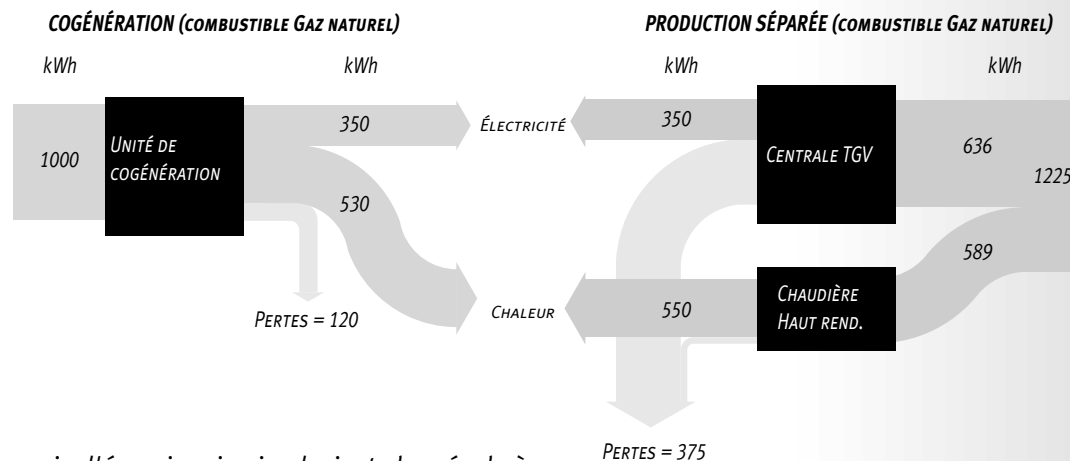
Le principe de la cogénération est de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité. Grâce à cette production combinée, les pertes d'énergie se réduisent de manière significative. Ainsi, la cogénération permet d'économiser entre 15 et 20 % d'énergie primaire par rapport à la production séparée de ces mêmes quantités de chaleur et d'électricité.

UNE UNITÉ DE COGÉNÉRATION NE REMPLACE JAMAIS TOTALEMENT UNE CHAUDIÈRE, ELLE LA COMPLÈTE UTILEMENT.

Tant que la demande en chaleur correspond à un fonctionnement normal de l'unité de cogénération, celle-ci assure la production de chaleur, seule ou associée à votre chaudière. Pendant les périodes de faible demande de chaleur, c'est votre chaudière qui assure seule la production de chaleur.

Pour produire 350 kWh_e d'électricité et 530 kWh_q de chaleur ...

- Une unité de cogénération au gaz, avec un rendement électrique de 35 % et un rendement thermique de 53 %, va consommer 1000 kWh_p d'énergie primaire ;
- La meilleure centrale électrique (Turbine Gaz Vapeur), avec un rendement de 55 %, va consommer 636 kWh_p d'énergie primaire. La meilleure chaudière, avec un rendement annuel de 90 %, va consommer 589 kWh_p d'énergie primaire. Le total pour les filières séparées s'élève à 1 225 kWh_p d'énergie primaire.



L'économie d'énergie primaire devient alors égale à :

$$1\ 225 - 1\ 000 = 225\ \text{kWh}_p$$

- exprimée par rapport à la consommation totale d'énergie primaire, la fraction économisée est de

$$\frac{225}{1\ 225} = 18\ \%$$

- exprimée par rapport à la consommation d'énergie primaire nécessaire pour la production d'électricité par la centrale TGV, la fraction économisée est de

$$\frac{225}{636} = 35\ \%$$

Cette dernière formulation est similaire au taux d'économie de CO₂ expliqué plus loin.

UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ RÉCOMPENSÉE

L'ÉLECTRICITÉ VERTE

est l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable ou de cogénération de qualité dont la filière de production génère un taux minimum de 10 % d'économie de CO₂ par rapport aux émissions de CO₂ d'une production classique dans des installations modernes de référence. L'électricité produite à partir d'installations hydroélectriques ou de cogénération de qualité est limitée à une puissance inférieure à 20 MW_e (D. Art. 2, 5°).

UNE COGÉNÉRATION DE QUALITÉ

est une unité de production combinée de chaleur et d'électricité, conçue en fonction des besoins de chaleur du client, qui réalise une économie d'énergie par rapport à la production séparée des mêmes quantités de chaleur et d'électricité dans des installations modernes de référence dont les rendements annuels d'exploitation sont définis et publiés annuellement (D. Art. 2, 3°).

LA CWAPE

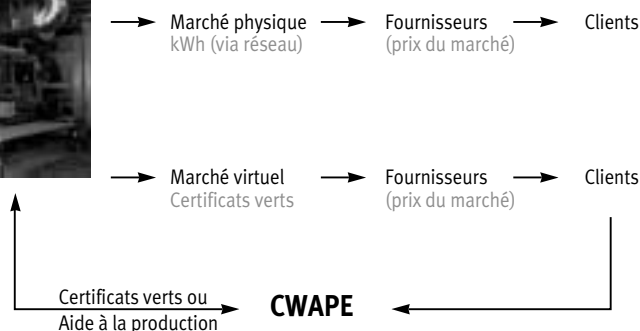
ou Commission wallonne pour l'Energie est créée par le Décret du 12 avril 2001. Elle a pour missions essentielles :

- Le conseil auprès des autorités publiques en ce qui concerne l'organisation et le fonctionnement du marché régional de l'électricité.
- La surveillance et le contrôle de l'application de la réglementation relative au marché régional de l'électricité, dont le régime des certificats verts.

Non seulement, la technologie de la cogénération permet de réaliser des gains d'énergie primaire appréciables mais elle contribue également à réduire les émissions de CO₂ rejetées dans l'atmosphère.

C'est la raison pour laquelle la Région wallonne, pour rencontrer ses objectifs de réduction de gaz à effet de serre fixés par le Protocole de Kyoto, a décidé de promouvoir cette technologie.

Le décret du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité a instauré un régime de certificats verts destiné à promouvoir l'électricité verte.



LES PRINCIPES DU RÉGIME DES CERTIFICATS VERTS APPLIQUÉS À LA COGÉNÉRATION

Toute unité de cogénération de qualité qui produit de l'électricité verte recevra un nombre de certificats verts (C.V.) proportionnel à sa production d'électricité et au taux d'économie de CO₂ réalisée par rapport à une production d'électricité et de chaleur équivalente dans des installations modernes de référence.

Chaque trimestre, les certificats verts obtenus pourront se vendre au fournisseur d'électricité le plus offrant. Ce dernier a l'obligation de fournir à la CWAPE un nombre de certificats verts proportionnel à son propre volume de vente d'électricité. Ce quota a été initialement fixé à 3 % et augmentera progressivement, au 1^{er} octobre, de 1 % par an pour atteindre 7 % en 2007.

Si le quota imposé n'est pas atteint, le fournisseur devra payer une pénalité de 75 € par certificat vert manquant. Cette pénalité passera à 100 € après le 1^{er} juillet 2003.

Le propriétaire d'une cogénération de qualité pourra ainsi, non seulement, soit consommer lui-même, soit vendre son électricité produite au prix du marché "physique", mais également vendre les certificats verts qu'il aura reçus au prix du marché "virtuel". Le prix du certificat vert tiendra compte de la valeur de la pénalité, ainsi que de l'aide à la production.

LE CALCUL DU NOMBRE DE CERTIFICATS VERTS

Pour l'électricité verte produite à partir d'une unité de cogénération de qualité, le gain en CO₂ (**G**) est égal aux émissions d'une centrale électrique de référence (**E_{ref}**) augmentées des émissions d'une chaudière de référence (**Q**) desquelles les émissions de l'unité de cogénération (**F**) sont soustraites :

$$G = E_{ref} + Q - F \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_e]$$

Le taux d'économie de CO₂ (**t**) est obtenu en divisant le gain (**G**) en CO₂ de la cogénération par le CO₂ émis par la centrale électrique de référence (**E_{ref}**).

$$t = \frac{G}{E_{ref}} \quad [\%] \quad (\text{Formule A})$$

Le taux est limité à 2. Pour les puissances supérieures à 5 MW_e, le taux est limité à 1.

Le nombre de certificats verts obtenus se calcule en multipliant le nombre de MWh_e produit par le taux d'économie de CO₂. Ce qui signifie qu'une cogénération de qualité reçoit un certificat vert dès qu'elle a permis d'économiser une quantité de CO₂ équivalente à **E_{ref}**, soit, dans les conditions actuelles, une quantité de 456 kg de CO₂.

ÉMISSIONS DE CO₂ DES INSTALLATIONS MODERNES DE RÉFÉRENCE

Les installations de référence sont annuellement définies par la CWaPE, sur base des meilleurs rendements connus. Cependant, une fois qu'elles ont été fixées dans le cas de votre unité de cogénération, elles ne seront pas modifiées pendant une période de 10 ans.

Actuellement, les installations modernes de référence prises en considération par la CWaPE sont les suivantes :

■ Production d'électricité :

Une turbine gaz vapeur (TGV) fonctionnant au gaz naturel avec un rendement de production de 55 % ;

$$E_{ref} = \frac{251}{55\%} = 456 \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_e]$$

■ Production de chaleur :

Si vous avez accès au réseau de gaz naturel, l'installation de référence est une chaudière au gaz avec un rendement de 90 % ;

$$Q_{ref} = \frac{251}{90\%} = 279 \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_q]$$

Si vous n'avez pas accès au réseau de gaz naturel, l'installation de référence est une chaudière au mazout avec un rendement de 90 %.

$$Q_{ref} = \frac{306}{90\%} = 340 \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_q]$$

Pour exprimer la quantité de CO₂ émise par une chaudière de référence par MWh_e produit par cogénération, il suffit d'utiliser la formule ci-dessous :

$$Q = Q_{ref} \frac{P_{Q \text{ cogen}}}{P_{E \text{ cogen}}} \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_e]$$

où **P_{Q cogen}** = puissance thermique de l'unité de cogénération [kW_q]

P_{E cogen} = puissance électrique de l'unité de cogénération [kW_e]

UNITÉS

1 Mega = 1 000 kilo

1 MW = 1 000 kW

1 MWh = 1 000 kWh

**LE CHOIX DU COMBUSTIBLE**

Il est important de noter que ce n'est pas le choix du combustible que vous ferez qui dictera le choix de l'installation de référence qui vous sera appliquée pour la production de chaleur, mais le fait que vous ayez ou non accès au réseau de distribution de gaz naturel. Si vous faites le choix d'une cogénération avec un moteur diesel alors que votre site se trouve dans une zone desservie par le réseau de distribution de gaz naturel, c'est une chaudière au gaz naturel qui servira de référence.

■ Pour la cogénération : la quantité de CO₂ émise par l'unité de cogénération par MWh_e d'électricité produite dépend du combustible économisé :

$$F = \frac{C_x}{\alpha_E} \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_e]$$

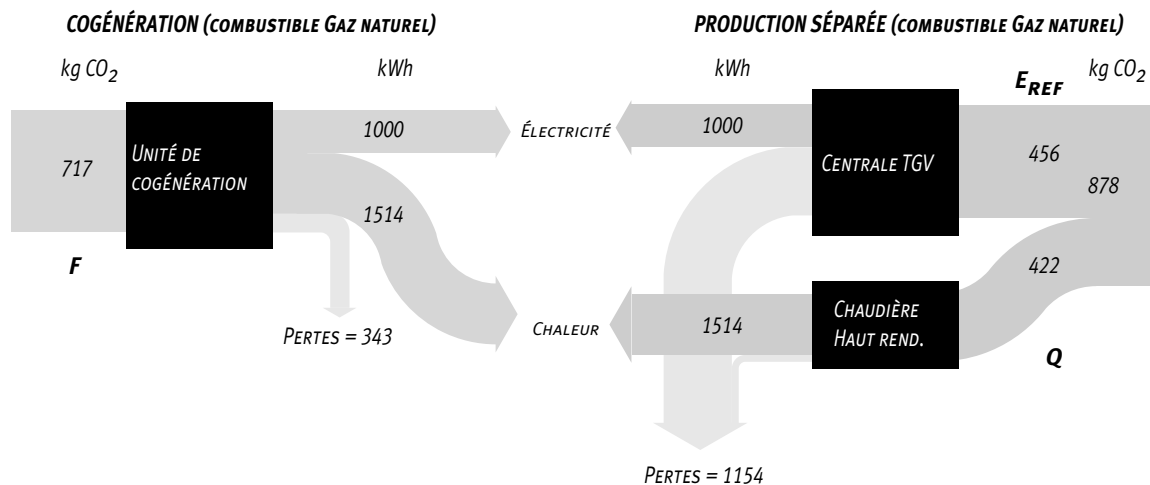
où C_x = coefficient d'émission de CO₂ de la source d'énergie primaire X utilisée par l'unité de cogénération [kg CO₂ / MWh_p]

α_E = rendement électrique de l'unité de cogénération [-]

Coefficients d'émission de CO ₂ par combustible		
Mazout	C _{Mazout} = 306	[kg CO ₂ / MWh _p]
Gaz naturel	C _{GN} = 251	[kg CO ₂ / MWh _p]
Bois cultivé	C _{Bois cultivé} = 45	[kg CO ₂ / MWh _p]
Déchets de bois	C _{Bois déchets} = 23	[kg CO ₂ / MWh _p]
Matières organiques biodégradables	C _{Mat. orga.} = 0	[kg CO ₂ / MWh _p]

Prenons la même unité de cogénération produisant cette fois 1 000 kWh_e, soit 1 MWh_e d'électricité.

Le propriétaire de cette unité de cogénération au gaz naturel recevra 0,35 certificat vert par MWh_e produit ou il recevra 1 certificat vert chaque fois que l'unité de cogénération produira 2,8 MWh_e.



$$\text{Gain} = 456 + 422 - 717 = 161 \quad [\text{kg CO}_2 / \text{MWh}_e]$$

$$t = \frac{161}{456} = 35 \%$$

LA GARANTIE D'ORIGINE DE L'ÉLECTRICITÉ VERTE

Toute unité de cogénération située en Wallonie doit être certifiée pour pouvoir recevoir des certificats verts. Dans ce cas, elle doit répondre aux conditions d'octroi des certificats verts et disposer des compteurs d'électricité et de chaleur nécessaires à une comptabilisation précise du fonctionnement de l'unité de cogénération.

Cette certification est réalisée par des organismes de contrôles agréés par le Ministre ayant l'énergie dans ses attributions. L'organisme de contrôle délivre un certificat de garantie d'origine qui précise les sources d'énergie utilisées, la technologie de production, la puissance nette développable de l'unité de cogénération, la technologie de comptage de l'électricité et de la chaleur, les émissions de CO₂ en régime normal de fonctionnement, ...

Pour connaître la liste à jour des organismes agréés pour la certification des installations de production d'électricité verte, **consultez le site de la CWaPE : <http://www.cwape.be>**



LES NOMBREUX AVANTAGES DE LA COGÉNÉRATION

AVANTAGES ÉCONOMIQUES

- Une réduction significative de votre facture d'achat d'électricité

En tant que propriétaire d'une unité de cogénération, votre facture d'achat d'électricité diminuera de manière significative suite à :

- une diminution de la pointe quart-horaire ;
- une baisse de la quantité d'électricité achetée au réseau ;
- un régime tarifaire parfois plus intéressant.

- La revente des certificats verts, un sacré coup de pouce

Si votre cogénération est de qualité, vous obtiendrez des certificats verts que vous pourrez revendre à un fournisseur d'électricité au prix du marché "virtuel". Ce gain financier supplémentaire sera d'autant plus confortable que votre cogénération permet une réduction importante des émissions de CO₂.

- Un pouvoir de négociation accru

Le décret wallon du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché de l'électricité prévoit une éligibilité immédiate pour tout propriétaire d'une cogénération de qualité produisant plus de la moitié de ses besoins électriques. De même, le décret wallon du 19 décembre 2002 relatif à l'organisation du marché du gaz prévoit une éligibilité immédiate pour tout producteur d'électricité à partir de gaz naturel, même s'il est autoproducteur. Cette éligibilité vous permettra donc de choisir librement votre fournisseur, tant pour l'achat que pour la vente de l'électricité produite, ainsi que pour l'achat de gaz si votre installation est alimentée au gaz.



AVANTAGES SOCIAUX**- Création de nouveaux emplois au niveau régional**

Une cogénération ne remplace pas totalement une chaudière, mais elle la complète utilement. Cet investissement supplémentaire est donc synonyme de la création de nouveaux emplois, tant pour l'étude technique détaillée, de préférence précédée d'une étude de faisabilité, que pour l'installation et l'entretien de cette cogénération dans votre établissement.

- Un savoir-faire wallon à valoriser chez nos voisins

La cogénération étant une technologie de pointe, il est nécessaire qu'elle soit correctement dimensionnée et judicieusement intégrée dans l'installation existante. Par ailleurs, elle exige un suivi automatisé de haut niveau. Autant de compétences wallonnes qui peuvent s'exporter à l'étranger.

AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX**- Une participation active aux engagements de Kyoto**

Les émissions de CO₂, de par leur problématique mondiale, exercent un impact néfaste quant à l'équilibre climatique de la Belgique et du reste du monde. Connaissant les répercussions d'un tel bouleversement, comme inondations, sécheresses, tornades, élévation du niveau de la mer, extension des maladies infectieuses, pollution des réserves d'eau potable, etc, il est donc primordial de tout mettre en œuvre pour réduire au plus vite les émissions de CO₂.

En tant que détenteur d'une unité de cogénération vous participez activement au respect des engagements de la Belgique au Protocole de Kyoto, dans la mesure où cette technologie permet une réduction substantielle des émissions de CO₂.

- De l'énergie pour nos enfants

Contrairement à ce que pourrait laisser croire la mondialisation des échanges, l'abondance des ressources énergétiques n'est qu'apparente et l'approvisionnement n'est pas acquis. En effet, les ressources fossiles sont épuisables. Au rythme de consommation actuelle, les réserves prouvées de gaz seront complètement épuisées d'ici environ 60 ans, celles de pétrole d'ici à peine 40 ans.

En tant que détenteur d'une unité de cogénération vous contribuez fortement à prolonger les dernières réserves d'énergie fossile, dans la mesure où cette technologie permet une économie d'énergie primaire significative.

 KYOTO EN CHIFFRES ...

En décembre 1997, à Kyoto, la Belgique s'est engagée à réduire ses émissions de CO₂ de 7,5 % d'ici 2010 par rapport au niveau de 1990. Pour la Wallonie qui a émis près de 46 millions de tonnes de CO₂ en 1990, atteindre cet objectif signifie que chaque Wallon doit avoir réduit ses émissions de CO₂ de 1 080 kg en 2010, ce qui correspond à 5 400 kilomètres effectués seul en voiture.



LA DÉMARCHE À SUIVRE POUR UN PROJET DE COGÉNÉRATION

Au stade initial d'un projet, les questions qui viennent généralement à l'esprit sont les suivantes :

- Est-il possible d'installer une unité de cogénération dans mon établissement ?
- Combien cela va-t-il coûter ? Est-ce rentable ?
- Quelle est la part de ma consommation de chaleur qui peut être produite par la cogénération ?
- Quelle puissance faut-il installer ?
- Dois-je consommer ou vendre l'électricité produite ?
- Quelle sera la réduction des émissions de CO₂ ?
- Est-ce que je vais recevoir des certificats verts ? Et combien ?

Les réponses à ces questions ne sont pas immédiates mais se fondent sur l'évaluation d'une série de critères techniques, économiques et environnementaux qui s'inscrivent dans une **“démarche projet”**.

Une étude technique détaillée, qui se clôture généralement par la rédaction du cahier des charges, répond bien entendu à toutes ces questions. Cependant, une telle étude n'est pas gratuite et nécessite beaucoup de temps, alors que la réponse finale peut, dans certain cas, être "non, ce n'est pas rentable" ! C'est donc pour éviter ce genre de mauvaise surprise, que nous vous conseillons de commencer, avec ce guide, par l'étude de pré-faisabilité.



LES 4 PHASES DE LA DÉMARCHE PROJET DE COGÉNÉRATION

■ PREMIÈRE PHASE : L'ÉTUDE DE PRÉ-FAISABILITÉ

Cette étude est simple et rapide. Elle peut être effectuée par vous-même sur base de la méthodologie présentée dans ce guide. En ce sens, elle n'exige pas le recours à un expert payant. Elle vous donnera des éléments de réponses, avec une fiabilité satisfaisante.

■ DEUXIÈME PHASE : L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UNE UNITÉ DE COGÉNÉRATION

L'étude de faisabilité vous répondra de manière plus précise, car elle se base sur les spécificités propres à votre établissement (consommation, intégration, type de financement, ...). Cette étude doit être réalisée par un expert qui se déplace chez vous. Elle est la plupart du temps subsidiée par la Région wallonne. Le délai de réalisation est de l'ordre d'un à trois mois.

■ TROISIÈME PHASE - LE CHOIX D'UN MODE DE FINANCEMENT DE VOTRE PROJET

Ce choix dépend des risques financiers que vous êtes prêts à prendre et aura une répercussion sur la manière d'exploiter la cogénération. Le risque minimal consiste à choisir un partenariat avec un distributeur d'électricité qui financera et gèrera la cogénération pour vous, tout en partageant les gains engendrés. L'étude de faisabilité constitue alors une bonne base pour les négociations.

■ QUATRIÈME ET DERNIÈRE PHASE - L'ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE CONDUISANT AU CAHIER DES CHARGES

Si vous décidez d'investir sur fonds propres, pour avoir la totale maîtrise de l'unité de cogénération et bénéficier ainsi de gains plus importants, il vous faudra faire appel à un bureau d'études spécialisé. Armé d'une étude de faisabilité favorable à l'installation d'une unité de cogénération, vous serez donc plus apte à discuter des options à prendre dans l'étude technique détaillée (plans et cahier des charges) avec votre bureau d'études.

Nous allons à présent passer en revue les différentes phases, tout en mettant l'accent sur la première afin de vous guider pour la réalisation d'une étude de pré-faisabilité.

1^{ÈRE} PHASE : L'ÉTUDE DE PRÉ-FAISABILITÉ D'UNE COGÉNÉRATION

L'étude de pré-faisabilité vous donnera, par une méthode simplifiée, un ordre de grandeur de la taille de l'unité de cogénération à installer dans votre établissement. À partir de ce pré-dimensionnement, vous obtiendrez quelques éléments vous permettant de prendre une décision en connaissance de cause, à savoir :

- Le type de technologie à utiliser ;
- Le montant estimé de l'investissement ;
- Les frais d'exploitation ;
- Le gain en CO₂ et le nombre de certificats verts associés ;
- L'économie d'énergie primaire engendrée ;
- La réduction attendue de la facture d'achat d'électricité ;
- Une estimation de la rentabilité financière du projet.

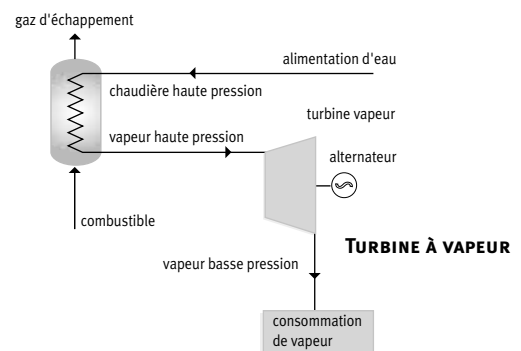
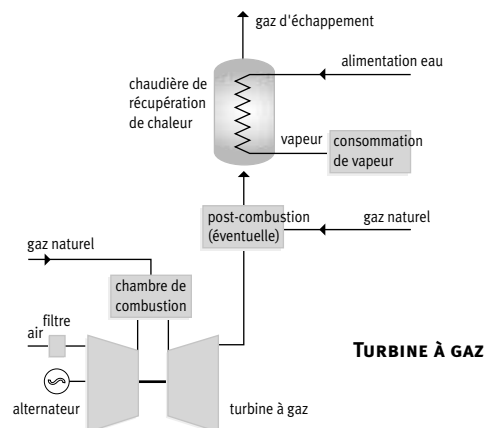
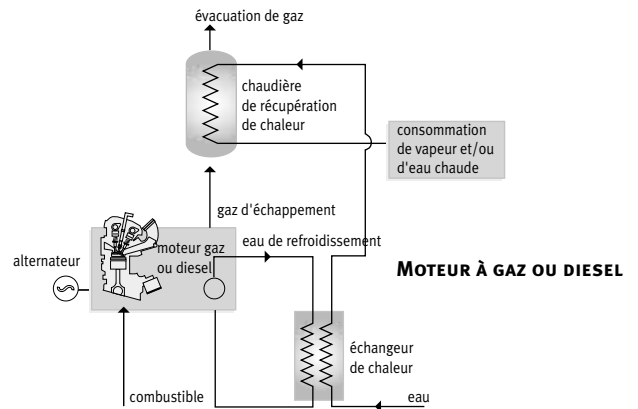
CHOIX D'UNE TECHNOLOGIE DE COGÉNÉRATION

Avant d'effectuer un premier dimensionnement de l'unité de cogénération, il est utile de choisir le type de technologie qui convient le mieux à votre établissement.

La cogénération de chaleur et d'électricité peut être obtenue au moyen de plusieurs technologies :

- un moteur à gaz ou diesel ;
- une turbine à gaz ;
- une turbine à vapeur.

Nous allons à présent détailler ces différentes technologies, avec leurs avantages et leurs inconvénients, afin de vous aiguiller dans votre choix.



CHOIX D'UNE

■ LE MOTEUR À GAZ OU DIESEL

Il s'agit d'un moteur à explosion couplé à un alternateur produisant l'électricité. La chaleur est quant à elle récupérée à plusieurs niveaux :

- La chaleur des gaz d'échappement à 500 °C peut être récupérée à plus de 70 % par refroidissement à 120 °C (moteur à gaz) ou 200 °C (moteur diesel) ;
- La chaleur de l'eau de refroidissement à environ 100 °C représente généralement la plus grande partie de chaleur qui peut être récupérée sur un moteur ;
- La chaleur de l'huile du moteur à ± 100 °C peut également être entièrement récupérée ;
- La chaleur de refroidissement du turbo à 55 °C (moteur diesel) se récupère plus difficilement.

La récupération de chaleur sur ce type de moteur se prête bien à des utilisations à des températures inférieures à 100 °C, bien qu'une petite quantité de vapeur basse pression puisse néanmoins être générée grâce aux gaz d'échappement.

Ces moteurs sont le plus souvent utilisés pour des petites gammes de puissance, de 30 kW_e jusqu'à 1 à 2 MW_e. En dessous de 500 kW_e, ils sont dérivés de moteurs de véhicules routiers. Au delà il s'agit de moteurs de bateaux adaptés.

■ LES TURBINES À GAZ

Il s'agit d'une technologie dérivée des réacteurs d'avion. Le combustible (généralement du gaz naturel) est brûlé dans une chambre de combustion alimentée en air sous pression en provenance d'un compresseur. Les gaz produits sont introduits dans une turbine où leur énergie est transformée en énergie mécanique pour l'entraînement du compresseur d'air et d'un générateur d'électricité.

L'énergie résiduelle, sous forme de gaz chauds (environ 500 °C), peut être utilisée pour rencontrer les besoins de chaleur (vapeur et/ou eau chaude). Une post-combustion éventuelle de ces gaz, fortement chargés en oxygène, permet d'obtenir plus de chaleur et d'augmenter le rendement global. Contrairement aux moteurs, la turbine à gaz se prête très bien à la production de vapeur et ce, si nécessaire, jusqu'à des conditions de vapeur vive telles que 110 bar / 525 °C par exemple.

Les turbines à gaz sont utilisées pour des gammes de puissance plus importantes, de 1 à 100 MW_e. Cependant, on peut trouver des applications pour des puissances de 500 kW_e à 1 MW_e.

■ LES TURBINES À VAPEUR

Dans le cas des turbines à vapeur, l'énergie mécanique (puis électrique) est produite par la détente de vapeur haute pression générée dans une chaudière conventionnelle, utilisant n'importe quel combustible. La chaleur est quant à elle récupérée à la sortie de la turbine, soit sous forme d'eau chaude, soit sous forme vapeur.

Les turbines à vapeur, qui produisent beaucoup de chaleur et peu d'électricité, sont généralement réservées à des applications spécifiques permettant de valoriser des combustibles "résiduels" ou des applications industrielles d'une puissance suffisante qui nécessitent nettement plus de chaleur que d'électricité. Vu que les turbines à vapeur ne sont généralement intéressantes que pour de grosses puissances, nous ne les développerons pas ici.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE CHAQUE TECHNOLOGIE DE COGÉNÉRATION

LE CHOIX D'UNE TECHNOLOGIE DÉPEND DES BESOINS DE CHALEUR DE VOTRE ÉTABLISSEMENT

Optez plutôt pour un moteur à gaz lorsque votre demande de chaleur est surtout constituée d'eau chaude (prendre le moteur diesel uniquement si le gaz naturel n'est pas disponible).

Optez plutôt pour une turbine à gaz, voire pour une turbine à vapeur, si votre demande de chaleur est surtout constituée de vapeur.

Caractéristiques d'un moteur à gaz ou diesel

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • À partir de 30 kW_e • Bien adapté à la préparation d'eau chaude • Bien adapté pour des besoins électriques du même ordre de grandeur que les besoins de chaleur • Coût d'achat abordable • Bien adapté pour suivre une demande variable • Peut jouer le rôle de groupe de secours en cas de panne 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de maintenance élevé • Peu propice à la production de vapeur • Durée de vie limitée • Entretiens programmés indispensables en vue d'atteindre une durée de fonctionnement de 100 000 heures avant le remplacement complet du moteur

Caractéristiques d'une turbine à gaz

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • À partir de 500 kW_e • Production aisée de vapeur • Bon rendement global 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible rendement électrique pour les petites puissances • Nécessite en général du gaz naturel

Caractéristiques d'une turbine à vapeur

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Convient à tous types de combustibles • Très bon rendement global • Coût d'entretien modique • Durée de vie élevée • Convient bien lorsque les besoins de vapeur sont nettement plus importants que les besoins électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu intéressant pour les faibles besoins de chaleur • Investissement élevé • Fonctionnement quasi-continu

UN PREMIER DIMENSIONNEMENT DE L'UNITÉ DE COGÉNÉRATION

Le **pré-dimensionnement de l'unité de cogénération** consiste à **déterminer les puissances thermique et électrique**, ainsi que ses heures de fonctionnement qui permettent de valoriser **toute** la chaleur et l'électricité produites.

La **méthodologie** proposée se base sur les besoins en chaleur de votre établissement et décrit pas à pas les **4 étapes à suivre** :

- déterminer votre besoin net de chaleur ;
- sélectionner un "profil type" de consommation de chaleur ;
- déterminer la puissance thermique de l'unité de cogénération ;
- choisir une unité de cogénération.

ÉTAPE 1 : DÉTERMINER VOTRE BESOIN NET DE CHALEUR (BNEC).

Pour obtenir une cogénération dite de qualité, qui permet donc de rentabiliser au maximum l'énergie produite, on dimensionne généralement l'unité sur les besoins de chaleur. L'électricité produite pourra toujours être soit consommée en interne, soit revendue au réseau. Dans le cadre de l'étude de pré-faisabilité, on considère que toute l'électricité produite est entièrement consommée en interne.

Il faut d'abord déduire de votre consommation annuelle en combustible (**Q**) tout ce qui ne sert pas à produire de l'eau chaude ou de la vapeur, c'est-à-dire :

- l'énergie utilisée pour la cuisson et les autres applications spécifiques qui ne peuvent pas être rencontrées par la chaleur cogénérée (**Q_{non cogen}**) ;
- les pertes au niveau de la chaufferie (pertes de combustion et pertes à l'arrêt). Généralement, pour une chaudière récente, le rendement saisonnier est de l'ordre de 90 %. Pour une chaudière au gaz à condensation, ce rendement peut atteindre 101 %. Par contre, pour une ancienne chaudière, ce rendement se situe entre 75 et 85 % ($\eta_{\text{chaufferie}}$).
- les gaspillages facilement évitables par des mesures d'économie d'énergie (bonne isolation, meilleure régulation, ...). Autant faire ces économies avant d'installer l'unité de cogénération afin d'éviter un surdimensionnement coûteux (**URE**).



PARTICULARITÉ DE LA FACTURE GAZ

Les kWh mentionnés dans la facture de gaz naturel sont exprimés sur base du Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS), il faut donc convertir ces kWh en fonction du Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI). Pratiquement, il suffit de diviser les kWh mentionnés sur la facture par 1,1085.

Le résultat de cette soustraction aboutit au besoin net de chaleur (BNEC), à exprimer en kWh/an

$$\text{BNEC} = \eta_{\text{chaufferie}} * (\text{Q} - \text{Q}_{\text{non cogen}} - \text{URE}) \quad [\text{kWh}_q/\text{an}] \quad (\text{formule B})$$

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) de quelques combustibles fossiles généralement utilisés

Mazout :	9,9	[kWh _p /litre]
Gaz naturel :	10,8	[kWh _p /Nm ³]
Anthracite :	8,7	[kWh _p /kg]
Propane :	6,4	[kWh _p /litre]

ETAPE 2 : SÉLECTIONNER UN "PROFIL TYPE" DE CONSOMMATION DE CHALEUR

L'évolution de la consommation de chaleur de votre établissement est importante pour le pré-dimensionnement d'un unité de cogénération. On peut considérer que votre consommation de chaleur suit un profil type caractéristique d'un rythme d'activité. Choisissez parmi les 6 profils types ci-dessous celui qui correspond le mieux à votre cas.

LES 6 PROFILS TYPE DE CONSOMMATION DE CHALEUR

- A : Activité (bâtiment) diurne 5 jours sur 7
- B : Activité diurne 6 jours sur 7
- C : Activité diurne 7 jours sur 7
- D : Activité continue 7 jours sur 7
- E : Activité (entreprise) diurne 5 jours sur 7
- F : Activité (logement collectif) 7 jours sur 7

* Consommation : consommation d'une heure dans un jour type (en %), consommation d'un jour dans une semaine type (en %), consommation d'un mois dans une année type (en %)

PROFIL A

Activité diurne 5 jours sur 7

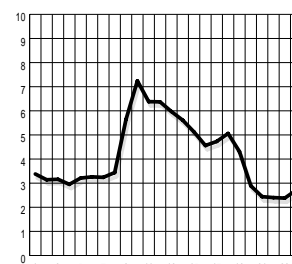
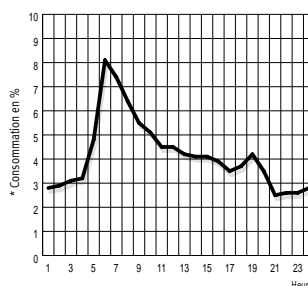
Exemples :
immeubles de bureaux,
écoles
services aux personnes,
...

PROFIL B

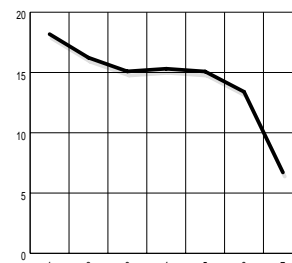
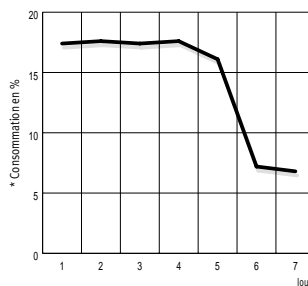
Activité diurne 6 jours sur 7

Exemples :
commerces,
culture,
...

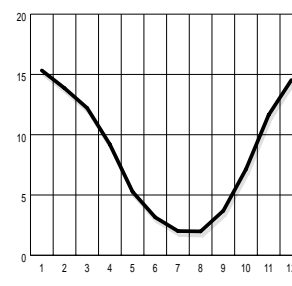
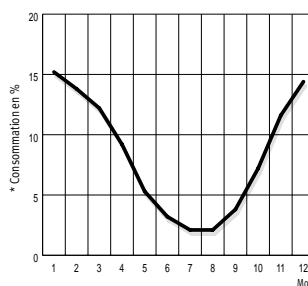
BNEC D'UNE JOURNÉE TYPE (%) - PROFIL DE PRÉLÈVEMENT HORAIRE



BNEC D'UNE SEMAINE TYPE (%) - PROFIL DE PRÉLÈVEMENT PAR JOUR



BNEC D'UNE ANNÉE TYPE (%) - PROFIL DE PRÉLÈVEMENT PAR MOIS

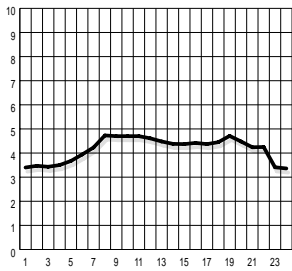


CHOIX D'UN

PROFIL C

Activité diurne 7 jours sur 7

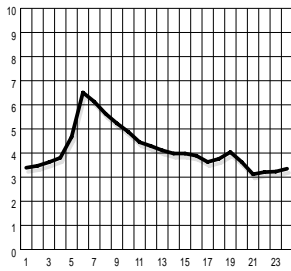
Exemples :
centres sportifs,
...



PROFIL D

Activité continue 7 jours sur 7

Exemples :
soins aux personnes,
HORECA,
...



PROFIL E

Activité diurne 5 jours sur 7

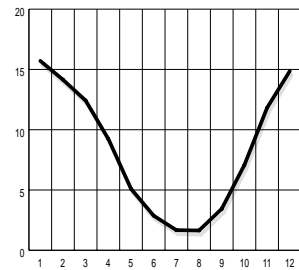
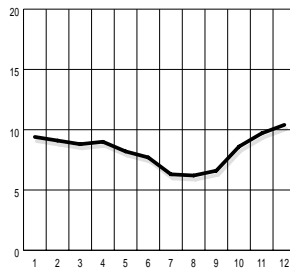
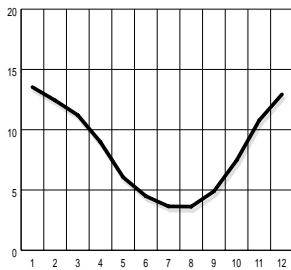
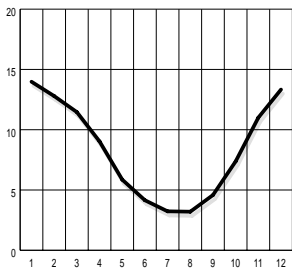
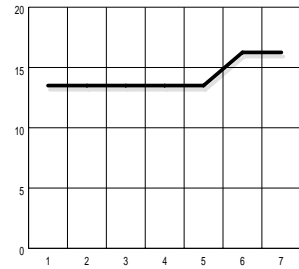
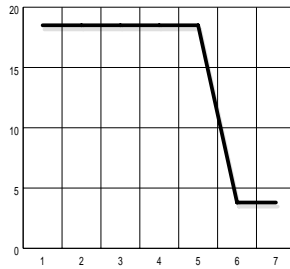
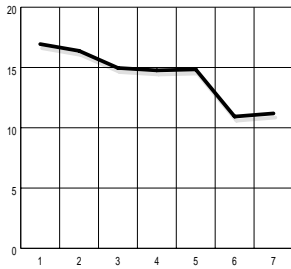
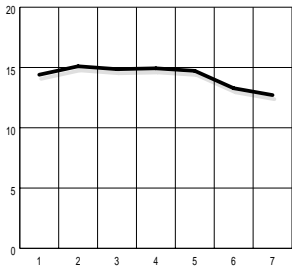
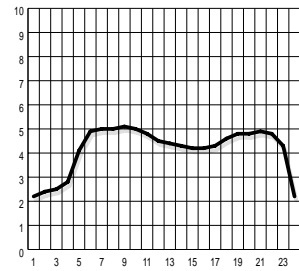
Exemples :
PME à consommations
très régulières,
blanchisseries,
teintureries,



PROFIL F

Activité diurne 7 jours sur 7

Exemples :
logement collectif,
...



" PROFIL TYPE "

ÉTAPE 3 : DÉTERMINER LA PUISSANCE THERMIQUE DE L'UNITÉ DE COGÉNÉRATION



L'objectif du pré-dimensionnement est d'installer la plus grosse unité de cogénération possible, tout en respectant la contrainte essentielle : valoriser **toute** la chaleur et l'électricité produites.

À chaque "profil type" de consommation de chaleur correspond une taille optimale permettant de respecter cette contrainte essentielle. Cette taille optimale s'exprime par le facteur **Part_{cogen}** qui représente la part de la consommation maximale de chaleur qui pourra être assurée par l'unité de cogénération.

Ainsi, la puissance thermique de l'unité de cogénération est :

$$P_{Qcogen} = \frac{BNeC \times Part_{cogen}}{U_Q} \quad [kW_q] \quad \text{(formule C)}$$

où **U_Q** = le nombre d'heures durant lesquelles une installation de chauffage classique bien dimensionnée devrait fonctionner à régime nominal pour produire les besoins nets de chaleur (**BNeC**);

Par ailleurs, la quantité de chaleur fournie par l'unité de cogénération est :

$$Q_{cogen} = P_{Qcogen} \times U_{cogen} \quad [kWh_q] \quad \text{(formule D)}$$

où **U_{cogen}** = le nombre d'heures durant lesquelles l'unité de cogénération devrait fonctionner à régime nominal pour produire la chaleur cogénérée (surface en grisée).

Les valeurs de ces différents paramètres pour chaque "profil type" de consommation de chaleur sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Profil type	U _Q [h]	U _{cogen} [h]	Part _{cogen} [-]
A	1 985	2 541	0,285
B	2 172	2 584	0,285
C	4 377	2 855	0,510
D	3 368	2 918	0,401
E	2 664	2 744	0,643
F	3 414	2 496	0,366

Le raisonnement qui a permis d'aboutir à ces valeurs est expliqué en détail à la page suivante.

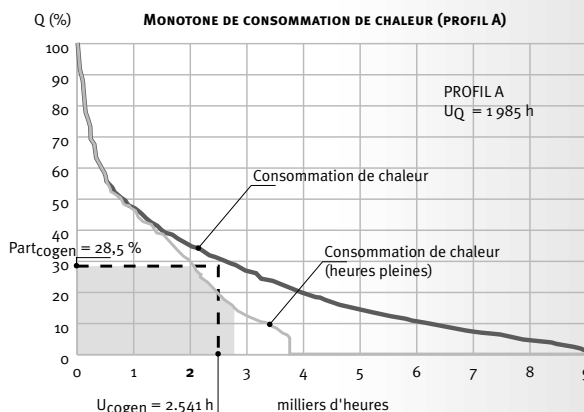
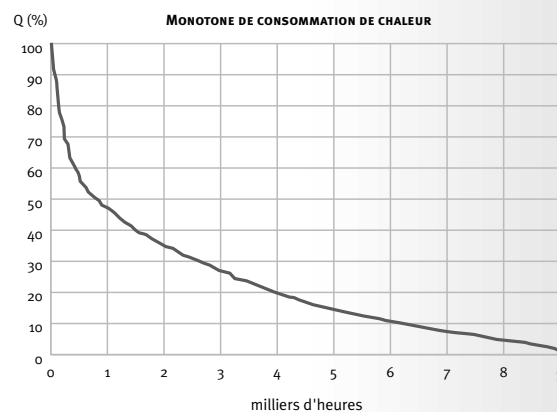
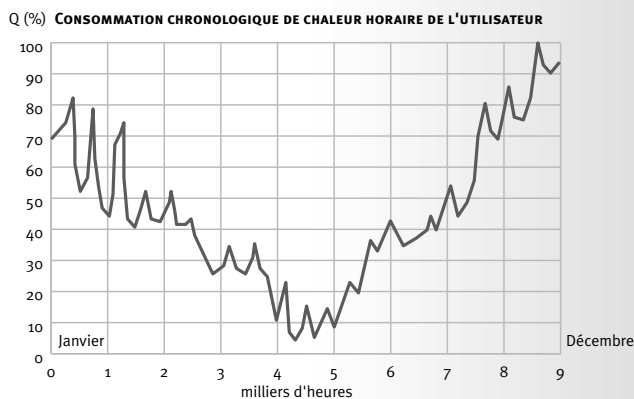
POUR EN SAVOIR PLUS

Pour obtenir les valeurs des différents paramètres nécessaires pour le pré-dimensionnement de l'unité de cogénération, il nous faut établir la courbe monotone de consommation de chaleur. Cette courbe représente la consommation de chaleur horaire classée par ordre décroissant sur une année, exprimée en pourcents de la consommation maximale. Une courbe "monotone de chaleur" peut donc être déterminée pour chaque "profil type".

Etant donné qu'une unité de cogénération se rentabilise par la réduction de la facture d'achat d'électricité, il est indispensable de la faire fonctionner durant les "heures pleines" du tarif électrique actuellement en vigueur. En effet, l'électricité consommée la nuit est nettement moins chère que celle consommée en journée. Il est donc économiquement plus intéressant de produire son électricité durant les "heures pleines", soit un maximum de 3 750 heures/an.

Le pré-dimensionnement se basera donc sur une deuxième monotone de chaleur relative aux "heures pleines". À partir de cette deuxième courbe, nous fixons la part de la consommation de chaleur qui pourra être cogénérée pendant 2 000 h de fonctionnement à plein régime. Au delà de 2 000 h, l'unité de cogénération continue à fonctionner en régime partiel jusqu'à un régime de fonctionnement de 50 %. En dessous de 50 %, l'unité s'arrête. Ce choix de 2 000 h maximise la quantité de chaleur et d'électricité produite par cogénération, tout en faisant fonctionner l'unité dans de bonnes conditions d'efficacité technique.

Ainsi, le facteur $Part_{cogen}$ correspond à l'ordonnée du point d'intersection entre la monotone de chaleur en heures pleines et la verticale passant par 2 000 heures. La surface grisée représente la quantité de chaleur fournie par l'unité de cogénération (Q_{cogen}). Elle est égale à la surface comprise entre les traits en pointillés qui correspondent au fonctionnement de l'unité de cogénération à régime nominal ($P_{Q_{cogen}}$) pendant 2 451 heures (U_{cogen}).



ETAPE 4 : CHOISIR UNE UNITÉ DE COGÉNÉRATION

Maintenant que nous connaissons la puissance thermique de l'unité de cogénération à installer, il nous faut déterminer la puissance électrique correspondante, la quantité d'électricité produite, le montant de l'investissement, les frais d'exploitation, ... pour estimer la rentabilité du projet.

Ces paramètres technico-économiques sont conditionnés par le choix de l'unité de cogénération. Ils sont repris dans les abaques qui suivent. Ces courbes représentent les valeurs moyennes des offres remises en 2002 par différents fournisseurs d'unités de cogénération en Wallonie. Chaque cas est cependant particulier et les valeurs à prendre

DÉFINITIONS :

$P_{Q\ cogen}$ [kW_q] : La puissance thermique de cogénération

$P_{E\ cogen}$ [kW_e] : La puissance électrique de cogénération correspondant à $P_{Q\ cogen}$

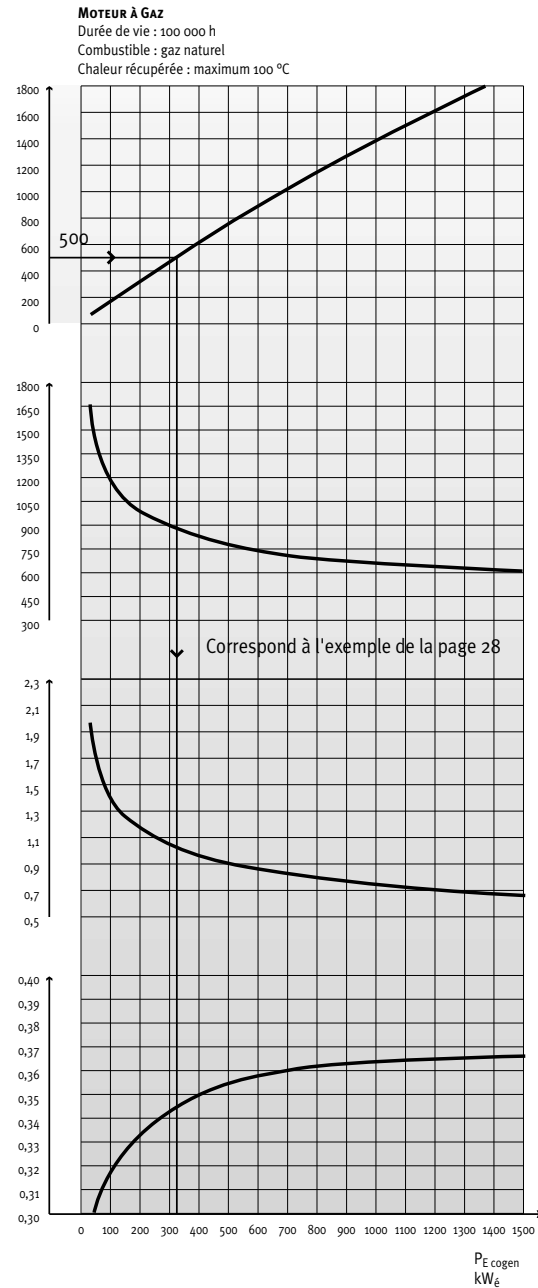
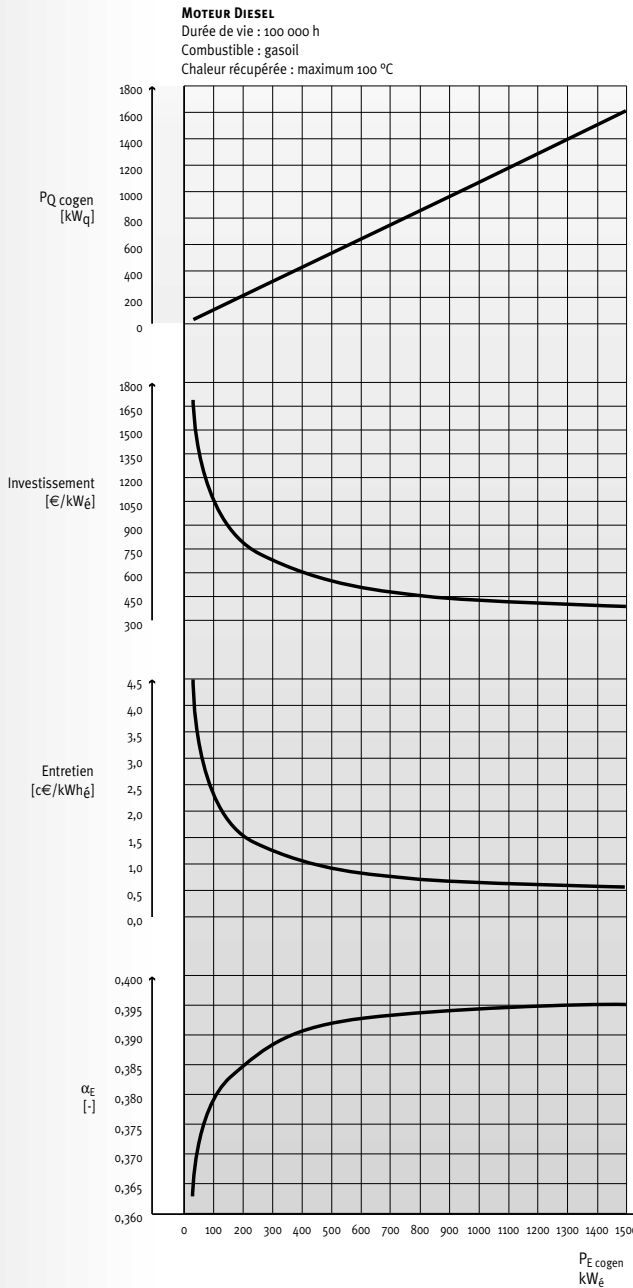
Investissement [€/kW_e] : montant global d'une unité de cogénération comprenant :

1. le prix de base ;
2. un supplément pour marche en parallèle avec le réseau électrique, y compris les protections nécessaires ;
3. un conteneur avec capotage acoustique ;
4. la récupération de chaleur sur cogénération ;
5. une installation de stockage du fuel léger correspondant à 10 jours de consommation par moteur diesel et turbine à gaz (secours dans ce cas) ;
6. les équipements électriques externes pour le raccordement des alternateurs à la sous-station de l'usine (câblages, disjoncteurs, ...) ;
7. le génie civil.

Pour les turbines à gaz, ce n'est pas l'investissement total de la récupération de chaleur qui est pris en compte, mais bien l'écart entre le coût de la chaudière de récupération et le coût de la chaudière à vapeur que la cogénération permet d'éviter.

Entretien [c€/kWh_e] : coût de l'entretien par kWh_e, comprenant le contrat "tout compris" (huile, assurance "bris de machine" et dépannages) ;

α_E [-] : part de l'énergie valorisée en électricité



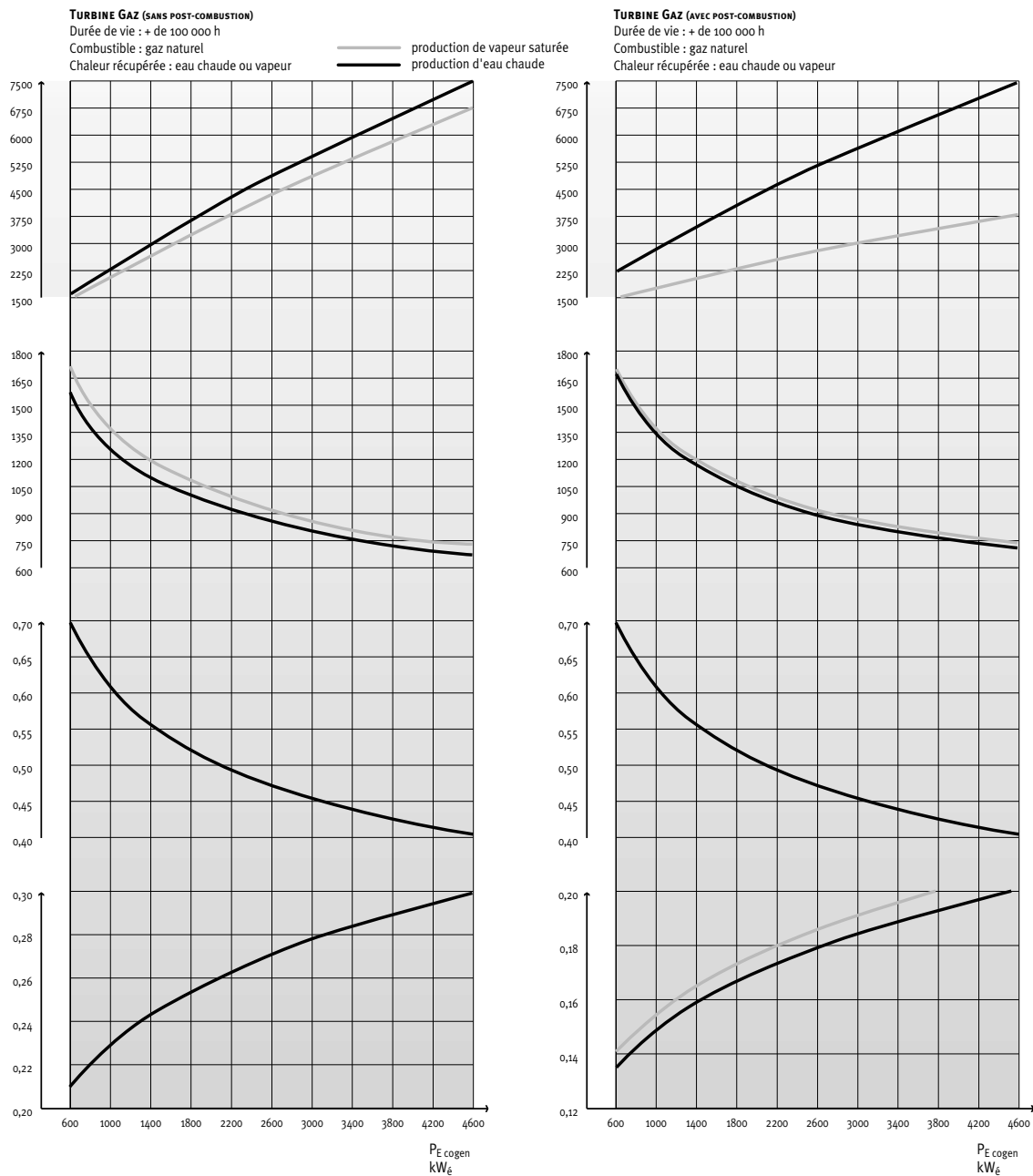
CHOIX D'UNE UNITÉ

en considération peuvent s'éloigner de manière significative des valeurs présentées ici. Seule une étude de faisabilité réalisée par un bureau d'études compétent pourra servir de base pour envisager un éventuel investissement. Cependant, dans le cadre de ce guide de pré-faisabilité, les chiffres présentés sont suffisamment précis.

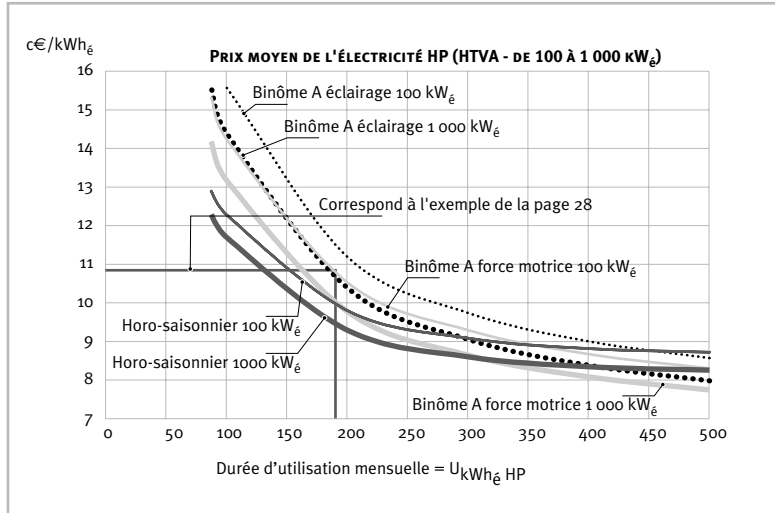
En cas de doute dans le choix d'une technologie plutôt qu'une autre, plusieurs variantes peuvent être testées.

La quantité annuelle d'électricité cogénéritable correspond alors à :

$$E_{\text{cogen}} = P_{\text{Ecogen}} \times U_{\text{cogen}} \text{ [kWh}_e\text{]} \quad \text{(formule E)}$$



CALCULER LA RENTABILITÉ DE VOTRE PROJET DE COGÉNÉRATION



La cogénération apporte de nombreux avantages à son propriétaire, tant du point de vue économique, que du point de vue social et environnemental. Mais, in fine, c'est la rentabilité d'un tel projet de cogénération qui guidera souvent la décision.

Outre la satisfaction d'une partie de vos besoins de chaleur, une unité de cogénération permet de produire une partie de l'électricité nécessaire à votre établissement. Cette électricité ne devra donc plus être achetée à votre fournisseur. La différence entre le coût de l'électricité produite par l'unité de cogénération et le gain sur la facture d'électricité constitue le gain net. En divisant l'investissement initial, primes déduites, par ce gain net, vous obtenez un temps de retour simple d'un projet de cogénération.

Nous allons à présent parcourir ensemble **les 4 étapes du calcul de la rentabilité** d'un projet de cogénération.

ETAPE 1 : DÉTERMINER LE GAIN DU kWh_e PRODUIT PAR L'UNITÉ DE COGÉNÉRATION

Le propriétaire d'une unité de cogénération devient éligible si sa production d'électricité est supérieure à la moitié de ses besoins électriques. Cette éligibilité lui permet de négocier, sur le marché libéralisé de l'électricité, tant le prix d'achat de l'électricité supplémentaire dont il a besoin que le prix de vente de celle qu'il livre au réseau.

Dans le cadre de cette étude de pré-faisabilité, nous allons, par facilité, considérer **les tarifs électriques actuellement recommandés par le Comité de Contrôle de l'électricité et du gaz**. Ainsi, le lecteur pourra estimer la rentabilité réelle selon le prix qu'il aura pu obtenir, après installation de la cogénération, par rapport à cette référence. Plus le prix d'achat au réseau est bas et plus le prix de revente est élevé, plus la rentabilité d'un projet de cogénération sera importante.

Généralement, le tarif électrique qui vous est appliqué est le tarif haute tension binôme A éclairage, voire, dans certains cas rares, le tarif haute tension binôme A force motrice. Certains ont cependant choisi le tarif horo-saisonnier.

Pour rappel, en première estimation, **nous supposons que le propriétaire d'une unité de cogénération consomme en interne toute l'électricité produite**. Ainsi, le gain que l'on peut attribuer à chaque kWh_e d'électricité cogénéré correspond au prix moyen du kWh_e d'électricité pendant les heures pleines (terme de puissance compris) que vous n'auriez pas dû acheter à votre fournisseur. Ce gain est fourni par le graphique en haut de cette page.

La durée d'utilisation est :

$$U_{\text{kWh}_e \text{ HP}} = \frac{E_{\text{kWh}_e \text{ HP}}}{\text{Pointe}_{1/4 \text{ horaire}}} \quad [\text{h}]$$

(formule F)

où $E_{\text{kWh}_e \text{ HP}}$ = moyenne de la consommation mensuelle d'électricité en heures pleines [kWh_e HP / mois]

$\text{Pointe}_{1/4 \text{ horaire}}$ = pointe quart-horaire de consommation de puissance maximale sur l'année [kW_e]

Les deux courbes délimitent le tarif en fonction de la pointe quart-horaire maximale (de 100 kW_e à 1 000 kW_e).



Plus d'info : Tarification électrique sur http://www.mineco.fgov.be/energy/index_fr.htm

ÉTAPE 2 : LE PRIX DU COMBUSTIBLE ALIMENTANT L'UNITÉ DE COGÉNÉRATION

Classiquement, la chaleur est produite à partir de mazout ou de gaz naturel. La libéralisation du marché du gaz est moins avancée que celle de l'électricité. À moins d'être un très grand consommateur, vous dépendrez toujours des tarifs imposés.

Pour connaître le prix du combustible qui alimentera votre unité de cogénération, il suffit de calculer le coût par kWh_p de mazout ou de gaz naturel à partir de votre facture actuelle. Pour votre information, vous trouverez le tarif en vigueur en mars 2003 dans le tableau ci-dessous.

COMBUSTIBLE FOSSILE	TARIF (MARS 2003)	COÛT HTVA [c€/kWh _p]
Mazout	(pour 2 000 litres min)	2,74 [c€/kWh _p]
Gaz naturel ⁽¹⁾	ND1 (de 9 722 à 146 389 kWh _p /an)	3,04 [c€/kWh _p]
	ND2 (de 146 389 à 976 944 kWh _p /an)	2,80 [c€/kWh _p]
	ND3 (à partir de 976 944 kWh _p /an)	2,18 [c€/kWh _p]

(1) Terme proportionnel, cotisations énergie, OSP et CREG comprises, HTVA, terme fixe non compris

Limites du tarif gaz naturel exprimées en kWh_p. Coût exprimé par kWh_p PCI (1 kWh PCS = 1,1085 kWh PCI)

L'intégration d'une unité de cogénération dans l'installation de chauffage existant aura pour conséquence d'augmenter votre consommation globale de combustible. En effet, en plus de satisfaire vos besoins de chaleur comme auparavant, vous produirez de l'électricité. Il s'agit donc d'évaluer cette surconsommation de combustible, dont le montant devra être déduit du gain sur la facture d'électricité.

Par ailleurs, dans certains cas, cette surconsommation vous permettra de passer à un tarif plus avantageux, permettant ainsi d'encore mieux rentabiliser votre projet de cogénération.



ETAPE 3 : LE PRIX DE VENTE D'UN CERTIFICAT VERT

La vente des certificats verts obtenus par le propriétaire d'une cogénération de "qualité" lui assure un revenu supplémentaire confortable. Cependant, le prix de vente d'un certificat vert est soumis au marché, selon la loi de l'offre et de la demande. Cependant, il existe une fourchette de prix :

- le prix minimum correspond à la valeur de l'aide à la production, égal à 65 € ;
- le prix maximal tient compte de la valeur de la pénalité, fixée à 100 € à partir du 1^{er} juillet 2003, et du taux d'imposition sur le bénéfice des fournisseurs d'électricité. En effet, l'achat d'un certificat vert peut être déduit des bénéfices, contrairement au paiement de la pénalité. Par exemple, pour un taux d'imposition de 34 %, le prix maximum d'un certificat vert pourra être de 134 €.

Le gain supplémentaire apporté par la vente des certificats verts est donné par la formule suivante :

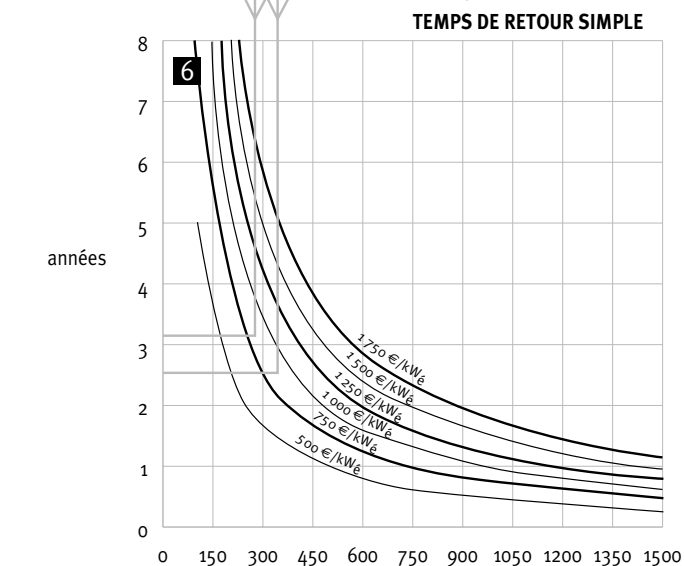
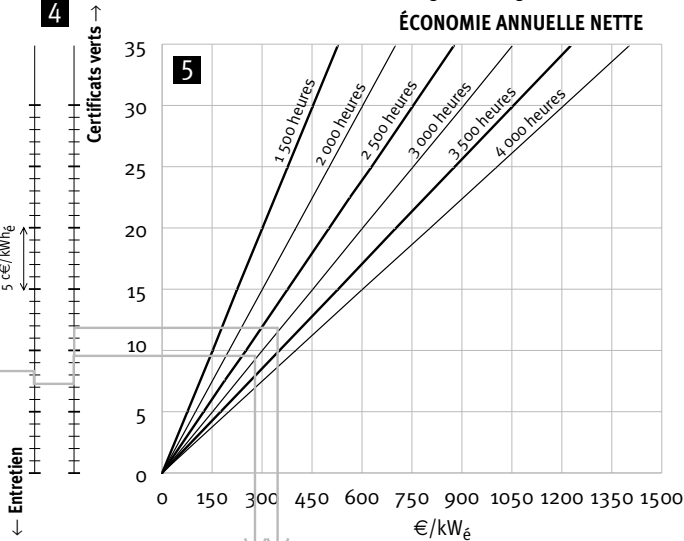
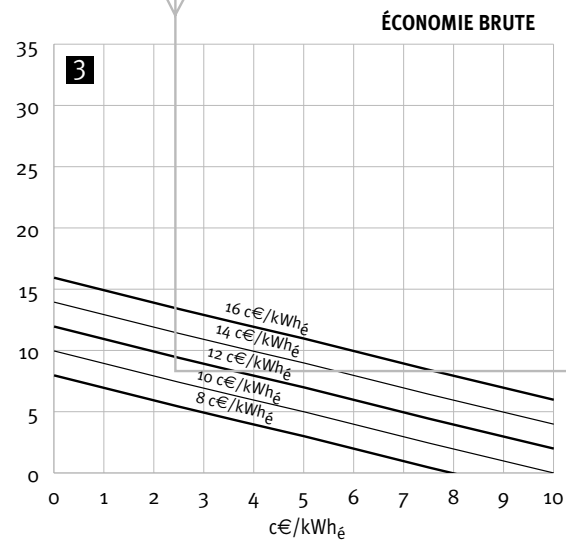
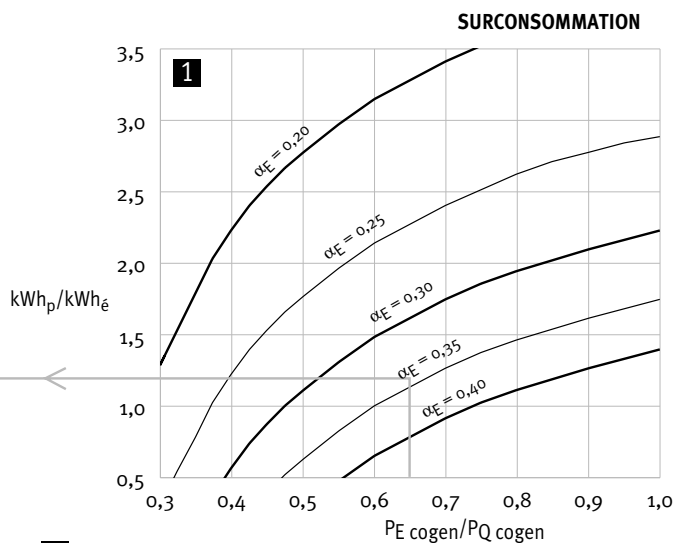
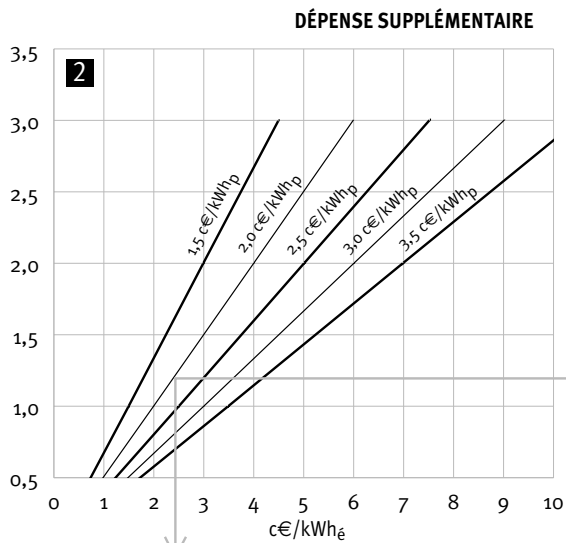
$$\text{Gain}_{cv} = \frac{\tau \times \text{Prix}_{cv}}{10} \quad [\text{c€/kWh}_e] \quad \text{(formule G)}$$

Pour la cogénération au gaz naturel de l'exemple (page 8), avec un taux d'économie de CO₂ de 35 %, ce gain sera de 2,3 c€/kWh_e pour un prix de vente minimum de 65 € ou de 4,7 c€/kWh_e pour un prix de vente maximum de 134€.

ETAPE 4 : ESTIMATION DU TEMPS DE RETOUR SIMPLE

Pour estimer facilement le temps de retour simple d'un projet de cogénération, qui est l'investissement divisé par le gain annuel net, il suffit de parcourir l'abaque ci-contre.

1. lors du pré-dimensionnement, vous avez déterminé les paramètres **P_{Q cogen}**, **P_{E cogen}** et **α_E**. Ces données permettent de connaître la **surconsommation** d'énergie primaire nécessaire pour la production d'1 kWh_e d'électricité. La consommation initiale est destinée à la satisfaction des besoins de chaleur de votre établissement.
2. Selon le prix de cette énergie primaire, vous obtenez la **dépense supplémentaire** nécessaire pour produire 1 kWh_e d'électricité.
3. Cette dépense doit être déduite de ce que vous rapporte la production de ce kWh_e d'électricité avec l'unité de cogénération, pour aboutir à l'**économie brute**.
4. Il faudra également déduire le coût de l'**entretien** et ajouter le gain issu de la vente des **certificats verts** obtenus pour votre cogénération de qualité. Vous obtenez ainsi l'économie nette réalisée avec l'unité de cogénération par kWh_e d'électricité produit.
5. En multipliant cette économie par la durée de fonctionnement de votre unité de cogénération, vous obtenez l'**économie annuelle nette**, exprimée en €/kW_e installé.
6. Finalement, en divisant l'investissement consenti, primes déduites, par l'économie annuelle nette réalisée, vous obtenez le **temps de retour simple** de l'investissement, exprimé en année.

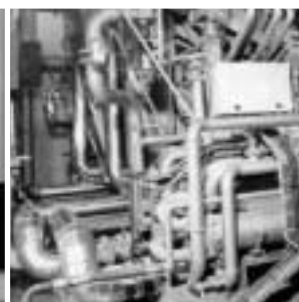


UN EXEMPLE ILLUSTRATIF : UN HOPITAL DE 400 LITS

UN PREMIER DIMENSIONNEMENT DE L'UNITÉ DE COGÉNÉRATION	
Étape 1 :	déterminer votre besoin net de chaleur
	$Q \text{ (PCI)} = 5\,300\,000 \text{ kWh}_p / \text{an}$ (Page 17)
	$Q \text{ non cogen} = 390\,000 \text{ kWh}_p / \text{an}$ (Page 17)
	$URE = 250\,000 \text{ kWh}_p / \text{an}$ (Page 17)
	$\eta \text{ chaufferie} = 90 \%$ (Page 17)
	$BNeC = 4\,194\,000 \text{ kWh}_q / \text{an}$ (formule B, page 17)
Étape 2 :	sélectionner un "profil type" de consommation de chaleur
	Type = D (graphiques pages 18,19)
Étape 3 :	déterminer la puissance thermique de l'unité de cogénération
	$Part_{\text{cogen}} = 0,401$ (tableau page 20)
	$U_Q = 3\,368 \text{ h}$ (tableau page 20)
	$P_{Q \text{ cogen}} = 500 \text{ kW}_q$ (formule C, page 20)
	$U_{\text{cogen}} = 2\,918 \text{ h}$ (tableau page 20)
	$Q_{\text{cogen}} = 1\,457\,089 \text{ kWh}_q / \text{an}$ (formule D, page 20)
Étape 4 :	choisir une unité de cogénération
	$PE_{\text{cogen}} = 325 \text{ kW}_é$ (graphiques pages 22,23)
	Investissement = 880 € / $\text{kW}_é$ (graphiques pages 22,23)
	Entretien = 1,05 c€ / $\text{kWh}_é$ (graphiques pages 22,23)
	$\alpha_E = 0,345$ (graphiques pages 22,23)
	$E_{\text{cogen}} = 1\,094\,600 \text{ kWh}_é / \text{an}$ (formule E, page 23)

CALCULER LA RENTABILITÉ DE VOTRE PROJET DE COGÉNÉRATION	
Étape 1 :	déterminer le gain du $\text{kWh}_é$ produit par l'unité de cogénération
	Pointe $_1 / 4$ horaire = 907 $\text{kW}_é$ (page 24)
	$E_{\text{kWh}_é \text{ HP}} = 170\,000 \text{ kWh}_é \text{ HP} / \text{mois}$ (page 24)
	$U_{\text{kWh}_é \text{ HP}} = 187 \text{ h}$ (formule F, page 24)
	Gain électricité = 10,8 c€/ $\text{kWh}_é$ (graphique page 24)
Étape 2 :	le prix du combustible alimentant l'unité de cogénération
	$Coût_{\text{comb}} = 2,04 \text{ c€/kWh}_p$ (tableau page 25)
Étape 3 :	le prix de vente d'un certificat vert
	$t = 34 \%$ (formule A, page 7)
	Gain $CV_{\text{min}} = 2,2 \text{ c€/kWh}_é$ Gain $CV_{\text{max}} = 4,6 \text{ c€/kWh}_é$ (formule G, page 26)
Étape 4 :	estimation du temps de retour simple
	$P_{E \text{ cogen}} / P_{Q \text{ cogen}} = 0,65$
	Surconsommation = 1,2 $\text{kWh}_p / \text{kWh}_é$ (abaque 1, page 27)
	$Coût_{\text{surcons comb}} = 2,4 \text{ c€/kWh}_é$ (abaque 2, page 27)
	Gain brut = 8,4 c€/ $\text{kWh}_é$ (abaque 3, page 27)
	Gain net min = 9,6 c€/ $\text{kWh}_é$ Gain net max = 11,9 c€/ $\text{kWh}_é$ (abaque 4, page 27)
	Économie annuelle nette min = 279 €/ $\text{kW}_é$ max = 402 €/ $\text{kW}_é$ (abaque 5, page 27)
	Temps retour min = 2,2 année(s) Temps retour max = 3,2 année(s) (abaque 6, page 27)

2^{ÈME} PHASE : L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UNE COGÉNÉRATION



Comme son nom l'indique, une étude de pré-faisabilité donne des ordres de grandeurs qui doivent être précisés par la suite.

En effet, l'étude de pré-faisabilité décrite dans ce guide ne considère pas les contraintes techniques propre à chaque établissement. Par ailleurs, le pré-dimensionnement de l'unité de cogénération est réalisé selon une méthode simplifiée. Finalement, le temps de retour simple de l'investissement est bien une estimation de la rentabilité du projet de cogénération.

La deuxième phase, l'étude de faisabilité d'une cogénération, se doit donc d'être plus précise, pour que le maître d'ouvrage puisse prendre une décision fondée sur des résultats plus fiables. Atteindre un tel degré de précision implique que l'expert se base sur les données propres à votre établissement et sur les informations économiques les plus récentes.

Typiquement, le rapport de l'étude de faisabilité comprend les points suivants :

- une description de la méthodologie suivie ;
- le principe général d'une unité de cogénération ;
- une présentation générale de l'établissement ;
- une estimation des besoins énergétiques (sur base d'une campagne de mesures sur site) ;
- un dimensionnement optimisé du point de vue économique ;
- un bilan de l'opération (énergétique, économique, environnemental et autres impacts) ;
- l'intégration de l'unité de cogénération dans l'installation existante (contraintes et opportunités) ;
- une fiche récapitulative des résultats de l'étude ;

3^{ÈME} PHASE : CHOISIR SON MODE DE FINANCEMENT ET D'EXPLOITATION

Si produire de l'électricité n'est pas votre occupation première et que vous ne désirez pas prendre en charge l'exploitation de votre unité de cogénération, il est tout à fait possible de faire appel à des sociétés spécialisées qui vous proposeront diverses formules.

Les voici brièvement décrites.

1^{ÈRE} FORMULE : LE CONTRAT DE MAINTENANCE ET D'EXPLOITATION

Si vous achetez l'unité de cogénération sur fonds propres ou en recourant au crédit, il vous faudra faire le choix d'une formule d'exploitation.

- Soit vous possédez les compétences techniques pour assurer la totalité des entretiens, tant du point de vue mécanique qu'électrique. Certains fournisseurs proposent des formations.
- Soit vous souscrivez à un contrat de maintenance négocié avec le fournisseur d'équipements. Il existe des couvertures omnium, comprenant une assurance bris de machine, ou des couvertures à la carte où les petites interventions sont à la charge du propriétaire et les entretiens à la charge du fournisseur.

Il est également possible de suivre l'unité de cogénération à distance (modem et communication GSM) avec un dépannage 24 heures sur 24. Certaines formules offrent des garanties de performance portant sur la production d'électricité et de chaleur, la consommation en combustible, la disponibilité de l'unité de cogénération et sur le délai maximum d'intervention en cas de panne.

Ces contrats d'entretien vous demandent parfois de payer anticipativement les entretiens programmés, avec révision des prix sur base de règles fixées à l'avance. Les assurances bris de machine peuvent ou non prévoir une clause de vétusté et une franchise négociable.

Comme dans une telle formule vous être propriétaire dès la construction de l'unité de cogénération, vous pouvez recevoir les aides publiques à l'investissement ainsi que les certificats verts.

2^{ÈME} FORMULE : LE PARTENARIAT AVEC UN FOURNISSEUR D'ÉLECTRICITÉ

À l'opposé, vous pouvez opter pour une formule où vous prenez le moins de risques techniques et financiers possibles, en concluant un contrat de partenariat avec un fournisseur d'électricité. Les conditions de ce contrat sont basées sur les principes suivants (à vous d'en négocier les termes précis) :

- l'unité de cogénération est construite, financée et entretenue par le fournisseur d'électricité ;
- une réduction sur la facture d'électricité et/ou la facture de chaleur vous sera accordée.

C'est sur base de cette réduction tarifaire que vous pouvez espérer faire un gain financier par rapport à vos dépenses actuelles.

Selon une telle formule, vous ne pourrez recevoir ni les aides publiques à l'investissement, ni les certificats verts, qui seront octroyés au propriétaire de l'unité de cogénération, c'est à dire le fournisseur d'électricité. À vous de négocier les conditions financières du partenariat.

3^{ÈME} PHASE : CHOISIR SON MODE DE FINANCEMENT ET D'EXPLOITATION**3^{ÈME} FORMULE : LA SOUS-TRAITANCE POUR LA FOURNITURE DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ**

Une autre formule consiste à accueillir un sous-traitant pour la fourniture de chaleur et d'électricité sur votre site. Cette société assure la totalité des investissements, de l'exploitation et de la maintenance, mais pilotera en fonction de vos besoins et non dans le but de produire de l'électricité délivrée au réseau. Elle est donc propriétaire de l'unité de cogénération. À nouveau, vous ne pourrez recevoir ni les aides publiques à l'investissement, ni les certificats verts, qui seront octroyés au propriétaire de l'unité de cogénération.

La convention liant les deux parties résulte de négociations. Il est donc impossible d'en détailler tous les aspects. Généralement, la société sous-traitante vous assure une réduction sur la facture d'électricité et/ou de chaleur (à vous d'en négocier les termes précis). De votre côté, vous devez fournir une garantie bancaire comme garantie de paiement sur la période du contrat ou vous vous engagez à payer vos factures anticipativement.

Des variantes sont possibles. Si vous réalisez vous-même l'investissement, vous devenez propriétaire de l'unité de cogénération et bénéficiez alors des aides régionales et du régime des certificats verts. La société de sous-traitance vous garantira l'exploitation et le résultat financier et vous accordera des remises plus importantes.

4^{ÈME} FORMULE : LE TIERS INVESTISSEUR

La dernière formule est celle du tiers investisseur, qui effectue la totalité des investissements, prend en charge la maintenance et l'exploitation, et se rémunère sur les gains réalisés lors de l'exploitation. À terme, le tiers investisseur vous remet l'unité de cogénération.

Il s'agit d'un partenariat à long terme, typiquement 10 ans. Cependant, si les conditions du marché permettent un remboursement plus rapide que prévu, il est mis fin à la convention dès que le tiers investisseur a récupéré sa mise. Dans le cas contraire, si les remboursements se révèlent plus long, il n'y a pas de prolongation et la convention se termine au terme prévu.

Comme dans une telle formule vous êtes propriétaire dès la construction de l'unité de cogénération, vous pouvez recevoir les aides publiques à l'investissement ainsi que les certificats verts.



4^{ÈME} PHASE : L'ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE

La 4^{ème} phase d'une démarche de projet, l'étude technique détaillée, qui comprend le cahier des charges et les plans d'implantation de l'unité de cogénération, est effectuée par un bureau d'études spécialisé.

Si vous souhaitez devenir propriétaire d'un unité de cogénération, et ainsi profiter pleinement de tous ses avantages, il est indispensable de réaliser cette étude technique détaillée avant de faire appel à un fournisseur d'équipement (1^{ère} formule d'exploitation). Pour rappel, les certificats verts, qui apportent un revenu confortable, ainsi que les subsides, ne sont octroyés qu'au propriétaire.

Par contre, si vous ne désirez pas prendre de risques financiers ou que vous ne voulez pas vous occuper du suivi de votre unité, vous pouvez opter pour l'une des 3 autres formules d'exploitation. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de faire appel à un bureau d'études pour élaborer le cahier des charges et les plans. L'étude de faisabilité est suffisante pour négocier vos tarifs avec les différents fournisseurs d'énergie et/ou tiers-investisseurs ayant répondu à votre appel d'offres.



CONCLUSIONS

LA COGÉNÉRATION EST UNE TECHNOLOGIE D'AVENIR !

Elle s'intègre aisément dans tout établissement possédant des besoins de chaleur et d'électricité importants. En outre, elle procure de nombreux avantages à son propriétaire, que ce soit en terme de réduction de la facture d'achat d'électricité ou de réduction des émissions de CO₂. Tout investissement supplémentaire, synonyme de création d'emplois, doit cependant pouvoir se justifier d'un point de vue économique. C'est l'objet de ce guide de pré-faisabilité : réaliser un premier dimensionnement de l'unité de cogénération pour ensuite estimer un temps de retour simple.

La méthodologie proposée est aisée sans pour autant être simpliste. Elle a été testée et adaptée en fonction des nouvelles opportunités. Elle vous donne une bonne estimation de la rentabilité d'une unité de cogénération. À ce stade, vous pouvez décider si oui ou non passer à la seconde étape est intéressant.

La deuxième étape, l'étude de faisabilité, à pour objectif de valider ces premiers résultats en fonction de la configuration propre de votre établissement. C'est sur base de cette validation, fiable et objective, que vous pourrez opter en connaissance de cause pour la cogénération.

Deux cas de figures s'offriront alors à vous :

- soit vous préférez bénéficier d'une réduction sur votre facture énergétique, sans vous soucier du bon fonctionnement de l'unité de cogénération ;
- soit vous souhaitez avoir la totale maîtrise de l'investissement pour bénéficier de gains plus importants.

De ce choix dépendra le mode de financement de votre projet.

LA COGÉNÉRATION EST UNE TECHNOLOGIE À PROMOUVOIR !

D'un point de vue global, la cogénération contribue activement à une politique pour la maîtrise durable de l'énergie. Par son économie d'énergie primaire significative, elle permet de réduire la dépendance énergétique de la Wallonie vis-à-vis des pays étrangers. D'autre part, cette technologie permet de réduire les émissions de CO₂ pour la production d'une même quantité de chaleur et d'électricité, et contribue ainsi à satisfaire les engagements de la Belgique pris à Kyoto.

C'est donc tout naturellement que la Région wallonne veut promouvoir et soutenir les projets de cogénération. Pour rappel, l'objectif fixé est de 20 % d'électricité produite à partir de cogénération de qualité en 2010, contre 3,4 % actuellement. Outre la mise à disposition gratuite d'un facilitateur en cogénération, destiné à accompagner vos premiers pas, la Région wallonne a mis sur pied le mécanisme de certificats verts, qui apportent un revenu supplémentaire confortable au propriétaire d'une cogénération de qualité. Par ailleurs, les subsides octroyés permettent à cette technologie d'être rapidement rentable.

Un dernier mot, lancez-vous !

FICHE RÉCAPITULATIVE (À PHOTOCOPIER)

UN PREMIER DIMENSIONNEMENT DE L'UNITÉ DE COGÉNÉRATION

Étape 1 :	déterminer votre besoin net de chaleur
Q (PCI) =	kWh _p / an (Page 17)
Q non cogen =	kWh _p / an (Page 17)
URE =	kWh _p / an (Page 17)
η chaufferie =	% (Page 17)
BNeC =	kWh _q / an (formule B, page 17)
Étape 2 :	sélectionner un "profil type" de consommation de chaleur
Type =	(graphiques pages 18,19)
Étape 3 :	déterminer la puissance thermique de l'unité de cogénération
Part cogen =	(tableau page 20)
U _Q =	h (tableau page 20)
P _{Q cogen} =	kW _q (formule C, page 20)
U _{cogen} =	h (tableau page 20)
Q _{cogen} =	kWh _q / an (formule D, page 20)
Étape 4 :	choisir une unité de cogénération
P _{E cogen} =	kW _é (graphiques pages 22,23)
Investissement =	€ / kW _é (graphiques pages 22,23)
Entretien =	c€ / kWh _é (graphiques pages 22,23)
α _E =	(graphiques pages 22,23)
E _{cogen} =	kWh _é / an (formule E, page 23)

CALCULER LA RENTABILITÉ DE VOTRE PROJET DE COGÉNÉRATION

Étape 1 :	déterminer le gain du kWh_é produit par l'unité de cogénération	
Pointe 1 / 4 horaire =	kW _é (page 24)	
E _{kWh_é HP} =	kWh _é HP / mois (page 24)	
U _{kWh_é HP} =	h (formule F, page 24)	
Gain électricité =	c€/kWh _é (graphique page 24)	
Étape 2 :	le prix du combustible alimentant l'unité de cogénération	
Coût _{comb} =	c€/kWh _p (tableau page 25)	
Étape 3 :	le prix de vente d'un certificat vert	
t =	% (formule A, page 7)	
Gain _{CVmin} =	c€/kWh _é Gain _{CVmax} =	c€/kWh _é (formule G, page 26)
Étape 4 :	estimation du temps de retour simple	
P _{E cogen} / P _{Q cogen} =		
Surconsommation =	kWh _p / kWh _é (abaque 1, page 27)	
Coût _{surcons comb} =	c€/kWh _é (abaque 2, page 27)	
Gain brut =	c€/kWh _é (abaque 3, page 27)	
Gain net min =	c€/kWh _é Gain net max =	c€/kWh _é (abaque 4, page 27)
Économie annuelle nette min =	€/kW _é max =	€/kW _é (abaque 5, page 27)
Temps retour min =	année(s) Temps retour max =	année(s) (abaque , page 27)

POUR EN SAVOIR PLUS

CD ROM "LES PETITES ET MOYENNES INSTALLATIONS DE COGÉNÉRATION"

Institut Wallon pour le compte de la DGTRE, 1ère édition octobre 2002



"PLAN POUR LA MAÎTRISE DURABLE DE L'ÉNERGIE"

Région wallonne, mars 2002, à commander gratuitement à partir du site portail Energie de la Région wallonne



SITE PORTAIL ÉNERGIE DE LA RÉGION WALLONNE

<http://energie.wallonie.be>

COGENSUD ASBL "FAVORISE LE DÉVELOPPEMENT DE LA COGÉNÉRATION"

Bld Frère Orban 4,
5000 Namur
Tél. : 081 25 04 80
Internet : www.cogensud.be
Email : cogensud@cogensud.be

UNE BROCHURE D'INFORMATION SUR TOUS LES ASPECTS ÉNERGIE EN WALLONIE

le REactif, à commander gratuitement à partir du site portail Energie de la Région wallonne



"LE RÉGIME DES CERTIFICATS VERTS DANS LE CADRE DE L'OUVERTURE DU MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ EN WALLONIE"

CwaPE, Avenue Gouverneur Bovesse 103-106, 5100 Jambes
Tél. : 081 33 08 10
Internet : www.cwape.be

Réalisation :

**Ismaël Daoud,
Institut Wallon asbl
Boulevard Frère Orban, 4
5000 Namur**

Pour le compte de :

**Ministère de la Région wallonne
Direction Générale des Technologies, de la Recherche et
de l'Énergie (DGTRE)
Avenue prince de Liège, 15
5100 Jambes**

Diffusion :

**DGTRE – Division de
l'Énergie**



Photo Treco



mars 2003