

# Efficacité énergétique dans l'industrie

## Audit énergétique

24-27 novembre 2014, Tunis, Tunisie

 **renac**  
renewables academy

En coopération avec:



Soutenu par:



[www.renac.de](http://www.renac.de)

# Ordre du jours

1. Quelques définitions
2. Stratégies opérationnelles
3. Préparation
4. Audit sur place
5. Analyse et évaluation
6. Rapport
7. Faisabilité technique et économique

ORDRE DU  
JOURS

## Management (gestion) de l'énergie

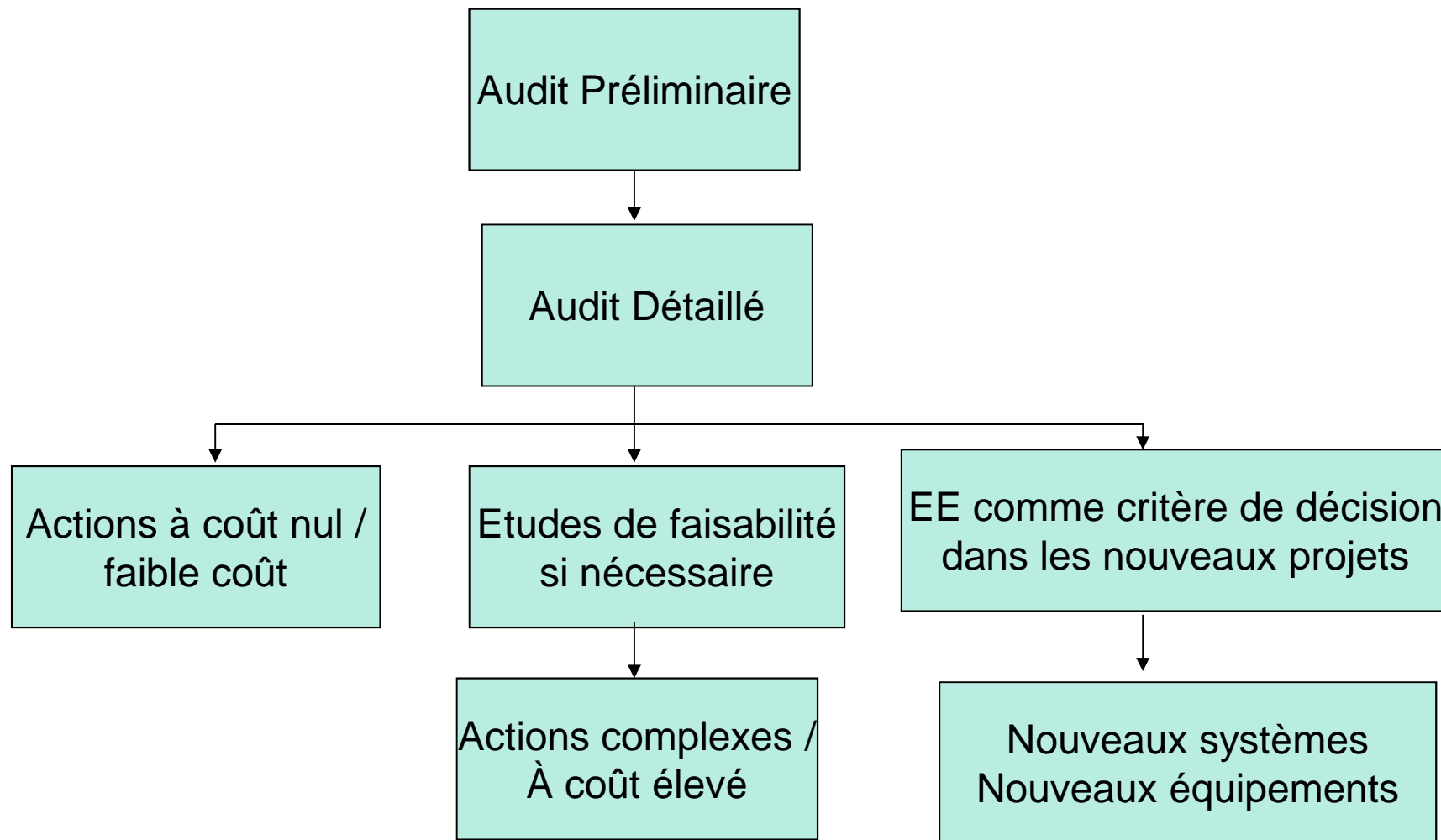
- **Le management de l'énergie** est l'instrument primordial pour atteindre l'efficacité énergétique du secteur industriel et tertiaire
- « L'utilisation judicieuse et efficace de l'énergie pour maximiser les profits et améliorer sa compétitivité."  
(Cape Hart, Turner et Kennedy dans l'article intitulé « Guide to energy management »)
- « Stratégie d'ajustement et d'optimisation de la consommation d'énergie: l'objectif est de réduire l'apport énergétique pour les systèmes de transformation et traitement du produit, tout en maintenant ou en réduisant le coût total du produit fini »

*Assurez-vous que tous les utilisateurs des systèmes énergétiques au sein de l'organisation soient alimentés en énergie, au moment nécessaire, dans la forme adaptée, au coût le plus compétitif possible, et que l'énergie approvisionnée soit utilisée de la manière la plus efficace possible*

## Rôle de l'audit énergétique

- Fournir l'information aux décideurs permettant de fonder les décisions en matière d'énergie
- Evaluer les consommations et les coûts énergétiques des principaux postes de consommation et les principales sources de pertes et d'inefficience
- Identifier et évaluer les potentiels et les actions d'Efficacité Energétique
  - Actions à coût nul ou coût très faible: maintenance, procédures, points de consigne, etc.
  - Actions à temps de retour acceptable pour l'entreprise
  - Actions à temps de retour plus long: pas immédiatement faisables mais à prendre en compte dans les décisions futures
- Dans la mesure du possible, l'audit doit proposer une organisation des recommandations en un Plan d'Action, incluant un Système de Management de l'Energie (Energy Management System): préparation du long terme

- L'audit énergie est reconnu utile dans tout pays volontariste en matière d'efficacité énergétique
- Souvent promu par les autorités et aidé (subventions)
- Avec des audits groupés par secteur par ex
  - Economie d'échelle, recours à des spécialistes du secteur, partage d'information,
  - Comme première étape pour définir des Accords Volontaires Négociés
- L'audit est utilement complété par quelques jours du consultant / auditeur pour assurer le suivi
- Question de l'audit obligatoire ou volontaire
- Deux documents normatifs pour vous aider à mettre en place ou suivre un audit énergie:
  - ISO 50002: définit l'audit au sens de la norme ISO 50001: Systèmes de Management de l'Energie
  - Norme EN 16247: pour application des audits obligatoires des grands consommateurs (directive Efficacité Energétique)

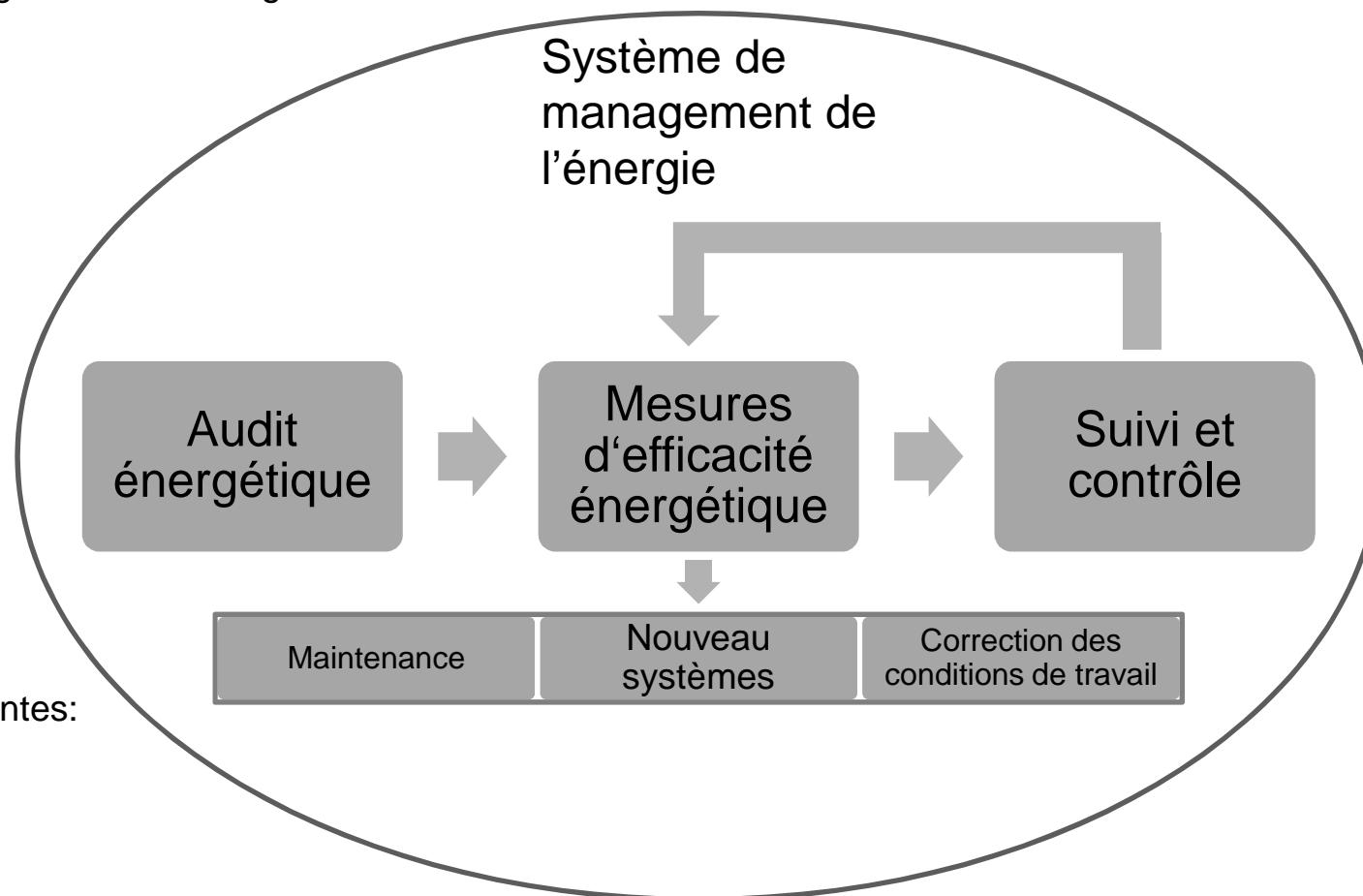


## Rôle de l'audit énergétique – Audit préliminaire

- Le périmètre et le niveau de détail de l'audit doivent être adaptés aux besoins, aux priorités et aux enjeux économiques.
- Un audit préliminaire (ou audit de premier niveau, ou pré-diagnostic, etc) peut être réalisé sans campagne de mesure, sur la base de l'information disponible
- Contenu:
  - Etablissement d'un premier bilan des consommations d'énergie
  - Première analyse des divers postes de consommation
  - Identification des équipements / systèmes / ateliers prioritaires
  - Définition du contenu de l'étape suivante (audit détaillé)
- L'audit préliminaire permet donc de focaliser l'audit détaillé sur les priorités permettant une optimisation économique de la démarche.

## Quelques définitions

L'audit énergétique est l'élément clé d'une approche systématique en matière de prise de décisions dans le domaine du management de l'énergie:



- Trois approches différentes:
  1. Remèdes rapides
  2. Projets énergétiques
  3. Management énergétique détaillé



## Stratégies opérationnelles: remèdes rapides

- Les « remèdes rapides » sont des activités engendrant simplement des **réduction occasionnelles de la consommation énergétique**. Celles-ci sont généralement des mesures d'efficacité énergétique non coordonnées, coutant peu ou bien même gratuites: elles ne nécessitent pas d'étape analytique ou de plan d'action.
- Quelques exemples seraient le remplacement de l'isolation thermique de fenêtres, l'installation de minuteurs pour les systèmes lumineux et de conditionnement, l'utilisation de composants hautement efficaces en énergie etc..
- Des bénéfices économiques significatifs (surtout dans le cas de bâtiments ou installations de conception datée) peuvent être atteints mais ceux-ci sont minimes comparés au maximum atteignable à travers des actions de management énergétique intégrées.

- Les Projets Énergétiques sont une **réduction systématique de la consommation d'énergie**. Comparé à la méthode précédente, celle-ci peut atteindre des résultats bien plus importants. Une phase d'analyse devrait être entreprise pour identifier les opportunités de réduction les plus significatives.
- Généralement, cette approche est basée sur une analyse ou bien une revue plus ou moins détaillée telle que des **Audits Énergétiques**

*Un Audit Énergétique est une inspection, un sondage et une analyse des flux énergétiques pour la conservation d'énergie d'un bâtiment, processus ou système pour réduire la quantité d'apport énergétique dans un système sans en impacter négativement le(s) produit(s):*

- *Audit préliminaire (« walk through audit »);*
- *Audit énergétique détaillé/général;*
- *Audit « Niveau-Investissement ».*

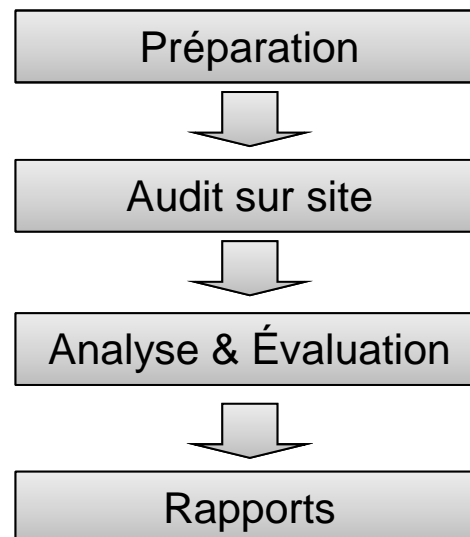
- Le **Programme global de Management Énergétique** est l'approche finale et la plus complète pour instaurer l'efficacité énergétique dans une organisation. C'est un véritable système de management.
- Cette approche nécessite comme étape fondamentale l'introduction d'un **suivi, contrôle et d'une réduction continue** de la consommation d'énergie.
- La tendance est de définir des modèles de systèmes de Management Énergétique, lesquels offrent une ligne directrice pour l'organisation tout en permettant d'obtenir la **certification** pour tirer parti des bénéfices en matière d'image de marque de l'organisation

# Définition du périmètre de l'audit énergétique

- Sources d'énergie: combustibles fossiles, électricité, etc
- "Objet audité":
  - Site entier et toutes énergies
  - Ou focus sur une forme d'énergie
  - Ou sur un atelier ou équipement
  - Utilités vs procédés
- Qui est capable de réaliser un audit? Selon le périmètre considéré:
  - Grand nombre de compétences requise
  - Question de la connaissance du procédé
- Evolution récente du marché vers des spécialistes par utilités (froid, air comprimé, etc.)

# Analyse Énergétique – Objectifs et déroulement

- Objectifs
  - Analyse et évaluation de la structure de la demande en énergie
  - Identification de mesures pour réduire la consommation d'énergie et les coûts énergétiques
- Déroulement:

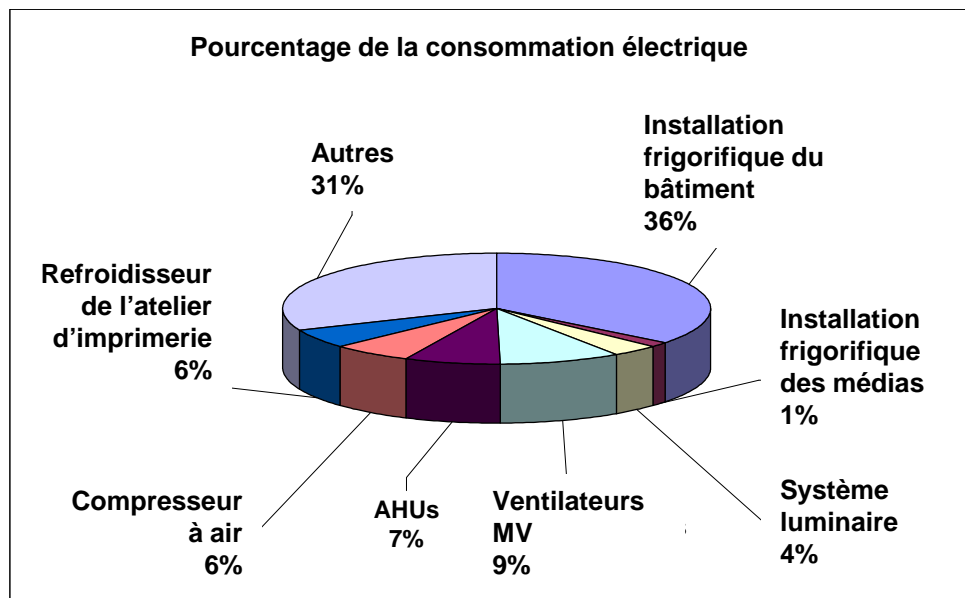
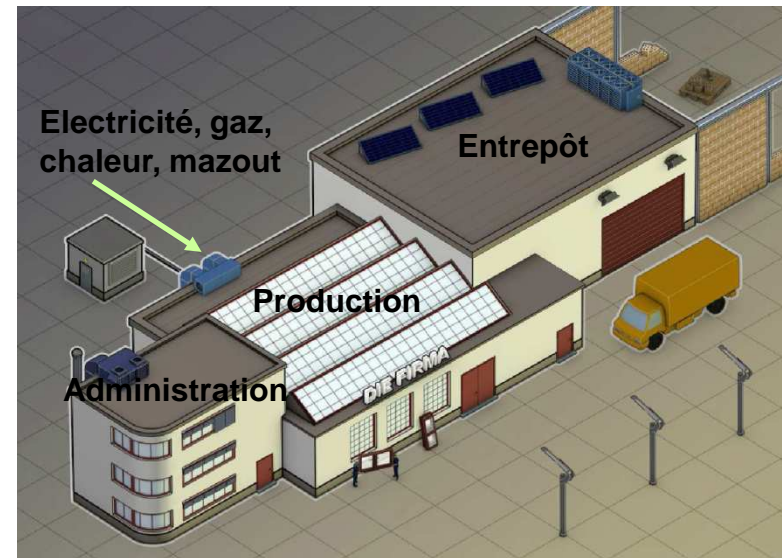


- Utilisation de questionnaires et de listes de vérification (checklists)!
- Information à collecter lors de la phase de préparation :
  - Approvisionnement énergétique selon la moyenne des 2 dernières années (kWh, kW, €/kWh, €)
  - Données d'appareils de mesure existants, compteurs secondaires et rapports de mesures
  - Statistiques énergétiques existantes et rapports énergétiques
  - Rapports précédents
  - Agencement de l'usine
  - Liste des équipements
  - Description du processus de production
  - Données de production
  - Données climatiques

Ces données sont utilisées pour la normalisation, le calcul d'indicateurs et le benchmark

# Audit Énergétique: Objectifs et Déroulement

- Fixer les objectifs:
  - Intensité de la consommation d'énergie
  - Structure de la consommation d'énergie
  - Systèmes de maintenance et équipement de bureau
  - Périmètre du système



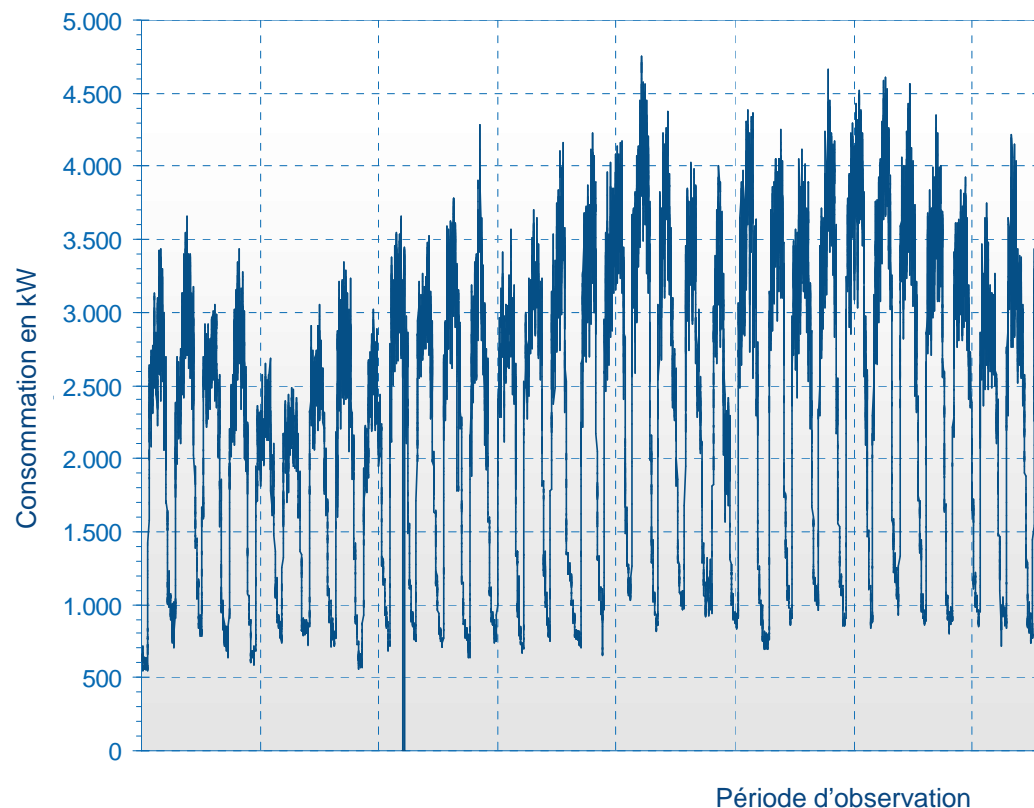
Source: [www.energieagentur.nrw.de](http://www.energieagentur.nrw.de) and EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises

# Préparation: Exemple

- Données provenant de factures

Électricité		2011	2012
Consommation totale	MWh/a		
Production d'électricité (si applicable)	MWh/a		
Prime de puissance majorée	€/kW		
Coût total	€/a		
Prix mixte	€/MWh		
Gaz naturel			
Consommation totale	MWh Hs /a		
Pouvoir calorifique supérieure	kWh Hs / Nm <sup>3</sup>		
Prix de consommation	€/kW		
Coût total	€/a		
Prix mixte	€/MWh Hs		

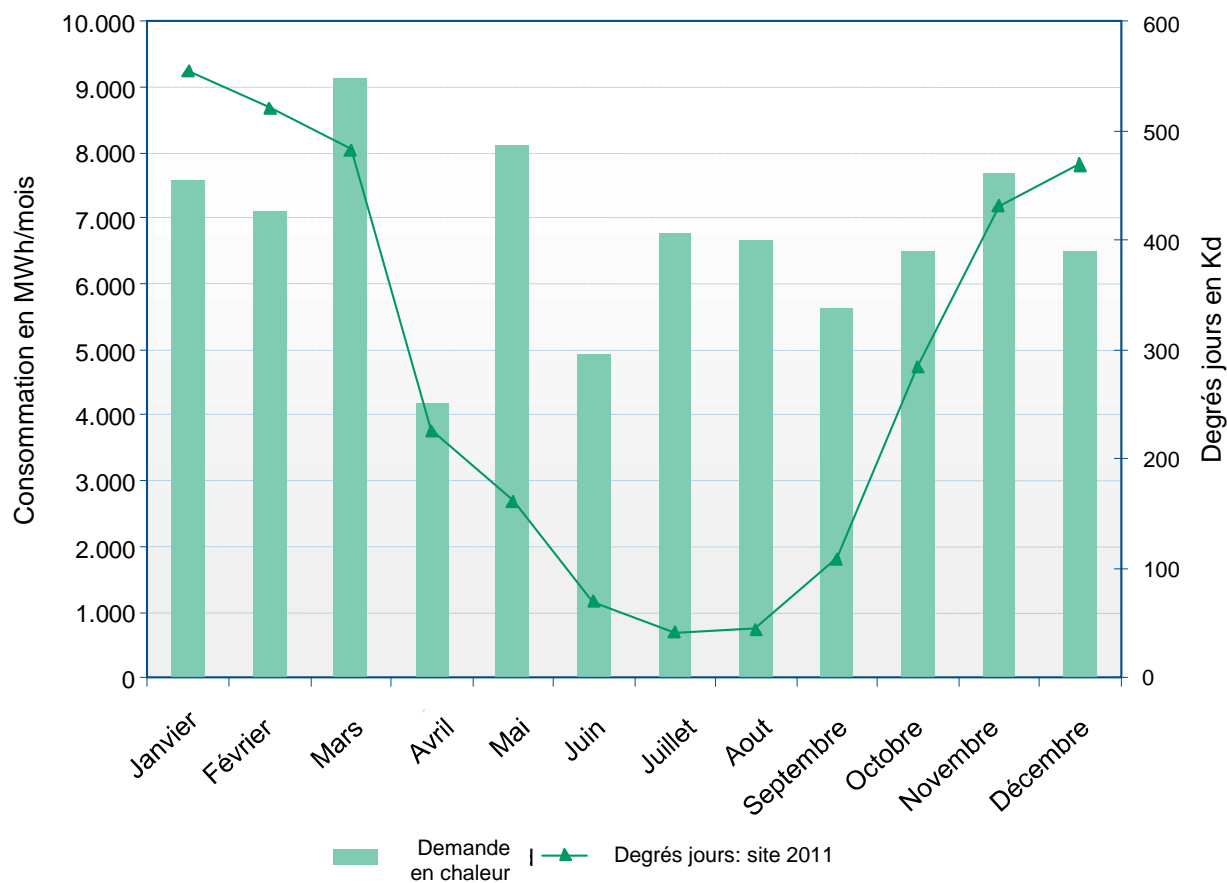
- Données du réseau de suivi: électricité





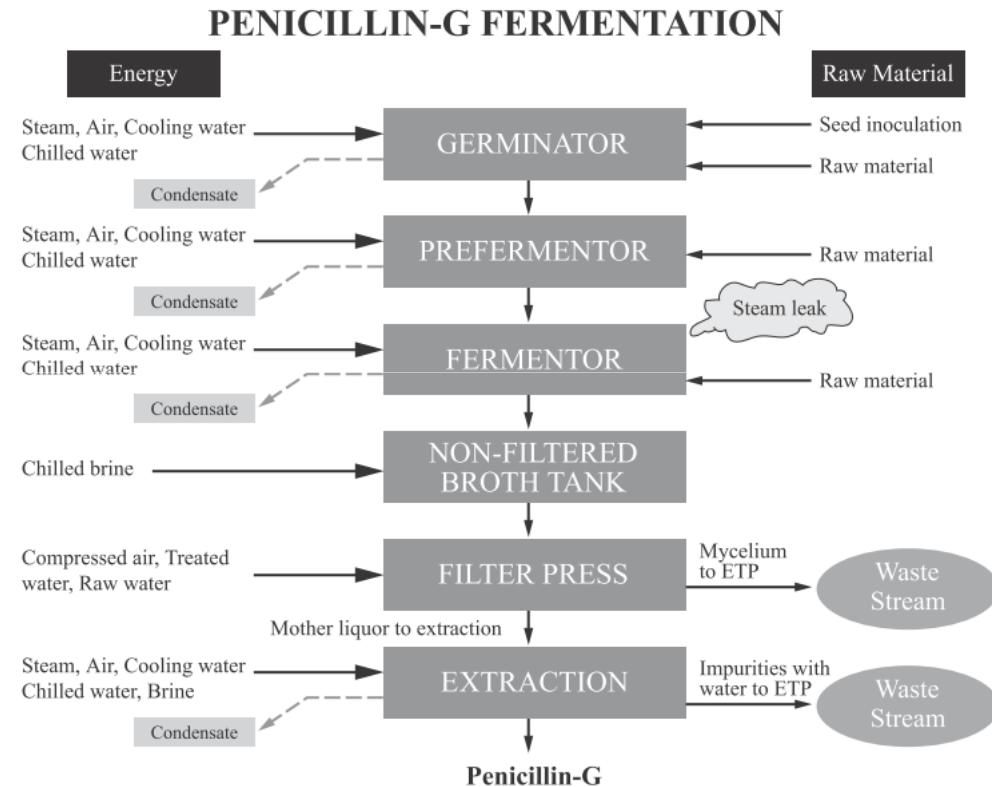
# Préparation: Exemple

- Données liées au climat



# Préparation: Exemple

- Diagramme du flux de processus (production de pénicilline)
- Notez que cet organigramme identifie un flux de déchets (Mycélium) et des pertes énergétiques évidentes telles que l'évacuation de condensat et les fuites de vapeur.
- Le domaine de focalisation de l'audit dépend de plusieurs questions telles que la consommation de matière première, le potentiel d'efficacité énergétique, l'impact de chaque étape sur le processus entier, ou l'intensité de production de déchets/consommation d'énergie. Dans cet exemple de processus, les opérations modulaires telles que germinator, prefermentor, fermentor, et extraction sont les zones identifiées comme offrant les potentiels de conservation majeurs.



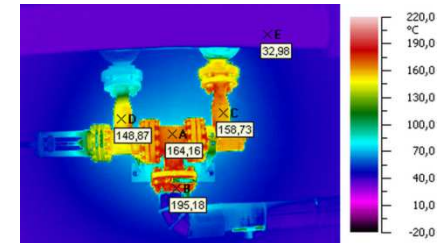
- Objectif
  - Collecte de données supplémentaires
  - Identification de mesures d'économies d'énergie
- Méthodologie
  - Inspection sur place, éventuellement avec documentation photo
  - Interviews avec le personnel, clarifier questions en suspens
  - Si nécessaire, mesures individuelles (observations instantanées)
    - Mesures ponctuelles
    - Si nécessaire, enregistrements sur une période à définir selon les besoins (1h, 1 jour, 1 semaine).
  - Aperçu de la documentation disponible sur le système

- Instrumentation de court-terme pour la collection de valeurs instantanées pour:
  - Recueillir les données manquantes
  - Evaluation de l'opération réelle de l'équipement
- Température (à l'aide d'un thermomètre de surface)
  - Air (air entrée, air sortie)
  - Eau (froide / chaude)
  - Surfaces (tuyauterie / équipements / fours)
- Luminosité (avec luxmètre)
- Mesures électriques (pince ampèremétrique, etc)



- Exemples typiques de mesures temporaires:

- Température



- Camera thermographique: détecte les rayonnements dans le domaine infrarouge du spectre électromagnétique
- Thermomètre: évaluer les températures de surfaces, fluides (infrarouge)
- Mesure ultrason de fuites d'air comprimé
  - Détecteur de fuite par ultrasons



- Exemples typiques de mesures temporaires:

- Longueurs, distances

- Mesureur digital de distance : mesures électronique de distance pour chambres, murs, tuyaux, etc...



- Luminosité

- Luxmètre: instrument portable pour mesurer l'intensité de la luminosité intérieure



- Exemples typiques de mesures temporaires:



- Combustion

- Analyseur de gaz de combustion: analyse de gaz de combustion, composition chimique, température, etc...

- Mesures électriques



- Voltmètre, wattmètre, compteur pour facteur de puissance: instruments pour l'évaluation de la qualité de l'électricité consommée

# Audit sur place: Mesures

- Exemples typiques de mesures temporaires:
  - Dispositif de mesure du flux d'air
  - Dispositif de mesure du flux de liquide
  - Enregistreur de données
  - Test d'infiltrométrie
  - Générateur de fumée



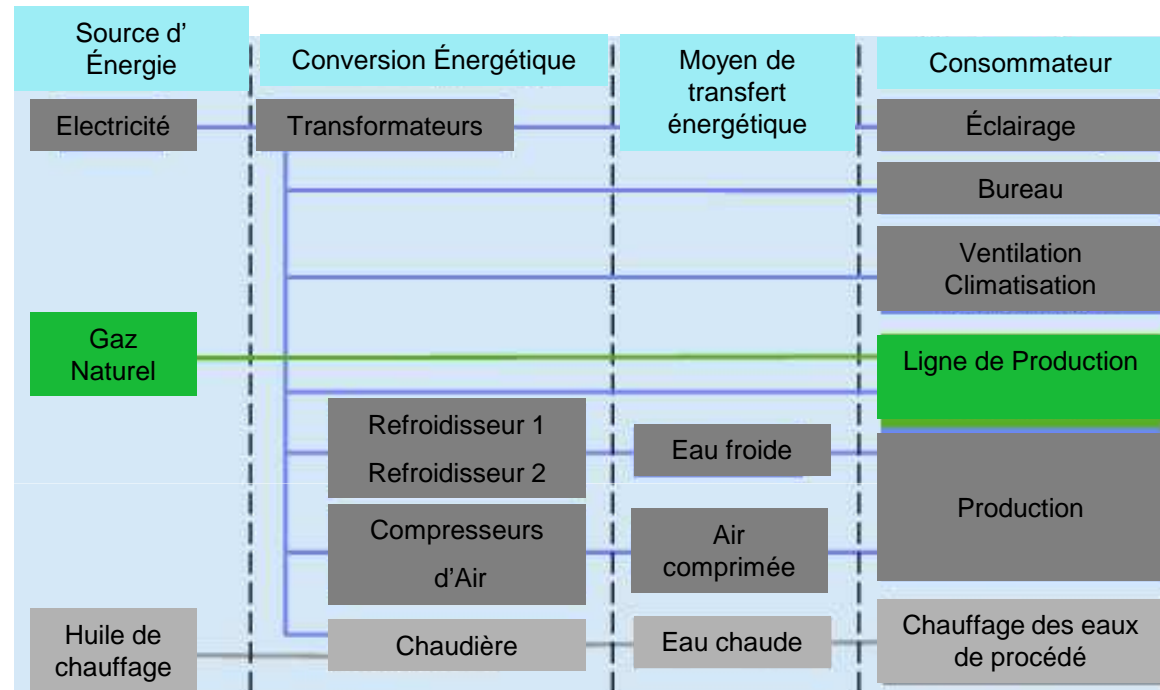


## Analyse & Evaluation: Objectifs

- Diagramme de flux énergétique
- Identifier des économies supplémentaires
- Quantification des économies
  - Économies d'énergie
  - Investissements
  - Analyse économique des mesures et projets

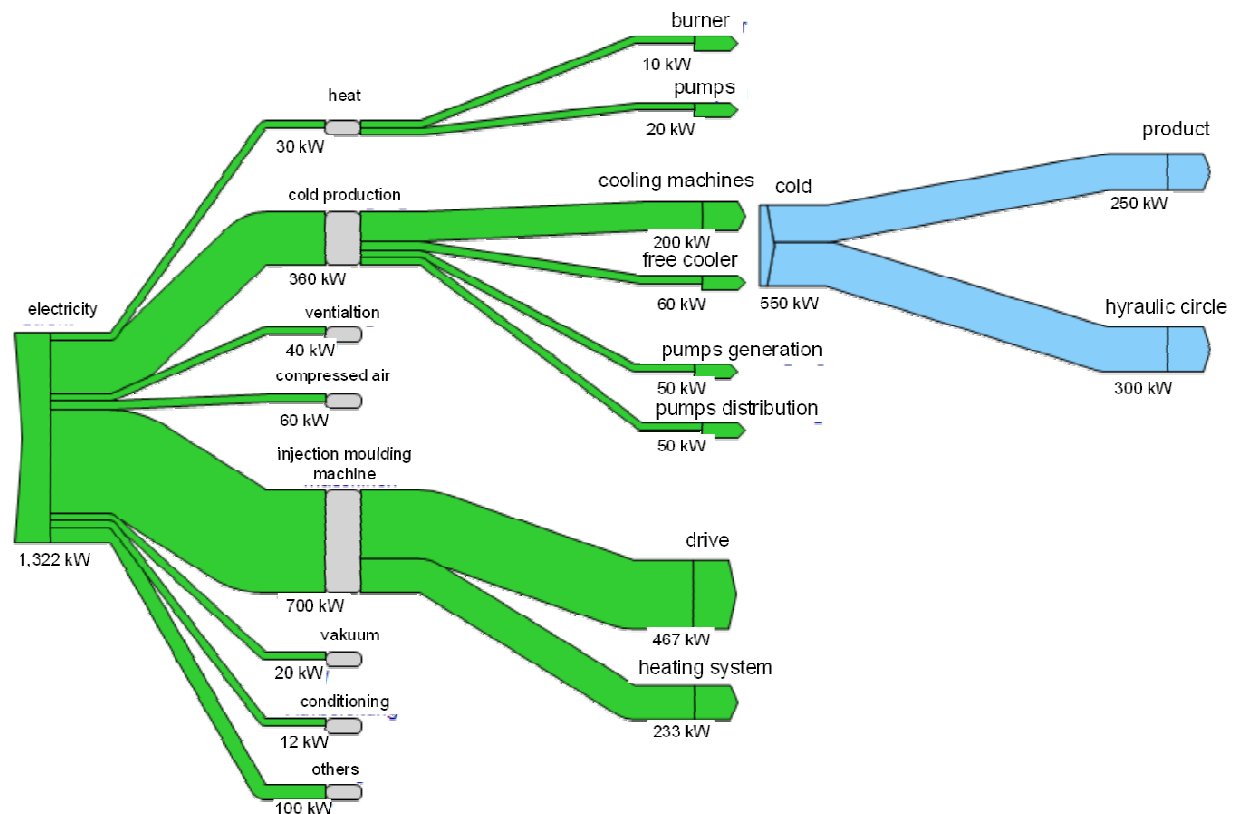
# Analyse & Evaluation: Bilan Énergétique Qualitatif

- Pour un bilan énergétique quantitatif:
- Réduction du déficit d'information en effectuant des mesures, extrapolations ou estimations



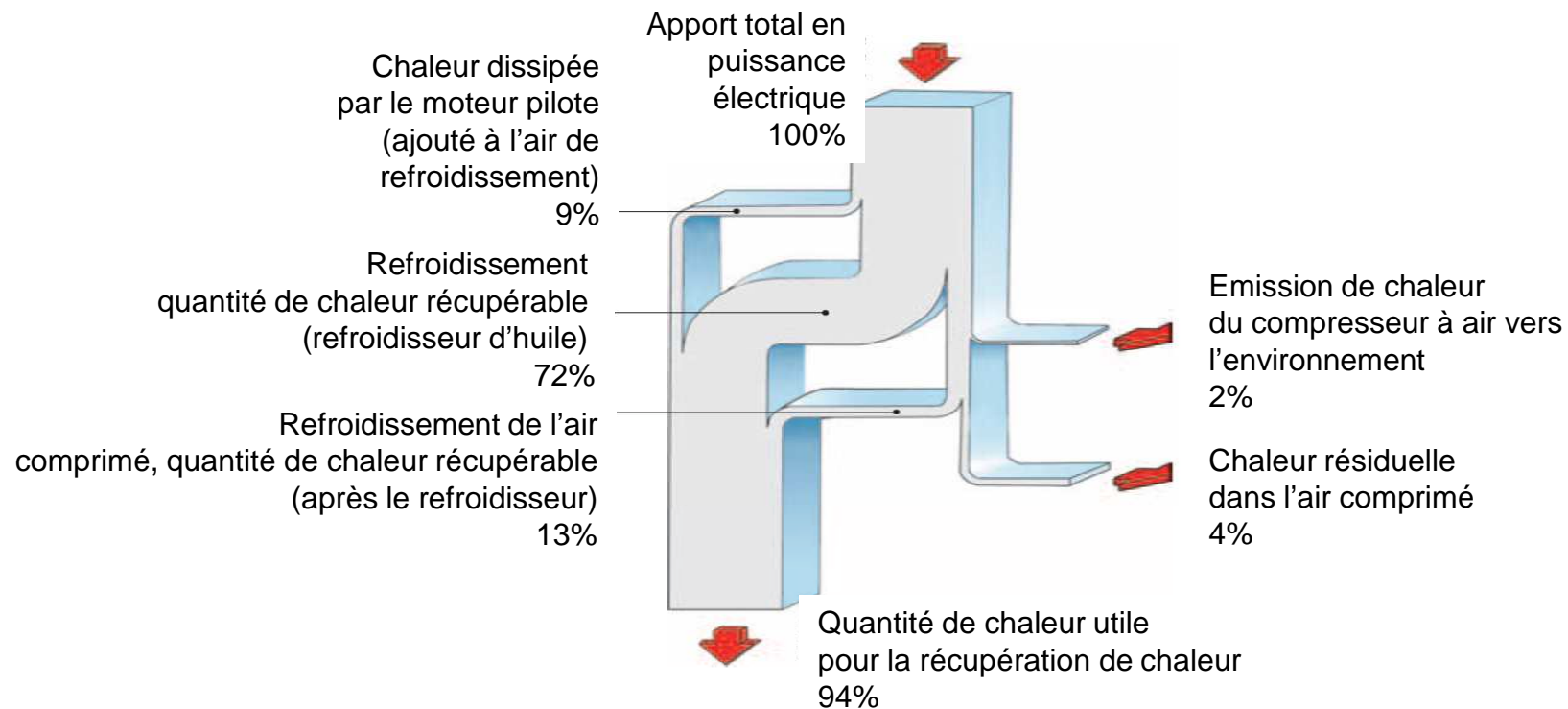
# Analyse & Evaluation: Diagramme Sankey

- Un diagramme Sankey aide à visualiser les flux de masse (ex. énergie, matériaux, etc.)
- Largeur des flèches est proportionnelle à la quantité de flux de masse
- Ex: usine dans son ensemble



# Analyse & Evaluation: Diagramme Sankey

- Ex. Une seule machine (système air comprimé)



# Analyse & Evaluation: Estimation des Consommateurs d'Énergie

- Détermination de la puissance installée. Il manque souvent des informations sur la consommation d'énergie de systèmes individuels (manque de compteurs secondaires et / ou enregistrements)
- Consommation peut être estimée de la manière suivante:
  - Détermination des heures à pleine charge (HPC) d'une usine
  - Exemple: Entrainer un système de ventilation, 20 kW, HPC: 24 h/j · 5 j/Semaine · 50 Semaines/a
  - Consommation:  $20 \text{ kW} \cdot 6.000 \text{ h/a} = 120.000 \text{ kWh/a}$
  - La puissance instantanée du ventilateur peut être mesurée ponctuellement pour plus de précision, sans le recours à un enregistrement sur une longue période.

# Analyse & Evaluation: Estimation des Consommateurs d'Énergie

- Souvent, le nombre d'heures à charge pleine est difficile à déterminer, ex.
  - Avec les compresseurs à air lorsque seul un compteur d'heures est installé
  - Avec les pompes à puissance variable
- Autrement, des estimations peuvent être faites:
  - Détermination de la puissance appelée en charge et en veille ou moyenne
  - Déterminer le nombre d'heure en veille et/ou en fonctionnement
  - Exemple: Entrainer un compresseur à air, puissance appelée: 50 kW, puissance en veille 17 kW
    - Heures de fonctionnement: 2.000 h/a, dont heures de fonctionnement en veille: 600 h/a
    - Consommation:  $50 \text{ kW} \cdot 1.400 \text{ h/a} + 17 \text{ kW} \cdot 600 \text{ h/a} = 80.200 \text{ kWh/a}$

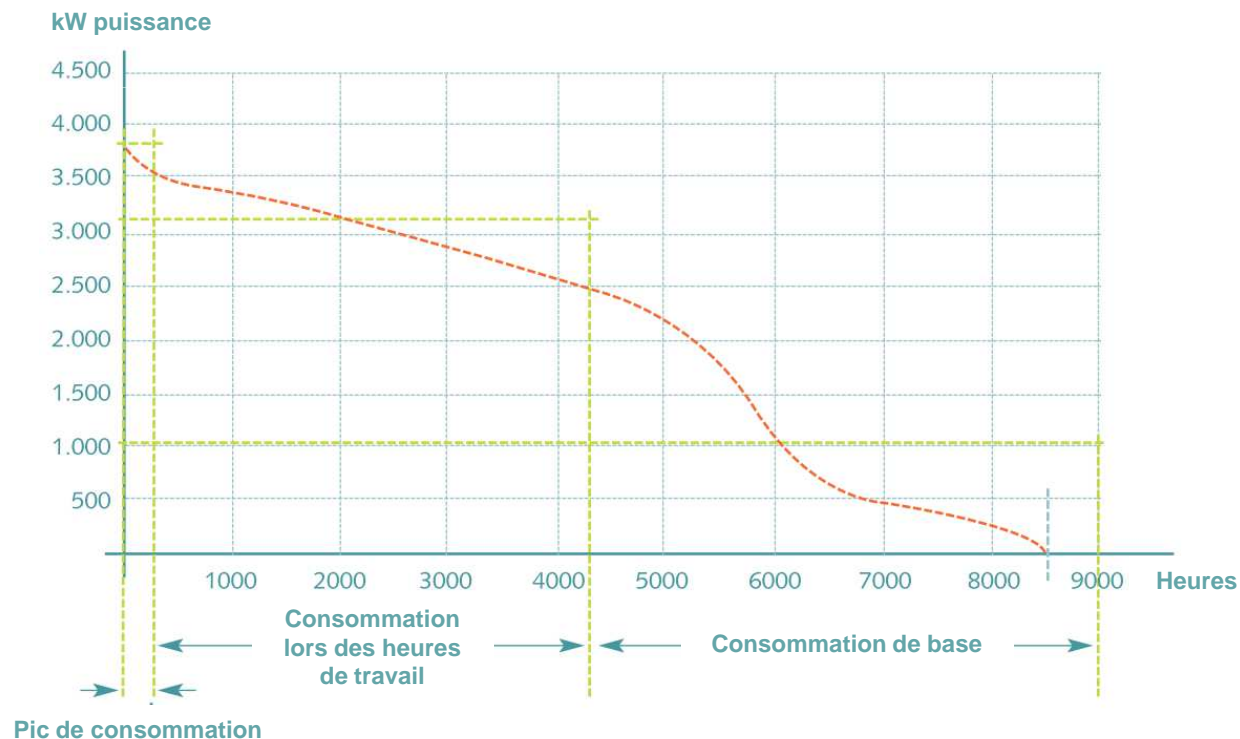
# Analyse & Evaluation: exemple de bilan électrique

- Ex. Bilan électrique dans une usine de transformation de la viande obtenu sans campagne de mesures

	P installée	Temps de Fonctionnement (éq. 100%)	Consommation annuelle	Part dans le bilan électrique
	kW	h/an	kWh/an	%
froid industriel, ventilateurs, pompes	350	3500	1 225 000	55%
climatisation	50	1500	75 000	3%
éclairage	23	4000	92 000	4%
air comprimé	44	2000	88 000	4%
eau chaude	120	1000	120 000	5%
fours résistances	252	1000	252 000	11%
générateurs de vapeur	304	800	243 200	11%
autres équipements de process	150	1000	150 000	7%
<b>Total</b>	<b>1293</b>		<b>2 245 200</b>	<b>100%</b>

# Analyse & Evaluation: courbe de charge

- Demande de puissance max influence les coûts de l'énergie!
- La courbe de charge détermine où se produit le pic de consommation de puissance
- Sur demande, les fournisseurs d'énergie fournissent ces courbes de charge



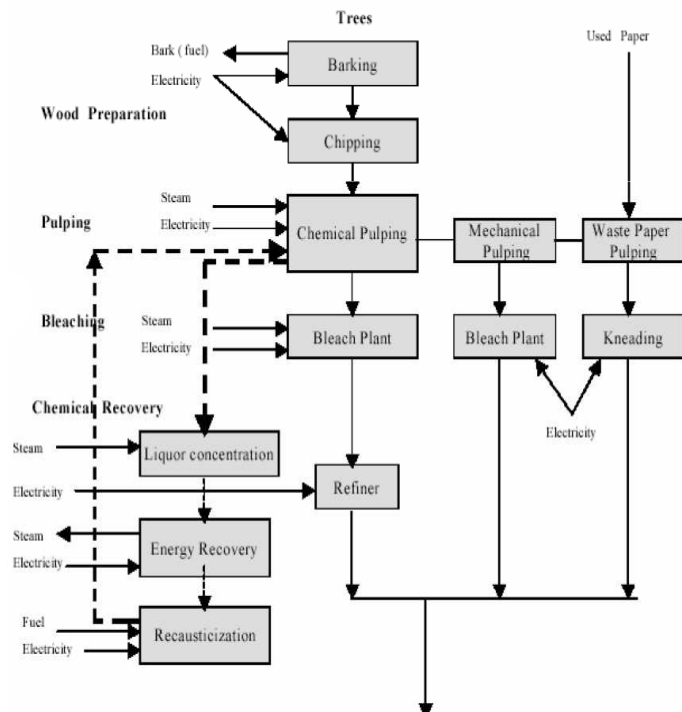


## Analyse & Evaluation: Caractéristiques et chiffres clés

- Indicateurs de performance clés

Caractéristique	Formule	Unité
Consommation totale d'énergie	Absolue	kWh/unité de temps
Consommation spécifique d'énergie	$\frac{\text{Consommation d'énergie en kWh}}{\text{Quantité produite en pièces/m}^2/\text{kg}}$	kWh/unité de production
Intensité énergétique	$\frac{\text{Consommation d'énergie d'un processus en kWh}}{\text{Consommation totale d'énergie en kWh}}$	%
Efficacité de récupération de la chaleur système de ventilation	$\frac{\text{Chaleur récupérée en kWh}}{\text{Chaleur disponible en kWh}}$	%
Efficacité de génération d'air comprimé	$\frac{\text{Quantité d'air comprimée générée en m}^3}{\text{Consommation électrique du compresseur en kWh}}$	m <sup>3</sup> /kWh

- Méthode analytique
  - Le processus est analysé et, pour chaque élément, le bilan énergétique et le bilan masse sont évalués



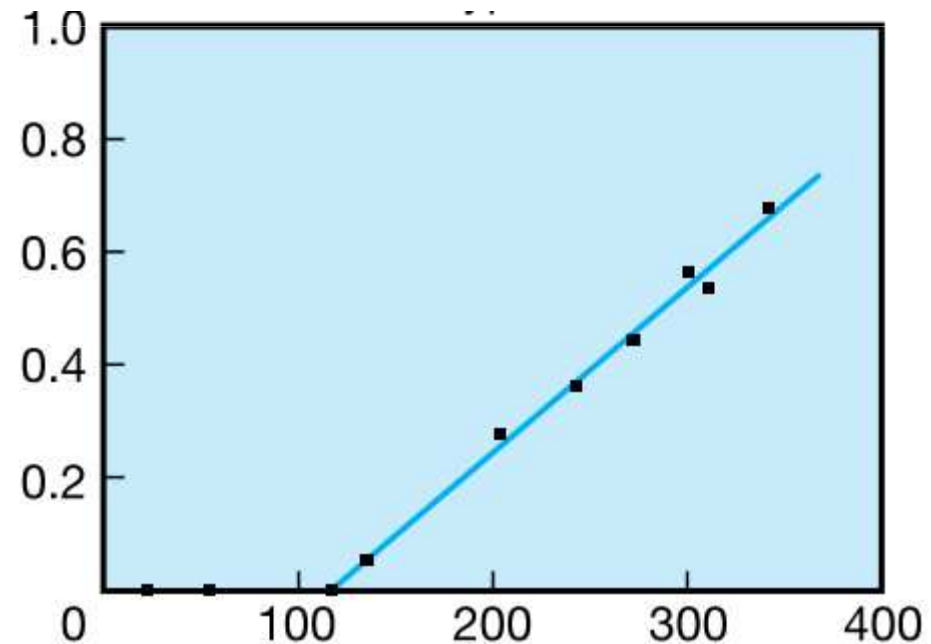
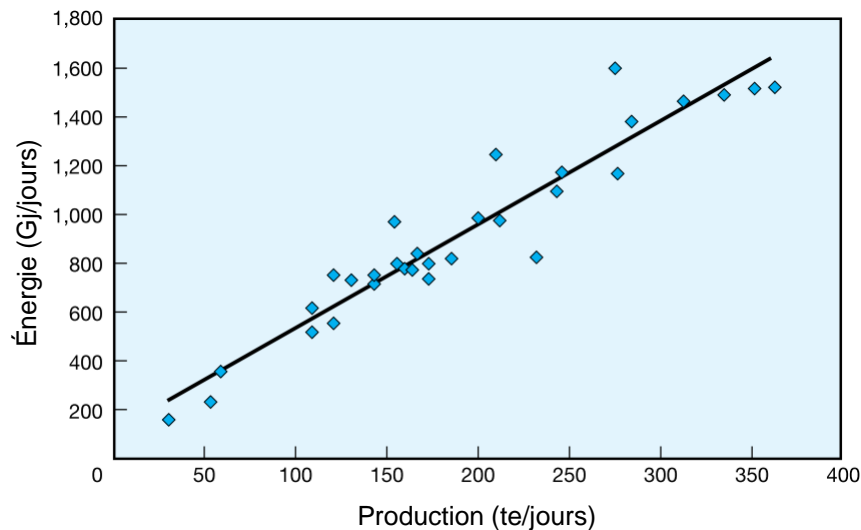
**Table 4.1 Yarn Dyeing Material and Energy Balance (Batch size – 200 kg)**

Step	Process (Cycle time, minutes)	Operation	Time In Min	Measured Cold Water (litre)	Measured Hot Water (litre)	T (°C)	Actual Steam (kg)	Theoretical Steam (kg)	Measured Wastewater (litre)
1	Scouring (120')	Filling water Chemical addition Raise to 100°C Circulation Drain	10 30 15 60 5	-	2000	100	295	260	1865
2	Hot Wash (45')	Filling water Raise to 85°C Circulation Drain	10 15 15 5	-	2000	85	288	200	1902
3	Cold Wash (30')	Filling water Circulation Drain	10 15 5	2000	-	-	-	-	1987
4	Neutralising (30')	Filling water Circulation Drain	10 15 5	2000	-	-	-	-	1991
5	Cold Wash (30')	Filling water Circulation Drain	10 15 5	2000	-	-	-	-	1990

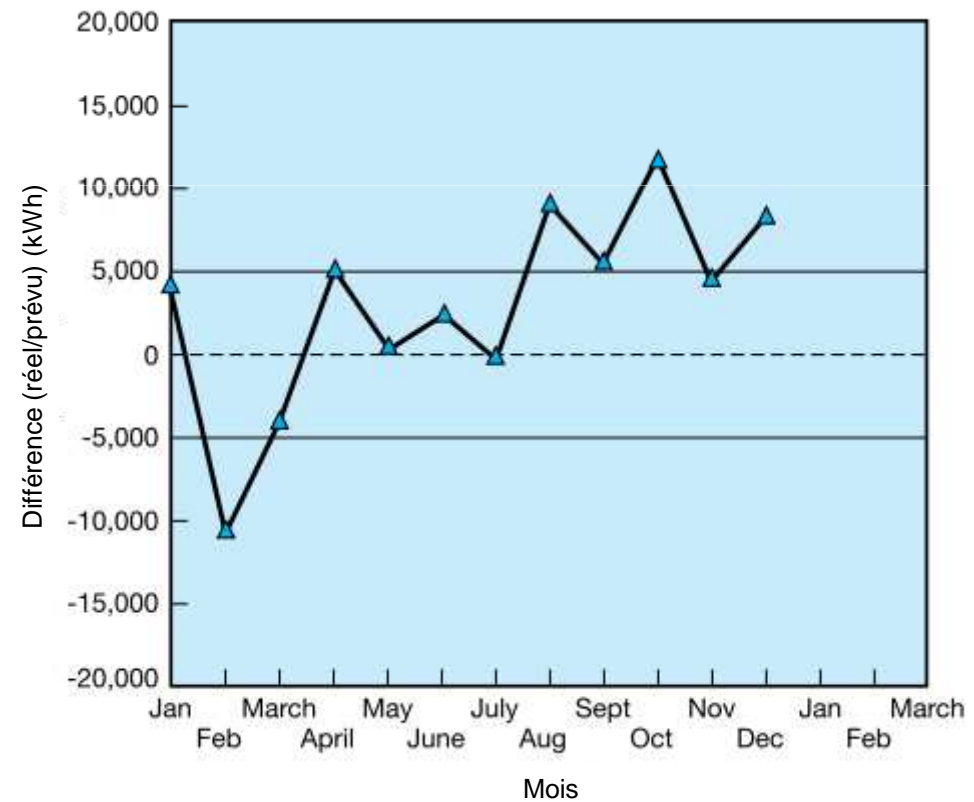
# Analyse & Evaluation: méthode empirique

- Méthode empirique
  - Analyse statistique pour l'identification d'une corrélation entre la consommation d'énergie et d'autres variables ayant une influence sur la consommation énergétique (Facteurs énergétiques déterminants)
  - Les facteurs énergétiques déterminants peuvent être: données de production, conditions météorologiques, température, nombre d'équipes

$$E = E_0 + c \cdot \alpha$$



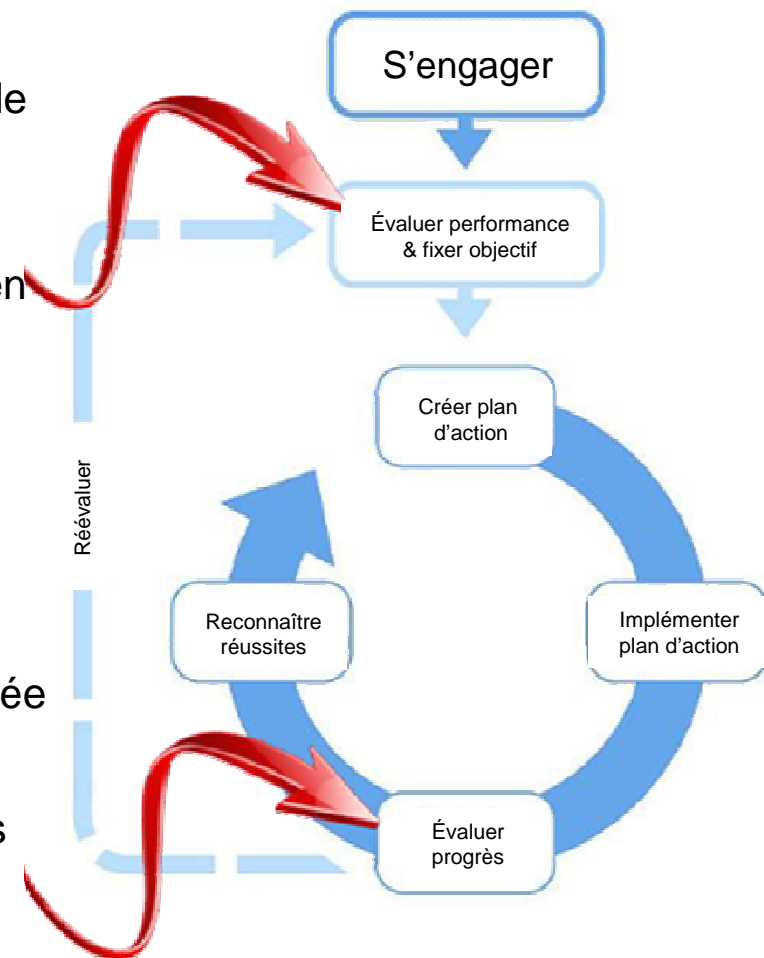
- Méthode empirique
  - L'équation décrivant le système peut être utilisée pour prévoir la consommation d'énergie et les anomalies. Les instruments utilisent le graphique de contrôle (Cusum, Somme Cumulative)



- Études comparatives (benchmarking): processus consistant à identifier et comprendre les différences entre des processus ou organisations similaires. Cela permet aux organisations de mesurer leur performance et de la comparer aux autres, et offre un outil pour renforcer l'amélioration continue de l'efficacité.
  - Indicateurs significatifs pour permettre aux entreprises de comparer leur performance énergétique avec les normes industrielles et les meilleures pratiques actuelles.
- Au cours de la dernière décennie, un nombre d'initiatives ont compilé des données du secteur industriel pour développer des études de benchmark énergétiques de multiples secteurs industriels. De plus, la norme ISO 50001: 2011 exige que les organisations conformes établissent des bases de référence qualifiées — un cliché instantané de l'utilisation énergétique — ce qui servira de mesure contre laquelle la performance en matière d'efficacité sera comparée.

# Analyse & Evaluation: Études de benchmark

- Deux différents types d'études de benchmark sont couramment utilisés:
  - Le rapport entre la consommation d'énergie et l'unité de produit (kWh/unité, kWh/tonne, kWh/clinker, etc...);
  - L'IEE (Index d'Efficacité Énergétique), rapport entre la consommation réelle et la consommation atteignable en appliquant les meilleures pratiques.
- Types d'études de benchmark
  - Interne: compare la performance avec la référence de base ou le repère interne
  - Externe: compare la performance avec un indicateur "extérieur" à l'organisation et identifie la performance liée à la meilleure pratique
- Quantitative: fonction des données; compare les nombres réels
- Qualitative: basé sur la meilleure pratique; compare les activités



## Optimiser l'utilisation de l'équipement:

- Éteindre l'équipement s'il n'est pas nécessaire (cela s'applique à tous les secteurs énergétiques)
- S'adapter aux besoins, contrôler les niveaux et flux
  - Conversion de processus, ex. substitution de l'air ou de la vapeur comprimée
  - Niveaux de température et pression (chauffage, refroidissement, air comprimé)
  - Taux de renouvellement d'air
  - Niveau d'illumination
  - Optimisation du contrôle de processus
    - Ex. Dans une usine textile, on a pu réduire par essais successifs la température des bains de teinture de 70°C à 60°C et même 55°C dans certains cas

## Optimiser la distribution d'énergie:

- Réduction de pertes
- Suppression de fuites (ex. air comprimé)
- Isolation des réseaux de distribution chaud et froid
- Correction du facteur de puissance
- Contrôle des pompes
- Optimisation de l'hydraulique
- Changement de fluide thermique
- Solution centralisée vs. Locale (décentralisée)
- Pertes liées à la production, le stockage, la distribution





## Nouvel équipement d'efficacité énergétique:

- Récupération de chaleur
  - Sources: air d'échappement, processus
  - Méthodes: Bilan énergétique, Analyse Pinch
  
- Moteurs électriques
  - Dimensionner la puissance du moteur selon la demande réelle
  - Utiliser entraînement à vitesse variable
  - Réduire les pertes de fonctionnement à vide / partiel
  - Utiliser des moteurs efficaces en énergie



## Production et transformation efficace d'énergie:

- Chaudière à vapeur
  - Minimiser les pertes de chaleur (ex. Economiseur)
  - Réduction des pertes du fonctionnement en veille (ex. modulation de puissance, contrôle de la programmation de la chaudière)
- Stations de refroidissement
  - Refroidissement par air extérieur (free cooling)
  - Système de contrôle/ hydraulique
  - Machine frigorifique en tant que pompe à chaleur
  - Récupération de la chaleur perdue
- Compresseurs à Air
- Énergies Renouvelables
- Centrale de cogénération de chaleur et d'électricité



## Politique d'achat de l'énergie :

- Contrat d'approvisionnement
  - Adaptation du contrat aux niveaux de consommation
  - Amélioration des conditions (prix, base de comptabilité, conditions de paiement)
  - Comparaison de conditions de contrat à la comptabilité réelle
- Compte énergie
  - Analyse de la consommation
- Réduction
  - Consommation de pointe
  - Analyse du profil de charge d'électricité & gaz
  - Gestion de la charge (organisationnelle, technique)



## Maintenance industrielle:

- Vérification régulière des équipements pour éviter les problèmes ou pannes
  - Changement de composants tels que les joints
  - Changement des fluides après une certaine période de fonctionnement pour éliminer les impuretés, l'écaillage
  - Nettoyage des composants tels que la tuyauterie, échangeurs de chaleur, etc

- Comparaison de produits / équipements
  - Inclure le coût de la maintenance rend les équipements plus comparables.
  - Ex. Les coûts d'investissement pour une machine frigorifique A sont plus importants que pour une machine B qui nécessite bien plus de maintenance à cause d'un changement d'eau plus fréquent
    - Coûts de fonctionnement plus important, coûts du matériel
  - Nécessité d'inclure les coûts pour la maintenance dans la comparaison des alternatives d'investissement
- Durée de vie de l'équipement plus longue grâce à une bonne maintenance
- Meilleure performance grâce à des équipements propres

- L'évaluation de la faisabilité technique devrait répondre aux questions suivantes:
  - Disponibilité technologique, espace, main-d'œuvre qualifiée, fiabilité, service, etc.
  - L'impact de mesures d'efficacité énergétique sur la sécurité, la qualité, la production, ou le processus
  - Exigences en terme de maintenance et disponibilité de pièces de rechange et de composantes
- La faisabilité économique devient souvent le paramètre clé pour l'acceptation par la direction de l'entreprise. L'analyse économique peut être effectuée en utilisant diverses méthodes. Par exemple, la méthode de Temps de Retour Brut, la méthode du taux de rentabilité interne, méthode de la valeur actuelle nette, etc. Pour un investissement minime ou des mesures de courte durée offrant une faisabilité économique attractive, la plus simple des méthodes – temps de retour – est normalement suffisante.

# Faisabilité technique et économique

- Exemple de feuille de travail/calcul pour la faisabilité économique
- Mesure en efficacité énergétique:

1. Investissement	2. Coûts d'exploitation annuelles	3. Économies annuelles
Équipement Travaux publics Instrumentation Auxiliaires	Coût des capitaux Maintenance Main d'œuvre Énergie Amortissement	Énergie thermique Énergie électrique Matière première Coûts de traitement de l'eau
$\text{Net savings/Year} = (\text{Annual savings} - \text{Annual operating costs})$		
$\text{Payback period (months)} = \frac{\left( \frac{\text{Investment}}{\text{Net savings/Year}} \right)}{12}$		

# Faisabilité technique et économique

## Lignes Directrices pour les Priorités du Projet

Priorité	Faisabilité économique	Faisabilité technique	Risque / Faisabilité
A: Haute	Bien définie et attractive	Technologie existante adéquate	Aucun risque / Parfaitement faisable
B: Moyenne	Bien définie et seulement marginalement acceptable	Technologie existante sera peut être mise à jours, manque de confirmation	Risques d'exploitation minimales / Pourrait être faisable
C: Attendre	Mal définie et marginalement inacceptable	Technologie existante est inadéquate	Douteux
D: Aucune	Clairement pas acceptable	Nécessite une percée majeure	Pas faisable



## Exemple de présentation des résultats d'un audit

N	Actions préconisées pour le système « Air comprimé »	Coût	Economies identifiées		Temps retour brut
		€	MWh/an	€ HT/ an	années
1	Air comprimé: réduction fuites	interne	150	12 750	Immédiat
2	Air comprimé : réduction pression	Interne	85	7 225	Immédiat
3	Air comprimé: électrovannes sur machines	3 000	125	10 625	0,3
4	Air comprimé: réducteurs de pression	8 000	170	14 450	0,6
5	Air comprimé: petit compresseur nuit + WE	25 000	150	12 750	2,0
6	Air comprimé: automate management des compresseurs	65 000	150	12 750	5,1
7	Air comprimé: nouveau compresseur Vitesse Variable	180 000	200	17 000	10,6
8	Air comprimé: nouveau compresseur VV vs nouveau compresseur sans VV	30 000	120	10 200	2,9
	Total avec nouveau compresseur MVV	281 000	790	67 150	4,2

# Élaboration de rapports – Rentabilité des Mesures



- W1: Augmenter le temps d'exploitation de la turbine
- W2: By-pass – perte de chaleur
- W3: Mise hors fonctionnement de la Chaudière 1
- W4: Optimisation de la Régulation O<sub>2</sub>
- W5: Isolation des Fixations
- W6: Isolation des Conduites de Vapeur
- K1: Combinaison des Systèmes d'Eau Froide
- K2: Installation d'un Surchauffeur
- D1: Réduction des Fuites
- D2: Utilisation de la Chaleur Dissipée
- D3: Apport Grain-Air Séparé
- E1: Mise hors fonctionnement des Transformateurs
- E2: Optimisation des Pompes
- E3: Remplacer les Ampoules au Mercure

# Efficacité Énergétique: Considérations économiques et financières

Niveau d'investissement	Action/investissement
Simple maintenance	- Éteindre les lumières et autre équipement lorsque non-utilisé
	- Changement organisationnel, ex. changer pour le tarif de nuit, lorsque disponible
Investissement à bas coût	- Remplacement des lumières pour des ampoules fluorescentes (CFLs)
	- Mécanisme d'entraînement à fréquence variable
Coût moyen	- Remplacement du chauffage, de la ventilation et de la climatisation
	- Nouveaux réfrigérateurs, nouvelles chaudières
	- Remplacement de la génératrice de secours
	- Cogénération
Coût important	- Remplacement de lignes de production complètes
	- Nouvelles unités de production énergétique, dans le cas de site-isolé, production d'énergie renouvelable sur place
	- Transmission d'énergie sur place
Coût supérieur	- Mises à jours d'équipement de processus et remplacement sélectif d'équipement
Coût le plus important	- Nouvelle usine, nouvelles installations

L'objectif du « retour sur investissement » (ROI) est de mesurer, par période, les taux de retour sur l'argent investi dans une entité économique pour ainsi décider de la rentabilité d'un investissement. De plus, il est utilisé en tant qu'indicateur pour comparer différents investissements au sein d'un portefeuille de projets. Le projet ayant le meilleur ROI est prioritaire. Les entreprises demandent typiquement un ROI d'une valeur de plus de 10% et jusqu'à 25%.

Projet	Coût (€)	Économies d'énergie annuelles (€)	ROI
Fuites des tuyauteries	100	30	30%
Mécanisme d'entraînement à fréquence variable	1000	200	20%
Éclairage	1000	100	10%
HVAC de l'entrepôt	1000	100	10%

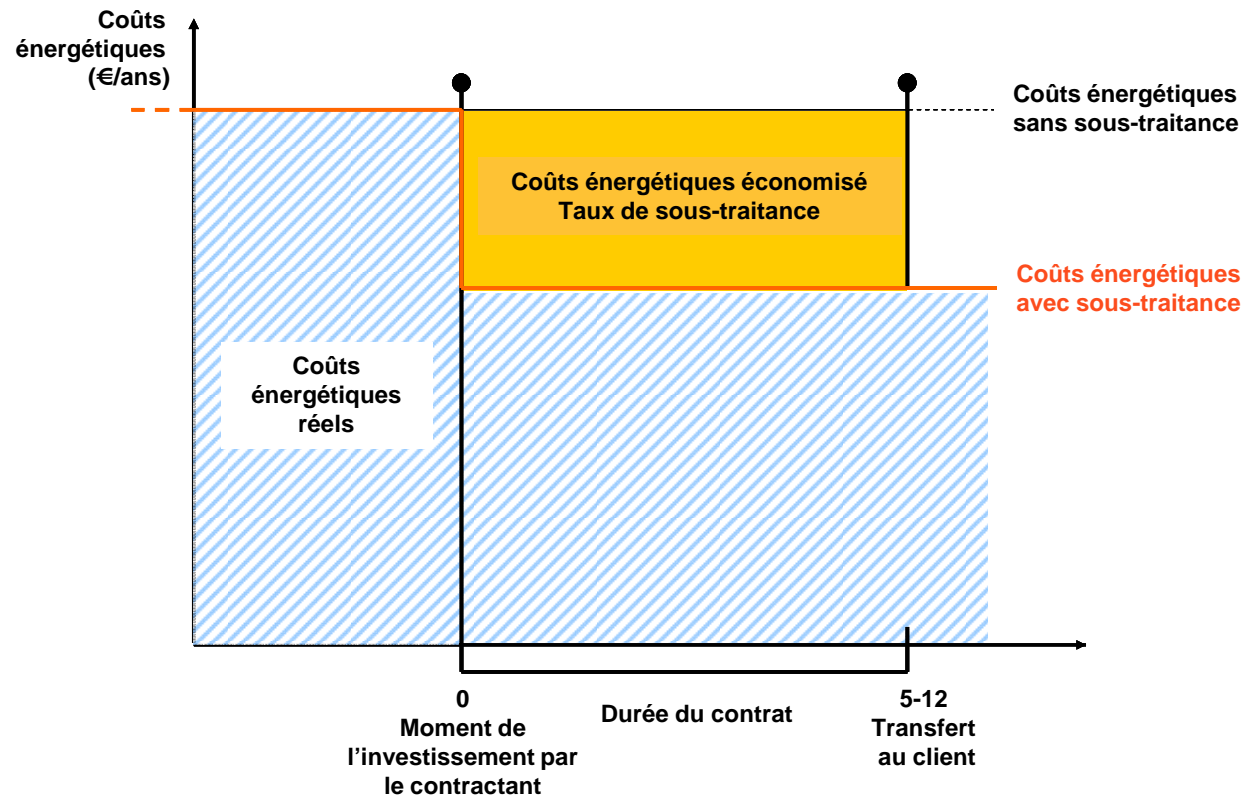
Source: IEA, The boardroom perspective: how does energy efficiency policy influence decision making in industry?

# Effacité Énergétique: Considérations économiques et financières

- Externalisation / Sous-traitance / Opération (part du marché approx. 85 %)
  - Le sous-traitant distribue l'énergie au client sous forme de chauffage, vapeur, air comprimé, eau de refroidissement, etc.
  - Il planifie, finance, construit et exploite la centrale conçu à cet effet
  - Facturation: énergie livrée, plus honoraire de base
  
- Contrat de performance (part du marché approx. 15%)
  - Le sous-traitant garantie une quantité d'économie et reçoit une part des économies atteintes
  - Il planifie, finance, construit la/les centrale(s) (exploite aussi en partie)

# Effacité Énergétique: Considérations économiques et financières

- Contrat de performance énergétique



Source: Ökotec

# Effacité Énergétique: Considérations économiques et financières

- Sous-traitance – Motivations
  - Budget insuffisant pour projets en EE
  - Capacité de financement mobilisée pour les activités principales
  - Réduction des coûts de fonctionnement sans investir son propre capital
  - Manque de savoir-faire interne pour entreprendre les actions nécessaires
  - Alimentation énergétique plus fiable
  - Confiance insuffisante dans les économies d'énergie annoncées (contrat de performance)

## CONTRA:

- Partage des économies avec le contractant sur la période du contrat
- Après la fin du contrat, les actifs acquis sont usagés (10-12 ans)
- Perte de technicité dans la maîtrise du système

# Effacité Énergétique: Considérations économiques et financières

- Les Sociétés de Services Énergétiques (ESCOs) offrent des services énergétiques qui peuvent inclure l'implémentation de projets d'EE (mais aussi de projets d'ER), et cela souvent de manière clé-en-main.
- Une autre catégorie d'entreprises offrant des services énergétiques aux utilisateurs finaux d'énergie, incluant l'approvisionnement et l'installation d'équipement éco-énergétique, l'approvisionnement en énergie, et/ou la rénovation de bâtiments, la maintenance et l'exploitation, la gestion des installations, et l'approvisionnement en chaleur, sont les **Sociétés Fournisseuses de Services Énergétiques (ESPCs)**. Ils peuvent être consultants spécialisés en amélioration de la performance, fabricants d'équipements ou services publics. Les ESPCs fournissent un service pour un taux fixe ou bien en tant que valeur ajoutée à l'approvisionnement d'équipement. Les ESPC peuvent être incités à réduire la consommation (partage des gains), mais cela n'est pas aussi claire que dans le cas de l'approche ESCO.

Source: EU website

# Réflexions/ Foire aux Questions

- Notes personnelles & réflexions
- Foire aux Questions



# Merci!

**Franck Dagonaud**

Pour le compte de:

**Renewables Academy (RENAC)**

Schönhauser Allee 10-11

D-10119 Berlin

Tel: +49 30 52 689 58-71

Fax: +49 30 52 689 58-99

info@renac.de



**renac**  
renewables academy

En coopération avec:



Soutenu par:



[www.renac.de](http://www.renac.de)