

1.4 - 1.6 Analyser les flux d'énergie

Comment définir la base de référence, fixer les domaines d'intérêt, révéler la source et la cause de l'inefficacité du flux énergétique ?



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Table des matières

- Identifier les ICP et la base de référence pour les flux d'énergie
- Définir les domaines d'intérêt et les IPO pour les flux d'énergie
- Révélation des sources et des causes de l'inefficacité
- Parallèles avec la norme du système de gestion ISO 50001



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Analyse des flux d'énergie à la limite du système de l'entreprise

(étape 1.4 du TEST)



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

TEST Training
kit

Énergie comme flux prioritaire

Lorsque le flux d'énergie est sélectionné comme **flux prioritaire**, l'analyse suivante est recommandée :

- Collecter les données mensuelles sur la consommation passée et les éléments moteurs (production) par source d'énergie (énergie électrique et thermique)
- Calculer l'ICP sur la base des enregistrements mensuels et de l'analyse de régression

Outil - Outil de cartographie de l'énergie

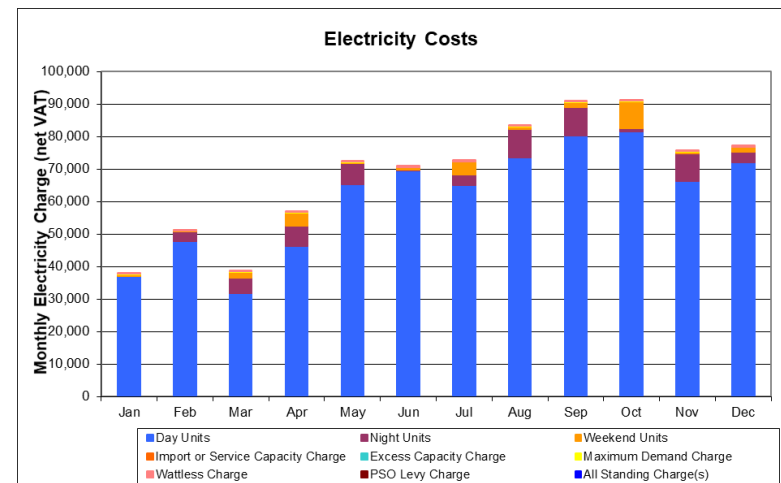
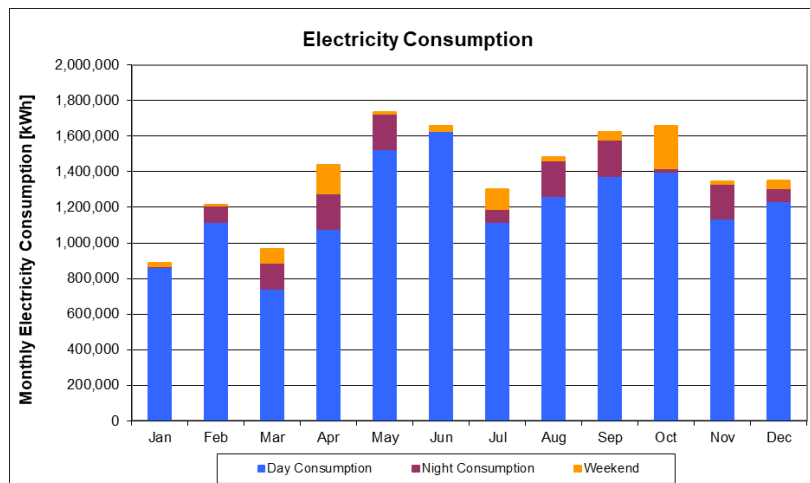


SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Résultats de l'analyse - Exemple d'entreprise

Il est possible d'alimenter l' [outil de cartographie énergétique](#) pour une entreprise échantillon, après analyse :

- ✓ Sources d'énergie identifiées
- ✓ Visualiser les tendances de la consommation d'énergie et de son coût.

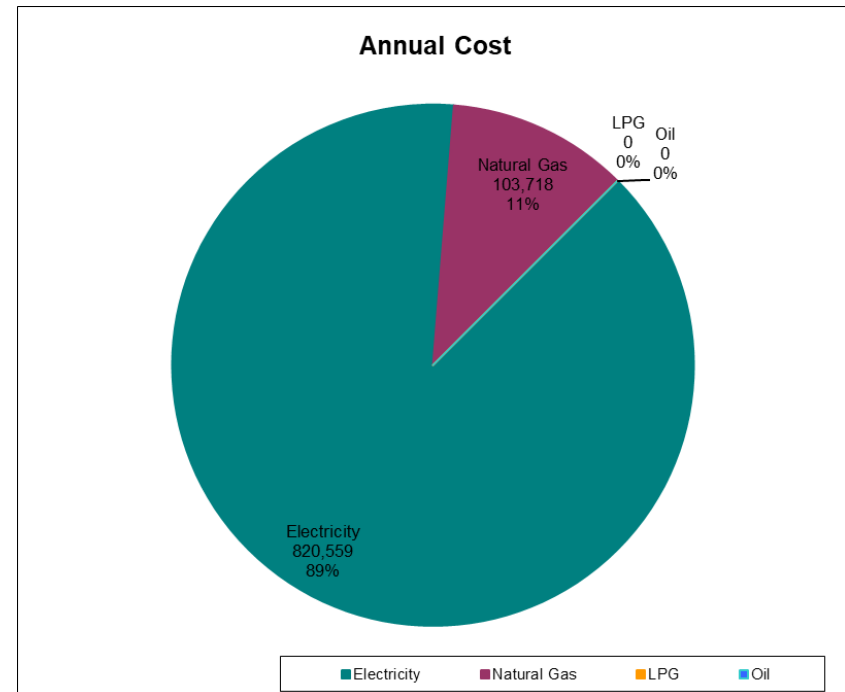
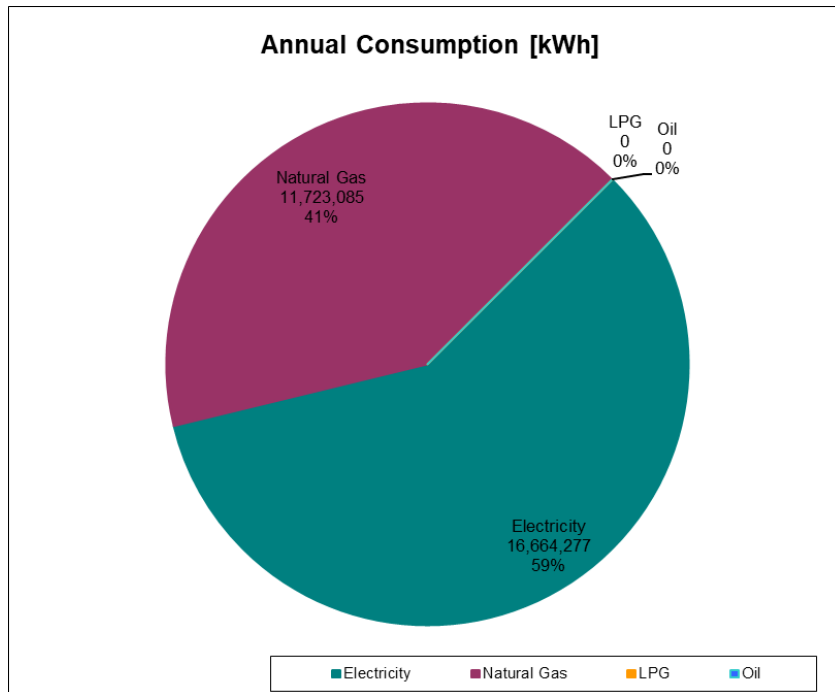


SwitchMed est financé par l'Union européenne.

TEST Training kit

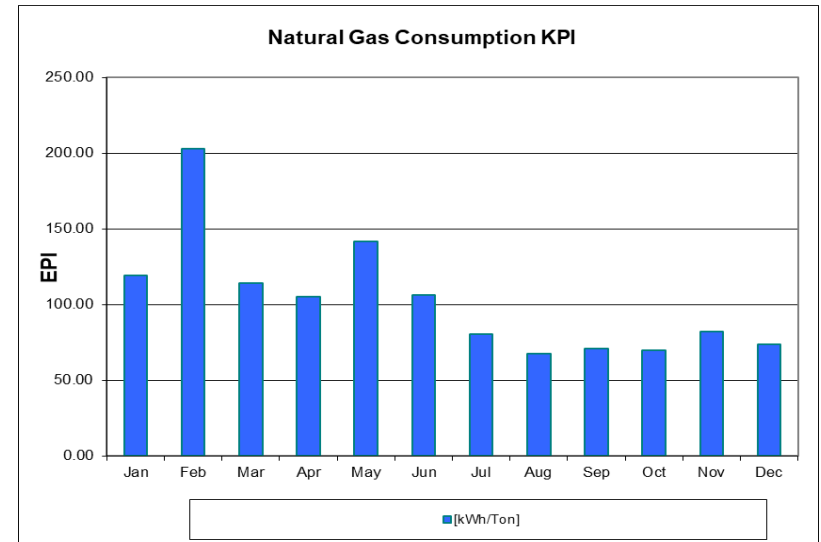
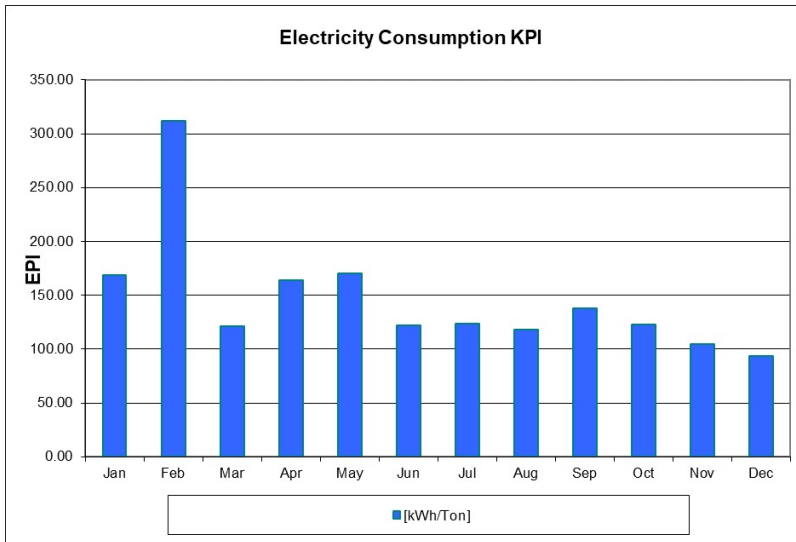
Résultats de l'analyse - Exemple d'entreprise

- ✓ Répartition de l'énergie entre les sources (répartition physique et financière).



Résultats de l'analyse

- ✓ Développer des indicateurs de performance clés (ICP) pour chaque source d'énergie.



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Analyse de régression

Utilisée dans la modélisation statistique, l'analyse de régression décrit les relations entre les variables (consommation et éléments moteurs).

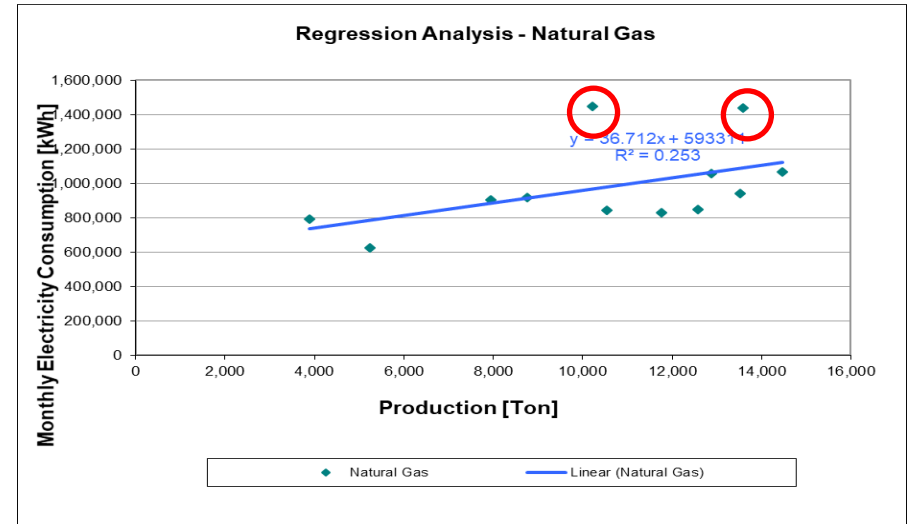
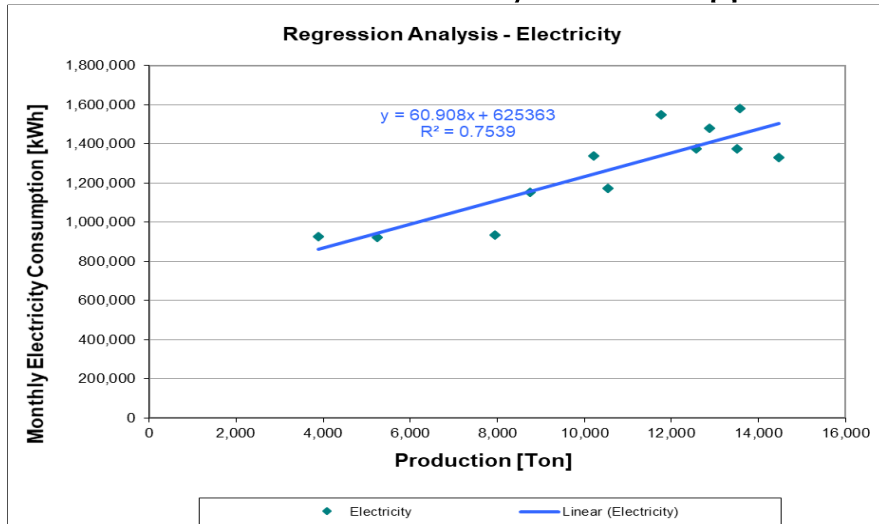
- En traçant la consommation en fonction du facteur (élément moteur) potentiel, le critère de fiabilité de l'équation est une corrélation supérieure à 0,75 ($R^2 > 0,75$).
- La constante de l'équation (intercept) représente la charge de base.
- La pente de la ligne reflète la sensibilité de la consommation à la variation de l'élément moteur.



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Résultats de l'analyse

- ✓ Confirmer sur l'élément moteur pour chaque source d'énergie en utilisant l'analyse de régression.



Observations issues de l'analyse électrique :

- Forte **correlation** entre les niveaux de consommation et de production ($R^2 > 0,75$)
- **Charge de travail** d'appr. 650 MWh est un chiffre élevé, probablement en raison du fait que les équipements fonctionnent en continu, même lorsqu'il n'y a pas de production
- Tous les points au-dessus de la ligne de base représentent un potentiel théorique d'amélioration par une meilleure exploitation des technologies existantes

Définir les domaines d'intérêt et les IPO pour les flux d'énergie (étape 1.5 de TEST)



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

TEST Training
kit

Usages énergétiques significatifs

- Composante importante de la consommation de l'organisation
- Équipements, processus, installations, systèmes
- Des possibilités d'amélioration considérables



Consommateurs d'énergie importants = Domaines d'intérêt pour une analyse détaillée des flux d'énergie



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

TEST Training kit

Comment quantifier chaque utilisateur d'énergie

Pour les flux d'énergie, le processus d'allocation des coûts peut être basé sur trois niveaux de précision différents selon le système d'information existant :

- Estimations de la consommation d'énergie basées sur la valeur nominale de la plaque des machines ;
- Données recueillies lors de campagnes de mesures ponctuelles ;
- Consommation d'énergie en temps réel à partir des systèmes de comptage en place



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Conseils pour l'analyse

- Il est toujours préférable d'installer des sous-compteurs dès les premières étapes de TEST. Cependant, il faut faire attention à ne pas installer de sous-compteur sur des consommateurs non significatifs !
- Le volume de production n'est pas toujours l'élément moteur de la consommation. (Un entrepôt frigorifique dépend de la température ambiante, la climatisation dépend des conditions ambiantes et de l'occupation,...).
- Bien que les mesures à la demande puissent aider à l'analyse, attention, la mesure ne dit rien par elle-même. Il faut comprendre le processus et analyser les lectures.
- Les entreprises ont souvent des réponses à toutes les questions, l'important est de savoir comment poser la question pour obtenir la bonne réponse.

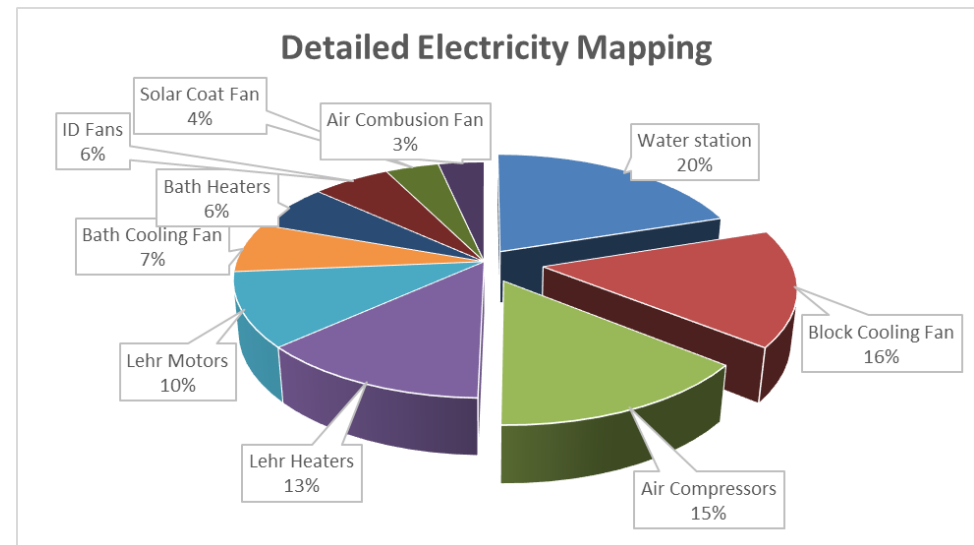


SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Cartographie des utilisateurs basée sur des enregistrements de compteurs kilométriques en temps réel

- La méthode la plus précise pour cartographier les consommateurs d'électricité.
- Les enregistrements sous-compteurs doivent refléter la même durée de surveillance.

Section	kWh/an
Station d'eau	5 104 890
Ventilateur de refroidissement du bloc	4 051 500
Compresseurs d'air	3 723 000
Chauffeurs Lehr	3 330 346
Lehr Motors	2 628 000
Ventilateur de refroidissement du bain	1 752 000
Chauffe-bains	1 600 292
Ventilateurs ID	1 496 500
Ventilateur peinture solaire	1 022 000
Ventilateur de combustion d'air	876 000
Non surveillé	13 872 472



Cartographie des utilisateurs basée sur la valeur nominale de la plaque signalétique

- Ce n'est pas la meilleure façon de cartographier, mais c'est un bon début, surtout quand il manque des données submétriques.
- L'outil Energy Mapping est utile pour cette cartographie.
- Les résultats de cette cartographie mettent en évidence les endroits où installer des sous-compteurs, s'ils ne sont pas installés.

Cartographie de la consommation annuelle d'énergie													
Utilisez les listes déroulantes dans tous les champs jaunes ci-dessous, pour définir à quoi se réfère la consommation d'énergie individuelle								Inscrivez ci-dessous les valeurs définissant l'énergie				Résultats	
Date d'enregistrement	Description (texte libre)	Bâtiment	Fonction/ Département	Processus	Forme d'énergie	Technologie	Mode de fonctionnement	Consommation électrique maximale [kW]	Coefficient de charge [%]	Nombre d'unités	Heures de fonctionnement [h]	Cycle d'utilisation [%]	Consommation d'énergie [kWh/an]

Révéler les sources et les causes de l'inefficacité énergétique (étape 1.6 du TEST)



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

TEST Training
kit

Approches visant à identifier la source et la cause de l'inefficacité

- Benchmark technologique
- Bilan énergétique de l'ensemble du système
- Bilan énergétique et domaine d'intérêt
- Faire correspondre l'offre et la demande
- Optimisation des paramètres de fonctionnement
- Utilisation des listes de contrôle

Outil – Liste de contrôle pour l'audit énergétique



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

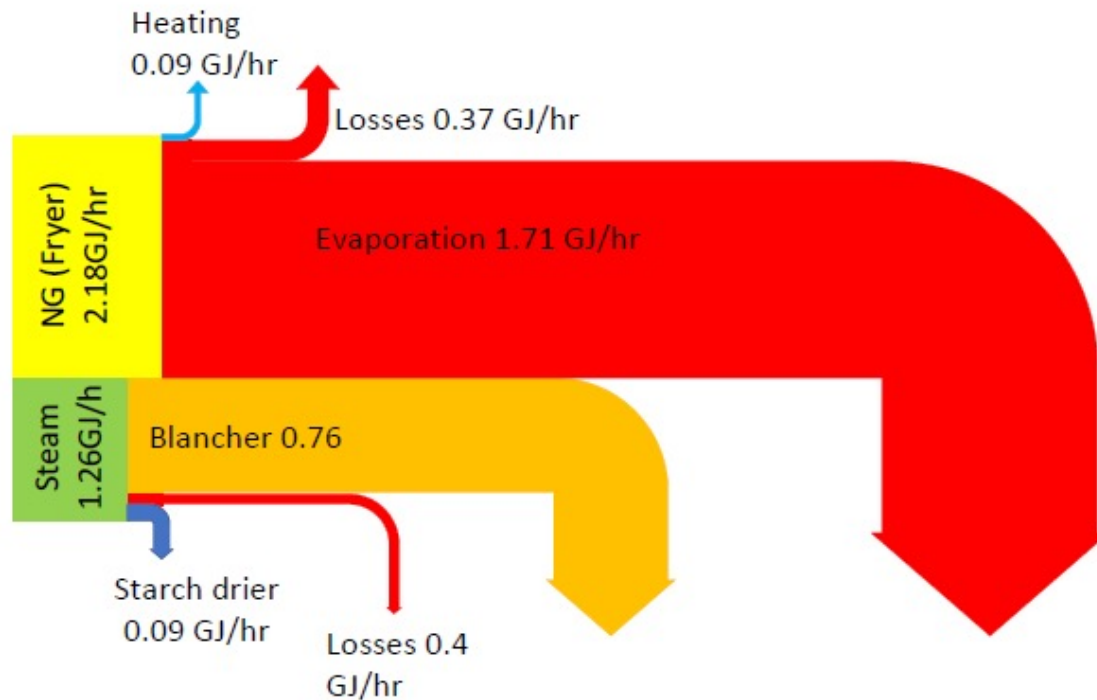
Bilan thermique (énergétique)



- Utilisez ce que vous savez :
 - Débit de vapeur
 - Débit d'eau d'alimentation (= débit de vapeur environ)
 - Flux de combustible (flux de chaleur = flux de combustible * efficacité)
 - Factures de gaz
 - Débit d'eau chaude et différence de température (dT) ($Q=m \cdot C_p \cdot dT$)
- Établir un équilibre
 - Entrée de chaleur = sortie de chaleur
 - Si vous avez un écart important, vous pouvez avoir besoin de le mesurer
 - Débitmètres à ultrasons, compteurs de chaleur portables
- Plus difficile que l'énergie électrique
 - Généralement moins de points de mesure

Diagramme de Sankey complet

- Souvent utile pour présenter la répartition de l'énergie thermique.



Benchmark technologique

- La comparaison de la technologie avec les meilleures pratiques internationales a permis d'identifier rapidement les sources et les causes d'inefficacité :
 - Pasteuriseurs
 - Évaporateurs
 - Compresseurs
 - Chaudières



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Exemples d'analyse comparative des technologies

Source	Cause
Pasteuriser	Le HRR est de 57%, alors que la pratique courante est de plus de 85%
Évaporateur	La consommation spécifique de vapeur est de 0,31 kg/kg d'eau, la meilleure pratique est de 0,127 kg/kg d'eau
Évaporateur	Entreprise utilisant un évaporateur à effet unique, les évaporateurs à effets multiples sont plus efficaces.
Compresseur	Un compresseur alternatif à une vitesse est utilisé. Les compresseurs VSD sont plus efficaces
Grands moteurs	Moteurs à faible rendement et à vitesse fixe. On peut utiliser des IE3 avec des moteurs VSD à la place
Luminaires	Des lampes à sodium à faible rendement sont utilisées. Les lampes LED peuvent consommer 80% d'énergie en moins



SwitchMed est financé par l'Union européenne.

TEST Training kit

Bilan énergétique de l'ensemble du système

L'établissement d'un **bilan massique et énergétique** de l'ensemble du processus illustre les réutilisations potentielles, l'interaction entre les flux et les possibilités d'optimisation.

Cet équilibre n'est pas toujours facile à réaliser car il faudra disposer de données sur chaque étape de la production.

Les mesures sur place peuvent servir à établir cet équilibre.

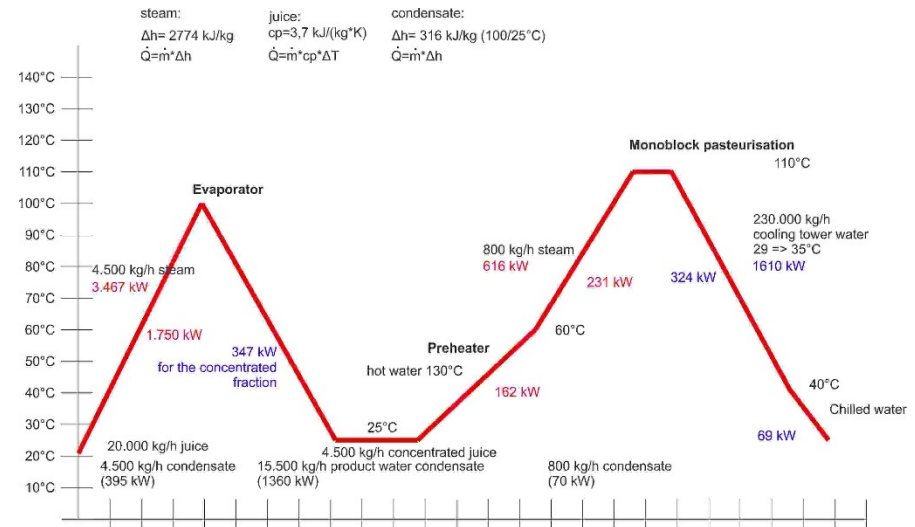


SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Bilan énergétique de l'ensemble du système

- Un bilan énergétique a été établi pour une entreprise de concentré. A partir de cet équilibre, on pourrait faire une enquête :
 - La nécessité d'un refroidissement intermédiaire entre l'évaporateur et le pasteurisateur
 - Si un refroidissement intermédiaire est nécessaire, doit-il descendre à 25 degrés, ou cette température peut-elle être légèrement augmentée (jusqu'à 35 ou 30 degrés) ?
 - Le pasteurisateur doit-il passer à 110 ? Ou bien une température plus basse serait-elle possible (surtout s'il y avait un traitement thermique plus précoce)

– Pouvons-nous utiliser la chaleur dégagée à la sortie du pasteurisateur pour préchauffer le produit entrant dans le pasteurisateur (plutôt que de dépenser de l'énergie pour le refroidissement et le chauffage) ?



Bilan énergétique et domaine d'intérêt

- L'établissement d'un **bilan massique et énergétique** sur la zone d'intérêt donne un aperçu de certaines pertes.
- Dans une entreprise de production de concentré, l'évaporateur a été identifié comme le point central. Le bilan massique et énergétique a révélé ce qui suit :

Source	Cause
La vapeur alimentant l'évaporateur dépasse le condensat collecté	Fuites de vapeur par les raccords
Le condensat de l'évaporateur est envoyé à l'égout	Aucune unité de récupération du condensat n'est installée
La consommation spécifique de vapeur dépasse la référence technologique	Ancienne technologie utilisée à l'usine
Le condensat est retiré du jus envoyé à l'égout	Aucun utilisateur identifié pour utiliser le condensat



Faire correspondre l'offre et la demande

- Le fait que l'offre dépasse les besoins de la demande, entraîne une consommation d'énergie excessive et un faible rendement
 - Système à vapeur
 - Air comprimé
 - Charge de refroidissement
 - Débit d'eau



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Optimisation des paramètres de fonctionnement

- Identification des différents paramètres de fonctionnement (températures, pressions, débit,...) et évaluation de leur conformité aux pratiques courantes. Des **experts sectoriels** sont nécessaires dans le cadre de cette analyse.



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

Éliminer/contourner les processus redondants

- Un expert sectoriel peut vous conseiller si le processus de production est optimisé, ou si une ou plusieurs étapes peuvent être contournées pour certains produits.
- Dans une usine de jus, l'expert sectoriel a constaté que les homogénéisateurs fonctionnaient sur tous les produits. Cependant, certains des produits fabriqués étaient des jus clairs et ne nécessitaient aucune homogénéisation. Comme les homogénéisateurs faisaient partie des domaines d'intérêt, les contourner pour les produits clairs permettrait de réaliser des économies d'énergie importantes.

Parallèles avec la norme du système de gestion ISO 50001

EMSn - exigence ISO 50001	Approche TEST
Analyse de l'usage et de la consommation de l'énergie dans l'entreprise à partir de mesures et d'autres données (Ex : factures énergétiques de l'entreprise).	Étape 1.4 de TEST - fixer le niveau de référence énergétique à la frontière du système de l'entreprise
Identification des domaines avec l'usage énergétique concernée (usages énergétiques significatifs), tels qu'un équipement spécifique, des systèmes d'équipements, mais également une évaluation des tendances et des facteurs d'influence clés pour l'usage énergétique.	Étapes 1.5 et 1.6 de TEST - identification des domaines prioritaires pour les flux d'énergie et l'analyse des causes.
Identification du potentiel d'amélioration de la performance énergétique, l'évaluation de l'énergie est régulièrement mise à jour. Elle doit également être mise à jour si des changements significatifs sont introduits dans le fonctionnement de l'entreprise.	Étapes 1.5 et 1.6 (et étape 3 pour le suivi régulier de la performance énergétique) utilisation des ICP/IPO et des référentiels, ainsi que l'analyse de régression pour suivre l'efficacité réelle des ressources

Merci de votre attention



SwitchMed est financé
par l'Union européenne.

TEST Training kit