

L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LA PLASTURGIE



suisse énergie

Notre engagement : notre futur.

SOMMAIRE

1 AVANT-PROPOS	5
2 SITUATION INITIALE	6
• 2.1 Les besoins énergétiques d'une entreprise de plasturgie.....	7
3 MÉTHODOLOGIE	10
4 MEILLEURES PRATIQUES.....	11
5 CONCEPT D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE.....	12
• 5.1 Remplacement de machines	13
• 5.1.1 Machines de moulage par injection efficaces.....	14
• 5.2 Refroidissement naturel direct	18
• 5.3 Couverture des pointes dans les besoins en refroidissement	19
• 5.4 Transfert de chaleur direct.....	19
• 5.5 Utilisation des rejets thermiques de la production d'air comprimé.....	20
• 5.6 Refroidissement des machines par récupération des rejets thermiques	21
• 5.7 Pompe à chaleur air-eau	21
• 5.8 Intégration de l'eau chaude sanitaire dans le circuit de chauffage	22
• 5.9 Photovoltaïque (PV).....	23
• 5.10 Résultats.....	24
6 INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	26



L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LA TRANSFORMATION DES MATIÈRES PLASTIQUES – UNE CONTRIBUTION MAJEURE À LA PROTECTION DU CLIMAT

Les progrès technologiques avancent à grands pas en plasturgie. Dans le domaine des machines, cela concerne non seulement la numérisation, mais aussi et surtout l'efficacité énergétique. À l'heure actuelle, les domaines de la technique des bâtiments et des systèmes de climatisation offrent eux aussi de nombreuses possibilités pour réduire les besoins énergétiques de ce secteur industriel, ce qui pourra, à terme, contribuer à la lutte contre les changements climatiques et au respect des objectifs de l'Accord de Paris.

Un système de production écoénergétique n'est pas seulement durable : il s'impose d'un point de vue économique et accroît la compétitivité des entreprises. Remplacer les anciens équipements par de nouvelles installations à plus grande efficacité énergétique augmente la qualité de la production tout en diminuant les coûts énergétiques et en améliorant le bilan carbone.

Et il s'agit là, très précisément, des facteurs de succès des entreprises suisses : une qualité élevée et des solutions innovantes pour nos produits et nos processus, parallèlement à une utilisation durable des ressources. C'est par ce biais que les professionnels suisses de la plasturgie réussiront, à l'avenir encore, à s'imposer face à la concurrence internationale.

La présente brochure se propose de mettre en évidence plusieurs mesures qui permettront à nos entreprises d'aller dans ce sens. Elle se voit comme source d'inspiration et d'idées à mettre en œuvre en collaborant avec des spécialistes.

C'est dans cet esprit que je souhaite aux plasturgistes suisses un avenir marqué par les innovations et l'efficacité énergétique !

Silvio Ponti, président de KUNSTSTOFF.swiss, Aarau



2 SITUATION INITIALE

La plasturgie est un secteur d'activité important en Suisse. Plus de 30 000 personnes y travaillent dans près de 800 entreprises, réalisant un chiffre d'affaires annuel d'environ 15 milliards de francs suisses.

L'industrie des matières plastiques se compose de plusieurs sous-secteurs, notamment la transformation, la fourniture des matières premières, ainsi que la fabrication d'outils et de machines. Occupant le cœur de la branche, c'est la transformation qui consomme le plus d'énergie. Les techniques de mise en forme (fabrication d'un corps solide à partir d'un matériau informe) sont les plus énergivores. Ces procédés consistent à donner une certaine plasticité à la matière première, puis à la refroidir pour l'amener à l'état solide une fois qu'elle aura pris la forme souhaitée. La base technique est assurée, ici, par les machines et les outils.

Les installations techniques du bâtiment sont nécessaires pour assurer un environnement de travail acceptable. Adaptés au procédé, ces équipements évoluent, pour ainsi dire, en fonction de celui-ci. Étant donné la complexité du sujet, il n'est pas surprenant que les concepts ou les thèmes d'ordre général, tels que l'association écoénergétique des machines de production et des installations techniques du bâtiment, ne soient pas au centre des préoccupations. Les petites entreprises, en particulier, ne disposent pas des ressources nécessaires pour embaucher des ingénieur(e)s en CVC ou pour investir dans des installations techniques à plus grande efficacité énergétique.

La présente brochure a pour objectif d'aider les entreprises de la plasturgie à effectuer, par elles-mêmes, une évaluation qualitative de leur potentiel d'optimisation énergétique.



2.1 LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES D'UNE ENTREPRISE DE PLASTURGIE

La répartition générale des besoins énergétiques d'une entreprise de plasturgie dépend de sa technique de production, de sa taille, de l'enveloppe de son ou de ses bâtiments, de son emplacement, de son type d'activité, de ses installations techniques, ainsi que d'autres éléments tels que ses machines de production ou encore du comportement de son personnel. Cette diversité des critères empêche de définir avec exactitude des besoins énergétiques valables pour chaque entreprise de plasturgie. Comme nous l'avons mentionné plus haut, il existe toutefois des tendances liées au procédé de mise en forme. L'expérience accumulée dans le conseil énergétique ainsi que diverses analyses montrent que **les entreprises de transformation des matières plastiques partagent une même**

situation typique représentée ci-dessous. Elle nous servira de base et d'exemple dans la suite de notre exposé, en particulier pour les mesures d'efficacité énergétique.

L'atelier de production comprend des machines de moulage par injection pour la mise en forme. Ces machines disposent, au minimum, d'un système de refroidissement adapté. Certains fabricants fournissant le système de refroidissement avec la machine, toute modification de celui-ci peut entraîner l'annulation de la garantie. La chaleur résiduelle est éliminée au moyen d'une installation de climatisation.

De l'air comprimé est fourni par un compresseur ; les rejets de chaleur se dissipent dans l'atmosphère. Une chaudière à mazout fournit la chaleur nécessaire pour chauffer les ateliers de montage et de stockage, ainsi que les bureaux. Les besoins en eau chaude sanitaire sont couverts par un chauffe-eau électrique. La production s'effectue en trois équipes.

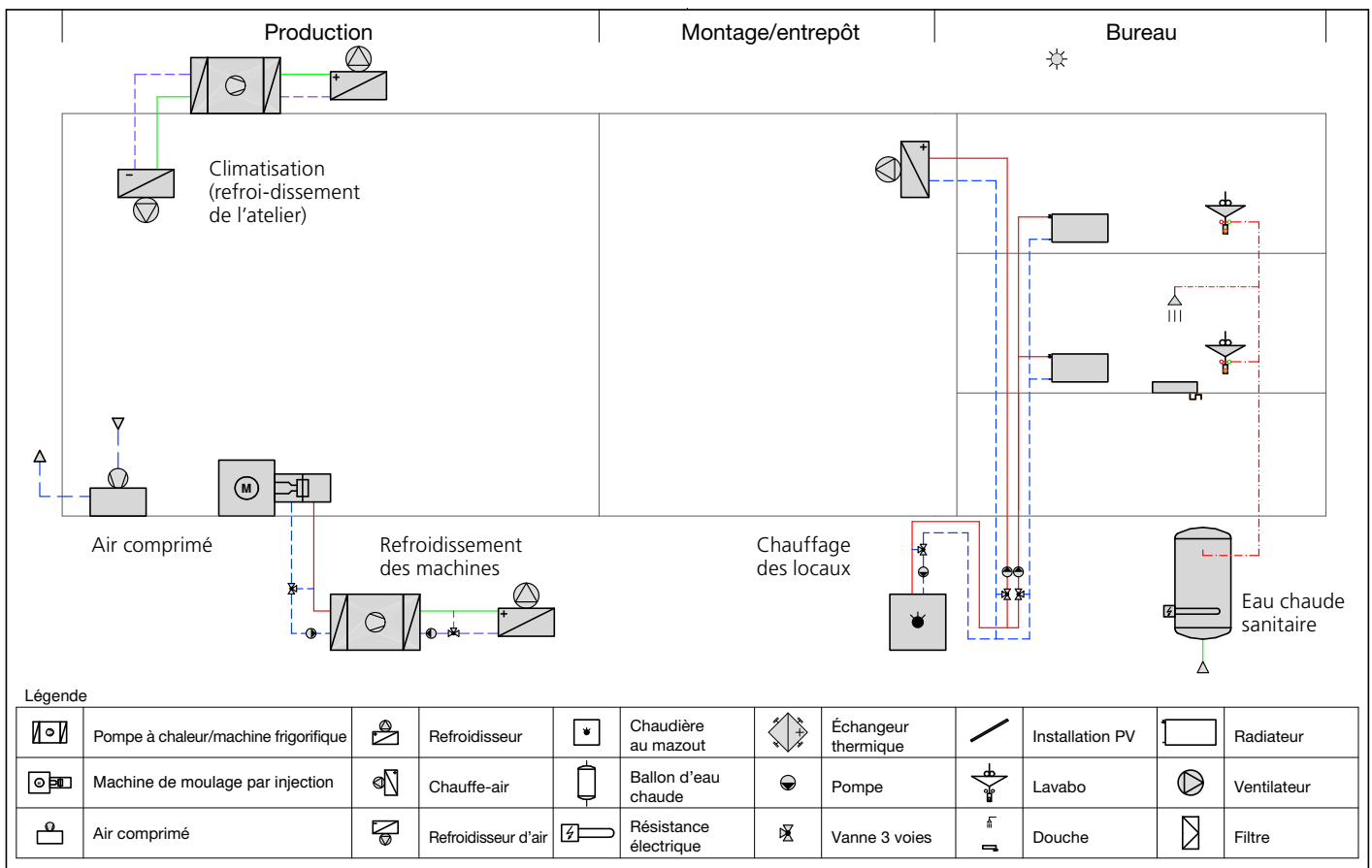


Illustration 1. Situation typique d'une usine de plasturgie (usine modèle avec installations influençant la consommation d'énergie)

Tableau 1. Hypothèses pour l'usine modèle

UTILISATION			PRODUC-TION	MONTAGE/STOCKAGE	BUREAUX	TOTAL	PART ÉLECTRICITÉ	PART CHALEUR
		–						
Besoins en chaleur pour les bâtiments	Surface de référence énergétique	m ²	700	1400	300	2400		
	Température maxi en été	°C	30	30	26			
	Température maxi en hiver	°C	18	20	21,5			
	Puissance spéc. de chauffage requise	W/m ²	70	80	130			
	Puissance calorifique à –8 °C	kW	49	112	39	200		
	Heures de pleine charge chaleur	h/an		1800	1800			
Énergie fournie (mazout)	Besoins en chaleur	kWh/an		201600	70200	272000		100 %
	Puissance chaudière à mazout	kW		224	78	300		
	Rendement chaudière à mazout	–		0,84	0,84			
Machines de moulage par injection (MMI)	Énergie finale mazout	kWh/an		240000	84000	324000		119 %
	Puissance électrique moyenne par MMI (inst. env. 75kW)	kW	28					
	Nombre de machines	–	15					
	Puissance spéc. chaleur dissipée MMI	W/m ²	600					
	Puissance électrique moyenne totale MMI	kW	420			420		
	Temps de production (en 3 équipes)	h/an	5500					
Refroidissement des machines	Électricité production machines de moulage par injection	kWh/an	2310000			2310000	71 %	
	Puissance frigorifique refroidissement machines (40 %)	kW	170			170		
	Froid refroidissement des machines	kWh/an	924000					
	COPa* machine de climatisation compacte refroidissement machines 7 °C	–	3					
Climatisation	Électricité machine climatisation compacte refroidissement machines 7 °C	kWh/an	308000			308000	9 %	
	Puissance climatisation production (60 % de rejets thermiques)	kW	250			250		
	Climatisation production	kWh/an	1386000					
	COPa* machine de climatisation compacte climatisation production 14 °C	–	4					
Air comprimé	Électricité machine de climatisation compacte climatisation production 14 °C	kWh/an	347000			347000	11 %	
	Air comprimé	kW	25			25		
	Climatisation production	kWh/an	5500					
	Électricité air comprimé	kWh/an	137500				138000	4 %
Eau chaude sanitaire	Eau chaude (puissance moyenne)	kW			0,6	1		
	Heures de pleine charge eau chaude	h/an			7200			
	Chaleur eau chaude	kWh/an			4320			
	Pertes thermiques eau chaude	–			80 %			
Solde	Électricité eau chaude	kWh/an			8000	8000	0,2 %	
	Électricité éclairage, informatique, etc.	kWh/an				158000	4,8 %	

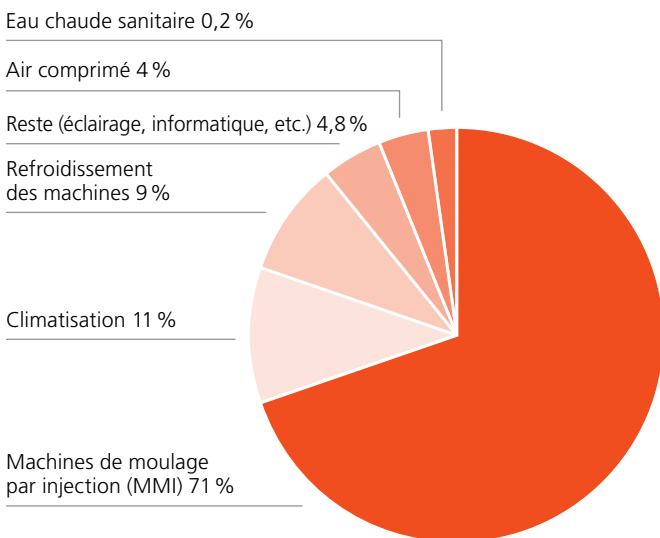
* COPa: coefficient de performance annuel d'une machine frigorifique = chaleur utile annuelle/travail électrique annuel du système complet

Cette base nous permet de représenter les besoins en énergie d'une usine de plasturgie et de les poser en situation initiale. Le tableau ci-dessous répartit les besoins en énergie finale d'environ 3600 MWh/an en fonction des techniques.

MAZOUT			
Chaudière à mazout	kWh/an	324 000	

ÉLECTRICITÉ			
Machines de moulage par injection (MMI)	kWh/an	2 310 000	71 %
Climatisation	kWh/an	347 000	11 %
Refroidissement des machines	kWh/an	308 000	9 %
Reste (éclairage, informatique, etc.)	kWh/an	158 000	4,8 %
Air comprimé	kWh/an	138 000	4 %
Eau chaude sanitaire	kWh/an	8 000	0,2 %
Total	kWh/an	3 269 000	100 %

Illustration 2. Répartition de la consommation d'électricité et de mazout d'une usine de plasturgie typique



Près de 20 % des besoins en électricité sont à imputer au refroidissement/climatisation. Dans le même temps, il y a un grand déséquilibre entre les rejets de chaleur des machines de moulage par injection¹ et les besoins en chaleur pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire. De toute évidence, la quantité de rejets thermiques suffirait pour couvrir les besoins en chaleur. Cependant, ces rejets thermiques se dissipent dans l'air ambiant de l'atelier de production, à un bas niveau de température, de l'ordre de 30°C ; ils ne peuvent donc pas être directement utilisés pour le chauffage, qui requiert une température de départ d'environ 60°C.

Selon le type de site, il pourrait être possible de vendre cette chaleur aux bâtiments environnants, par exemple par extraction de la chaleur à une température plus élevée et par la mise en place d'un réseau de chauffage, ce qui représenterait une source de revenus supplémentaire pour l'entreprise.

¹ Les rejets de chaleur des machines de moulage par injection correspondent à leurs besoins en électricité.

3 MÉTHODOLOGIE

De nombreuses sociétés ont déjà fait l'objet d'une analyse du potentiel d'amélioration de leur efficacité énergétique, en particulier par le biais des travaux effectués dans le cadre de la législation sur les gros consommateurs. Pour la présente brochure, 24 entreprises de plasturgie ont accepté de fournir, de manière anonyme, leurs analyses individuelles sur la base du catalogue de mesures destinées à optimiser l'efficacité. L'analyse de ces données permet d'établir un classement des meilleures pratiques adaptées à ce secteur.

La base de données réunit 353 mesures d'efficacité provenant de 24 transformateurs de matières plastiques. L'étude n'a pas intégré les solutions pour lesquelles les calculs sont d'une qualité insuffisante ou qui n'ont pas été mises en œuvre.

Afin de créer une base d'évaluation de la rentabilité, les prix pour la chaleur et l'électricité ont été uniformisés en tenant compte des chiffres ci-dessous :

- Chaleur d'origine fossile: 0.06 CHF/kWh
- Électricité, mix de consommation en Suisse: 0.10 CHF/kWh

L'analyse a intégré 238 mesures déjà mises en œuvre ou en projet. Celles-ci peuvent être regroupées en dix domaines d'intervention différents (voir tableau 3).

Les entreprises qui entrent dans la catégorie des gros consommateurs sont tenues d'appliquer des mesures d'efficacité énergétique rentables. La plasturgie s'est fixé pour objectif la période d'amortissement suivante: une mesure touchant au procédé doit être amortie en quatre ans et une mesure touchant aux infrastructures en huit ans. Le tableau montre que des mesures sont également mises en place lorsque leur période d'amortissement est supérieure à huit ans. Le critère du retour sur investissement n'est donc pas toujours l'argument décisif pour opter ou rejeter une mesure donnée: il reste toutefois une valeur de référence pour évaluer sa rentabilité.

COULEUR	RETOUR SUR INVESTISSEMENT
	Moins de 4 ans
	De 4 à 8 ans
	Plus de 8 ans

DOMAINE D'INTERVENTION	NOMBRE	RETOUR SUR INVESTISSEMENT
Éclairage	43	
Chaleur industrielle	36	
Air comprimé	32	
Chauffage	25	
Enveloppe du bâtiment	23	
Autres mesures sur produit/procédé (p. ex. : remplacement des machines de moulage par injection)	23	
Autres moteurs	22	
Froid industriel	17	
Ventilation/climatisation	16	
TIC et appareils électriques	1	
Total	238	

Tableau 3. Domaines d'intervention

La période d'amortissement est calculée comme suit :

$$A = \frac{Z_0 * p}{E + \Delta BK}$$

- E: économies d'énergie [en CHF/an]
- ΔBK: économies en coûts d'exploitation [en CHF/an]
- Z₀: investissements [en CHF]
- A: temps d'amortissement [années]
- P: part de l'énergie dans les charges [%]

4 MEILLEURES PRATIQUES

Outre les domaines d'intervention, les mesures efficaces méritent également une analyse approfondie. Elles sont au nombre de 79. Leur évaluation suit la même méthodologie que celle appliquée au chapitre précédent. Notre objectif est de montrer aux lecteurs et aux lectrices où peuvent se trouver les potentiels d'op-

timisation de l'efficacité énergétique dans leur propre entreprise. Pour ce faire, le tableau ci-dessous énumère les mesures selon le schéma suivant: domaine d'intervention, action, élément concerné. Le tableau comprend les 20 mesures les plus fréquemment mises en œuvre ou prévues.

RANG	DOMAINE D'INTERVENTION	ACTION	ÉLÉMENT CONCERNÉ	NOMBRE	PAYBACK
1	Éclairage	Remplacement	Ampoules	37	
2	Autres moteurs	Remplacement	Moteur	20	
3	Enveloppe du bâtiment	Rénovation	Bâtiment	14	
4	Air comprimé	Remplacement	Production d'air comprimé	11	
5	Froid industriel	Remplacement	Refroidissement	10	
6	Air comprimé	Maintenance	Réparer les fuites	7	
7	Air comprimé	Extension	Utilisation des rejets thermiques	6	
8	Chauffage	Optimisation du système	Isolation dans la répartition de chaleur	6	
9	Chaleur industrielle	Extension	Utilisation des rejets thermiques	6	
10	Enveloppe du bâtiment	Remplacement	Fenêtres	5	
11	Chauffage	Remplacement	Production de chaleur	5	
12	Ventilation/climatisation	Optimisation du système	Réduction des volumes d'air	5	
13	Chaleur industrielle	Optimisation du système	Isolation des éléments de l'installation	5	
14	Chaleur industrielle	Remplacement	Production de chaleur	5	
15	Autres mesures sur produit/procédé	Remplacement	Machine	5	
16	Éclairage	Extension	Capteurs de mouvement	4	
17	Chauffage	Remplacement	Brûleur	4	
18	Chaleur industrielle	Optimisation du système	Utilisation des rejets thermiques	4	
19	Chaleur industrielle	Rénovation	Installation	4	
20	Autres mesures sur produit/procédé	Mise hors service	Machine de moulage par injection	4	

Tableau 4. Liste abrégée des mesures

Dans les entreprises de plasturgie, le remplacement des ampoules électriques, des moteurs ou du système de production d'air comprimé fait également partie des mesures standard pour optimiser l'efficacité énergétique. Il existe, à ce sujet, divers documents sur le marché, notamment de SuisseEnergie

(www.suisseenergie.ch). Vous trouverez d'autres liens au chapitre 6. Nous nous intéressons, au chapitre suivant, aux mesures dont la mise en œuvre est plus complexe; il s'agit, par exemple, du remplacement des MMI ou du système de refroidissement, ou encore de la récupération des rejets thermiques.

5 CONCEPT D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Afin d'étudier les questions de la du refroidissement et de l'utilisation des rejets thermiques, nous examinons ci-dessous le potentiel dont peut profiter l'usine **modèle de la section 2.1** dans ces domaines pour ensuite proposer un concept d'optimisation de l'efficacité énergétique.

Avant même de considérer l'utilisation des rejets thermiques, le premier objectif consiste, de manière générale, à limiter les besoins en énergie. Dans notre cas précis, cela concerne essentiellement les machines de moulage par injection. Si ces dernières consomment moins d'énergie, elles rejettent moins de chaleur et réduisent ainsi notamment les besoins de refroidissement. Afin d'identifier les différences entre les machines, les fabricants ont effectué des tests concernant l'efficacité énergétique au niveau de la production; ces essais sont abordés ci-dessous.

L'accent est mis sur le principe de la simplicité et de l'efficacité. Dans la mesure du possible, les installations techniques

Nouveau concept

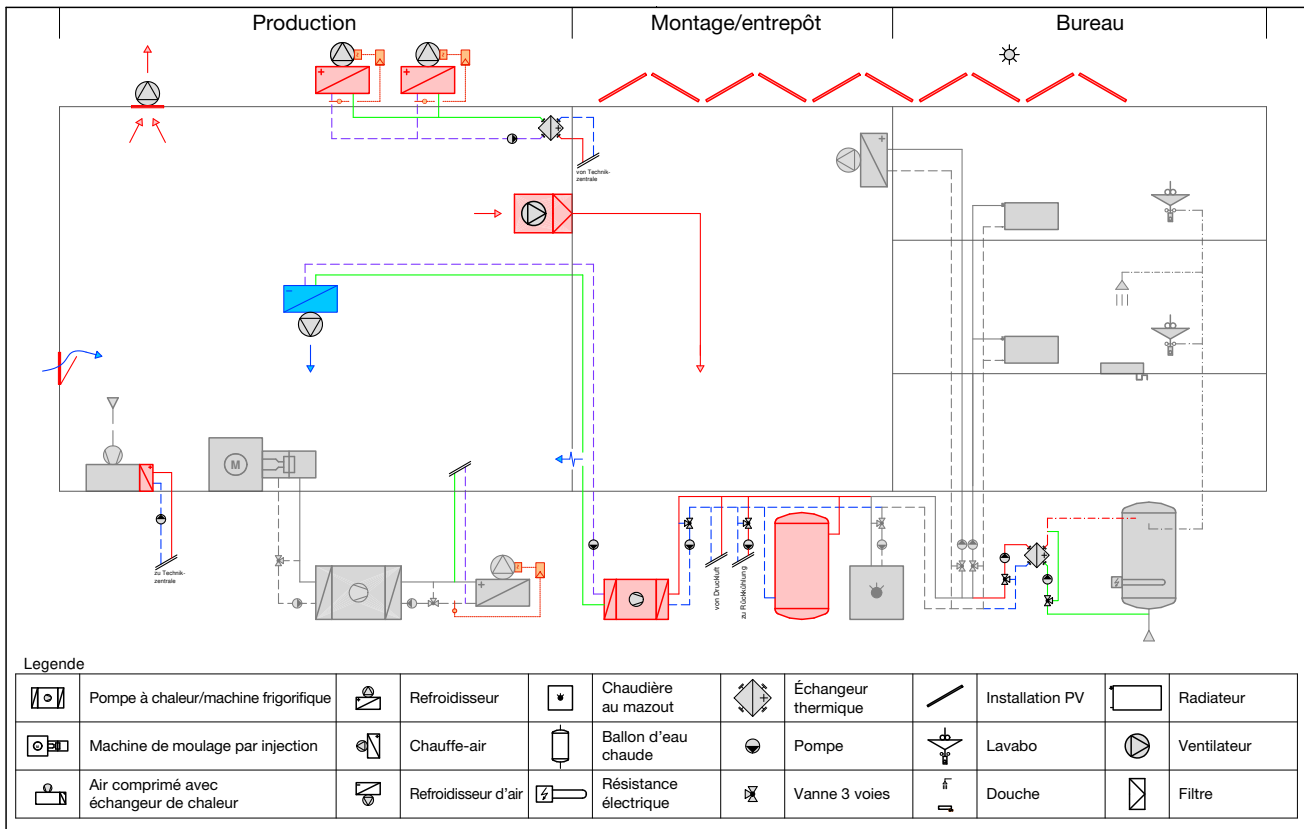
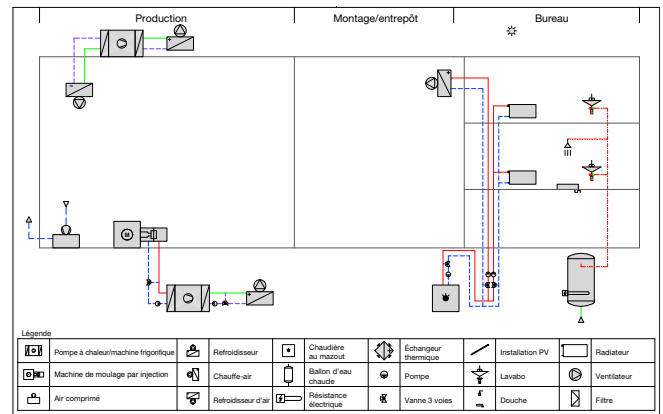


Illustration 3.: inventaire initial en haut et nouveau concept en bas

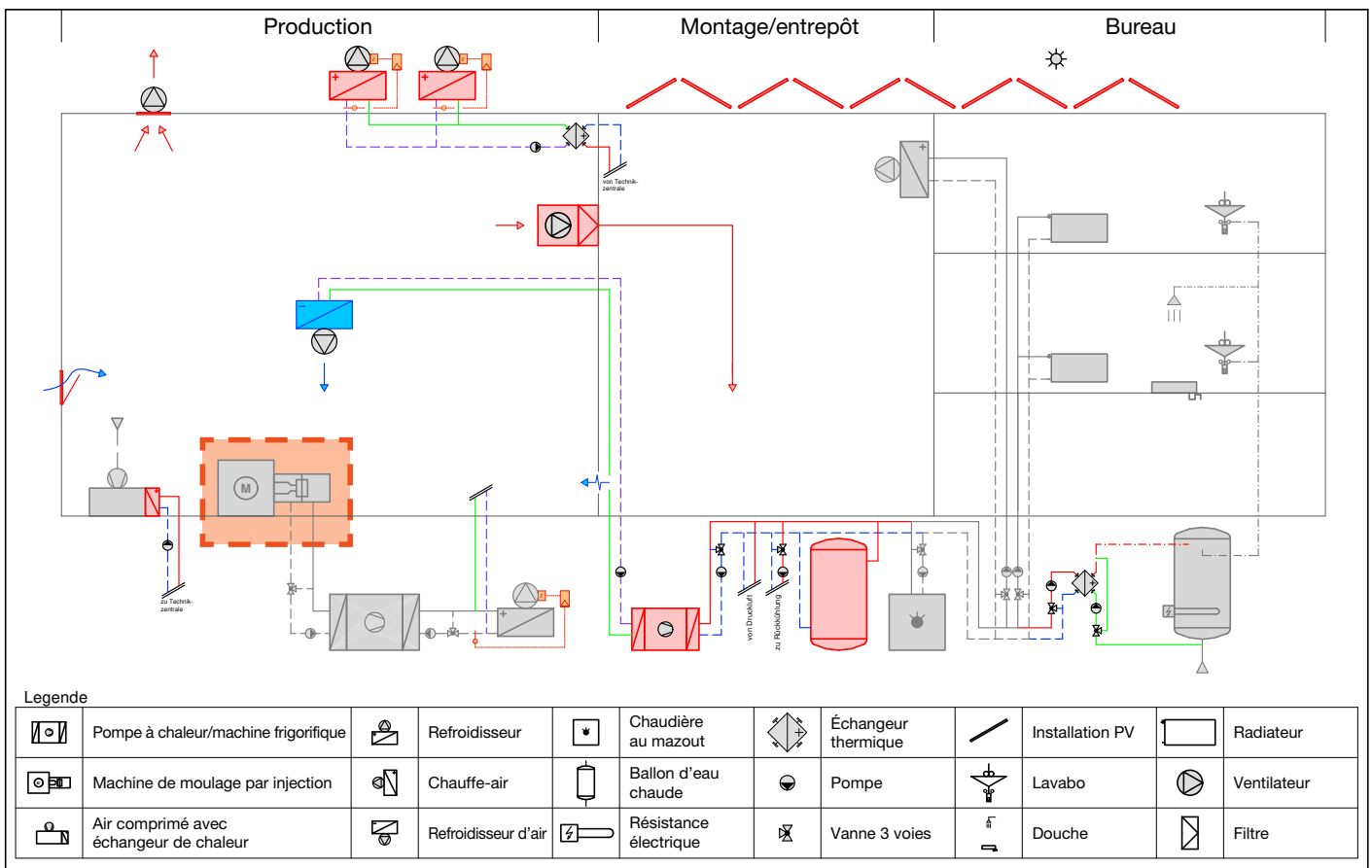
existantes sont conservées (chaudières ou radiateurs p. ex.) et le niveau de technicité est limité au strict minimum requis. Le concept associe un refroidissement efficace avec production de chaleur, une utilisation des rejets thermiques, ainsi que la production d'électricité pour sa propre consommation.

Situation initiale



5.1 REMPLACEMENT DE MACHINES

Situation initiale	La production compte 15 machines essentiellement hydrauliques.
Mesure	Lors du remplacement des machines, prévoir, dans la mesure du possible, des machines essentiellement électriques. Hypothèse : trois des machines essentiellement hydrauliques sont remplacées, en raison de leur âge, par des machines électriques de même puissance raccordée.
Conséquence	Le mode de fonctionnement plus efficace permet d'économiser environ 40 % d'électricité, ce à quoi s'ajoutent des économies de refroidissement, puisque moins de chaleur est produite, d'où une diminution de la chaleur à éliminer.
Économies	185 000 kWh/an d'électricité dans la production et 57 000 kWh/an d'électricité dans la production du froid.
Remarque	Ces économies se réfèrent aux essais ci-dessous effectués par différents fabricants de machines (membres de KUNSTSTOFF.swiss). Elles s'appuient sur le mix de produits évoqué au point « Machines de moulage par injection efficaces ».



5.1 Remplacement de machines



Des machines modernes permettent de faire des économies d'énergie conséquentes.

5.1.1 MACHINES DE MOULAGE PAR INJECTION EFFICACES

Les machines de moulage par injection (MMI) rejettent de la chaleur dans les locaux, générant ainsi une chaleur dissipée que des installations de refroidissement doivent éliminer, afin de créer un climat de travail agréable. Cela consomme de l'électricité et coûte de l'argent. Réussir à réduire la consommation d'électricité d'une machine implique une baisse de ses rejets de chaleur et donc une diminution des investissements dans le système de refroidissement.

Des fabricants de machines membres de KUNSTSTOFF.swiss ont effectué des essais afin de comparer des machines de moulage par injection hydrauliques avec les modèles les plus récents, en particulier entièrement électriques.

Le tableau ci-après donne un résumé de ces tests, des principaux paramètres des pièces produites, ainsi que des économies d'énergie réalisées. Aucun institut indépendant n'a vérifié ces essais; ces informations restent ainsi anonymes.

Ce tableau permet ainsi aux entreprises d'évaluer le gain d'efficacité approximatif possible en fonction des produits qu'elles fabriquent.

MATÉRIAU	POIDS FINAL	FORCE DE FERMETURE	CAVITÉS	TEMPS DE CYCLE	CONSOMMATION D'ÉNERGIE			ÉCONOMIE	ÉCONOMIE
					kWh/kg	kWh/kg	kWh/kg		
–	g	kN	–	s	hydrau-lique	servo-hydraulique	électrique	kWh/kg	%
ABS	106	2400	2	20	0,65	0,44		0,21	32 %
ABS	106	2400	2	20	0,65		0,27	0,38	58 %
PP	87,2	1000	1	26,20	0,398	0,349		0,049	12 %
PP	87,2	1000	1	26,20	0,398		0,308	0,090	23 %
ABS	75,0	1600	1	14	0,363	0,328		0,035	10 %
ABS	75,0	1600	1	14	0,363		0,303	0,060	17 %
ABS	52,0	1100	1	14	0,390	0,360		0,030	8 %
ABS	52,0	1100	1	14	0,390		0,316	0,074	19 %
PP	80	2000	1	32	0,88	0,58		0,3	34 %
PP	80	2000	1	32	0,88		0,41	0,47	53 %
PP	80	2000	1	32		0,58	0,41	0,17	29 %
PEHD	18	1000	24	11,5	0,93	0,65		0,28	30 %
PEHD	18	1000	24	11,5	0,93		0,36	0,57	61 %
PEHD	18	1000	24	11,5		0,65	0,36	0,29	45 %
PS	790	5000	1	89	0,98	0,55		0,43	44 %
PA 6	10	1000	1	17,5	3,98	2,65		1,33	33 %
PA 6	10	1000	1	17,5	3,98		1,83	2,15	54 %
PS	140	5000	12	3,8	0,67	0,4		0,27	40 %
PA 6,6 GF 35	83	1600		38	1,4		0,8	0,6	43 %
POM	4,5	600		5	2,1	1,7		0,4	19 %
POM	4,5	600		5	2,1		0,9	1,2	57 %
PEHD	195	4200	96	3,9	0,67				
PEHD	195	4200	96	3,23	0,67	0,41		0,26	39 %
PP	77	800	1	18,2	0,55		0,39	0,16	29 %
PP	143	1600	1	21,7	0,59		0,38	0,21	36 %
PP	143	2000	1	20	0,57	0,52		0,05	9 %
PP	143	2000	1	20	0,57		0,38	0,19	33 %
PP	190	2000	1	24,7	0,63		0,39	0,24	38 %
PEHD	27,8	500	4	20,44			0,46		
PA 66	16,9	1000	8	9,43			0,52		
PBT	91,8	1500	16	18,32			0,29		
PP	100,1	3000	8	8,43			0,34		

Les fabricants de machines ont également dû mentionner quelles étaient, à leurs yeux, les mesures les plus efficaces en matière d'efficacité énergétique pour les machines de moulage par injection :

1. Nommer le meilleur argument justifiant le remplacement de machines par des installations entièrement électriques.
2. Nommer un deuxième argument justifiant le remplacement de machines par des installations entièrement électriques.
3. Nommer un troisième argument justifiant le remplacement de machines par des installations entièrement électriques ou par des mesures importantes permettant d'améliorer l'efficacité des machines existantes.

Voici les réponses des fabricants de machines (membres de KUNSTSTOFF.swiss et classées par ordre alphabétique):

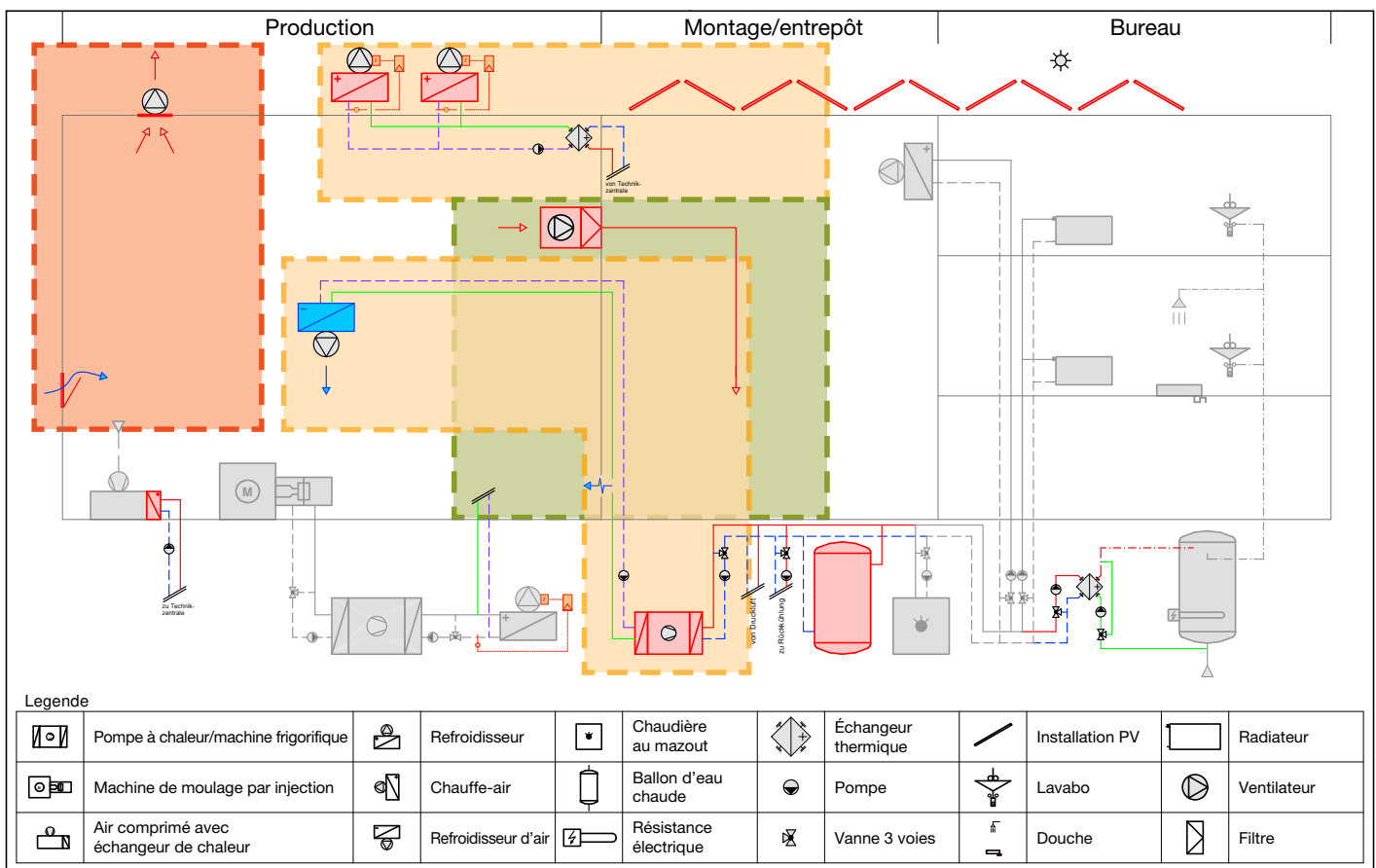
ENTREPRISE	QUESTION	MESURES LES PLUS EFFICACES
ARBURG GmbH + Co KG	1	Productivité maximale – la consommation d'énergie est maintenue au plus bas niveau tout en assurant des mouvements souples et à forte dynamique.
	2	Niveau très haut et très stable de la reproductibilité des procédés et de la précision du positionnement – avantages importants des solutions d'automatisation.
	3	Le type d'entraînement des machines de moulage par injection est déterminant pour l'efficacité ; les mesures mises en place ultérieurement ne sont généralement pas rentables. Aussi est-il particulièrement important de bien choisir sa machine lors de l'achat. Au niveau de l'application, les concepts d'entraînement hybrides permettent également une bonne efficacité énergétique et productivité.
ENGEL (SCHWEIZ) AG	1	Consommation minimale d'eau de refroidissement, émissions sonores faibles et peu de chaleur dégagée dans l'environnement (très important surtout dans les salles blanches médicales).
	2	La plus basse consommation d'énergie possible.
	3	Consommation minimale d'eau de refroidissement, émissions sonores faibles et peu de chaleur dégagée dans l'environnement (très important surtout dans les salles blanches médicales).
FANUC Switzerland GmbH	1	Des économies d'énergie significatives par rapport aux machines hydrauliques.
	2	Le contrôle du procédé est beaucoup plus précis.
	3	Les mouvements de la machine sont beaucoup plus rapides et se font aussi en parallèle, ce qui réduit les temps de cycle sans modifier le temps de refroidissement.

ENTREPRISE	QUESTION	MESURES LES PLUS EFFICACES
KraussMaffei (Schweiz) AG	1	La PX entièrement électrique est beaucoup plus précise, ce qui améliore la précision du procédé et diminue les émissions sonores. Par ailleurs, cette nouvelle technologie permet d'économiser 30 à 50 % d'électricité, jusqu'à 90 % d'eau et environ 20 à 30 % des frais de maintenance.
	2	La PX entièrement électrique est flexible et permet une utilisation avec des outils à fonctions hydrauliques. Très dynamique, elle permet d'effectuer tous les mouvements en parallèle. Le coût supplémentaire qu'implique la PX est très faible par rapport à une solution hydraulique.
	3	Sous la marque BluePower, KraussMaffei propose des mesures d'optimisation énergétique : manchons isolants, ServoDrive, vis mélangeuses, analyse énergétique, APC+, etc.
KraussMaffei High Performance AG (Netstal)	1	L'entraînement électrique offre deux types d'avantages : d'une part, la consommation d'énergie se limite aux moments et aux quantités réellement nécessaires, d'autre part, il est possible de récupérer l'énergie cinétique provenant des processus de freinage.
	2	L'association de composants d'entraînement hydrauliques modernes accroît encore les possibilités d'optimisation de l'efficacité énergétique. L'énergie récupérée peut ainsi être utilisée encore plus efficacement dans le procédé.
	3	Une technologie moderne d'entraînement hybride permet d'obtenir pratiquement le même rendement énergétique qu'avec des machines entièrement électriques. Le grand avantage tient au fait que tous les composants de la machine peuvent être exploités avec la technologie optimale sans aucune restriction sur le plan de la performance.
Sumitomo (SHI) Demag Plastics Machinery GmbH	1	Efficacité énergétique : IntElect permet de profiter d'un rendement optimal grâce aux caractéristiques premières de sa conception que sont, notamment, des entraînements directs sans rapports de réduction, un système de récupération de l'énergie de freinage, une vis à billes à haut rendement, ainsi qu'un système de refroidissement par air de tous les étages de l'entraînement.
	2	Précision : IntElect permet une régulation très précise du procédé ainsi qu'une très grande reproductibilité ; en d'autres termes, la plage de fluctuation est proche de zéro d'une injection à l'autre, ce qui améliore l'efficacité et réduit les coûts.
	3	Rendement : IntElect améliore la rentabilité de la production en réduisant, notamment, le temps de cycle. Cette possibilité est offerte par l'élimination des temps de réponse de l'hydraulique, des séquences parallèles de série, des entraînements hautement dynamiques et des niveaux de performance correspondants.
Wittmann Battenfeld	1	Lors de l'achat de nouvelles machines, préférer des machines entièrement électriques ou au moins hybrides. Le retour sur investissement pour le coût supplémentaire qu'implique une machine standard hydraulique est inférieur à trois ans. Par la suite, les économies d'énergie réalisées peuvent atteindre 7000 CHF/an.
	2	Analyser également le parc de machines existant : remplacer une ancienne machine inefficace par une nouvelle plus efficace peut s'avérer payant au bout de quelques années seulement.
	3	Isolation du cylindre de la vis ; consommation d'énergie à l'écran du système de commande : mesure, affichage et optimisation de la consommation d'énergie ; utilisation d'une huile plus fluide (HLP 32 au lieu de HLP 46) : la machine se met en route plus rapidement et émet moins de chaleur.

5.2 REFROIDISSEMENT NATUREL DIRECT

Situation initiale	En production, la machine frigorifique de la climatisation est arrivée à la fin de son cycle de vie et doit être remplacée. L'objectif est de couvrir les besoins en climatisation de manière aussi efficace que possible.
Solution	Un ventilateur aspire l'air chaud dans les locaux. Parallèlement, de l'air plus frais pénètre de l'extérieur (représenté ci-dessous symboliquement par une fenêtre basculante).
Effet	L'objectif est d'obtenir une température maximale de 30 °C dans l'atelier de production. À Zurich, la température extérieure reste inférieure à 22 °C pendant 8000 heures par an, période au cours de laquelle il est donc possible de refroidir les locaux directement avec l'air extérieur. COPa* jusqu'ici : 4 COPa* du refroidissement direct : 15
Économies	178 000 kWh/an d'électricité
Remarque	Le freecooling ne permet pas de renoncer au refroidissement mécanique. Dans le prochain chapitre nous allons aborder la couverture des pointes dans les besoins en refroidissement en cas de températures extérieures de > 22 °C. En raison des changements climatiques, la couverture des pointes dans les besoins en refroidissement gagnera en importance.

* COPa : coefficient de performance annuel = rapport entre la puissance thermique et la consommation d'électricité



■ 5.2 Refroidissement naturel direct ■ 5.3 Couverture des pointes dans les besoins en refroidissement ■ 5.4 Transfert de chaleur direct

5.3 COUVERTURE DES POINTES DANS LES BESOINS EN REFROIDISSEMENT

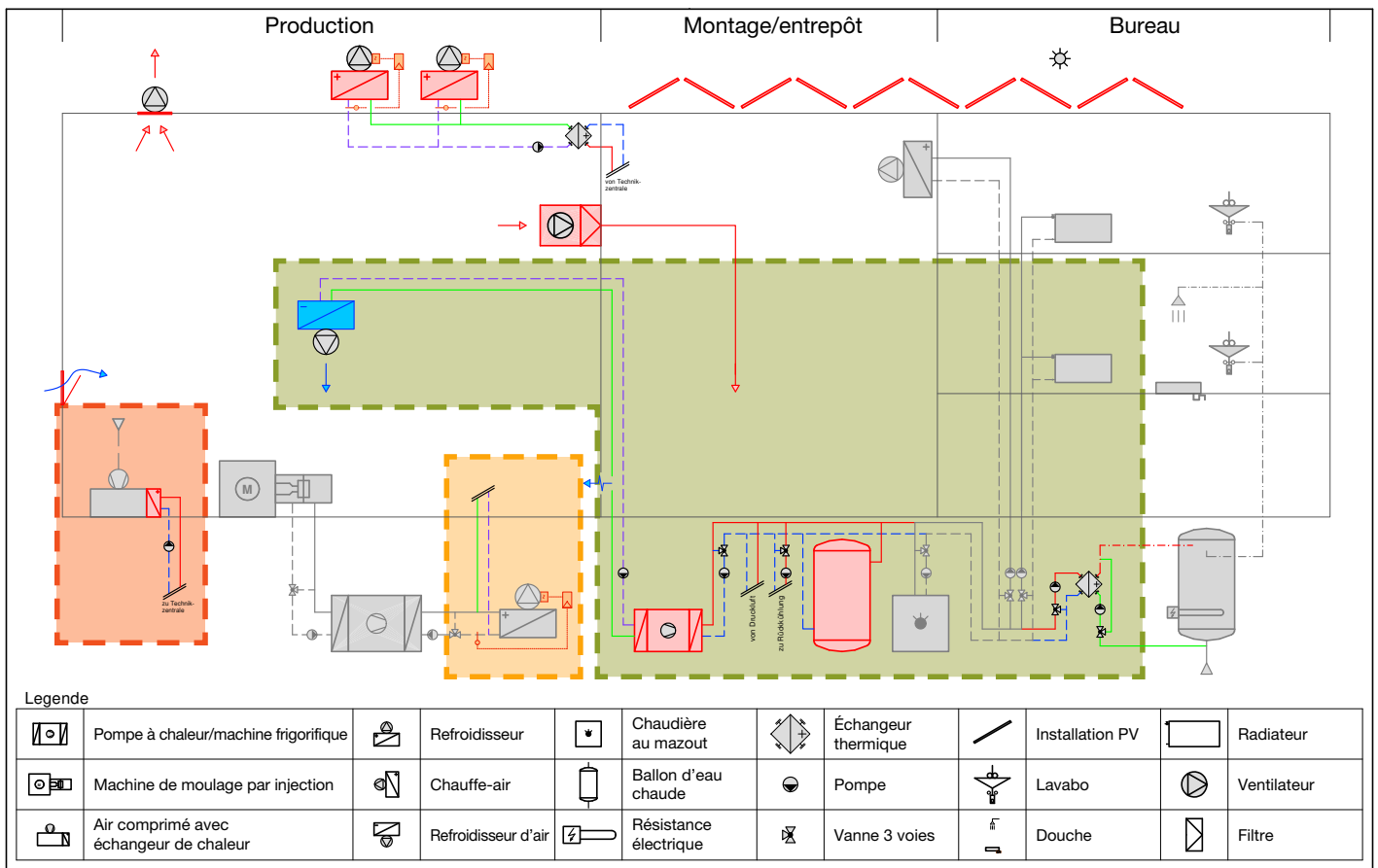
Situation initiale	En production, la machine frigorifique de la climatisation est remplacée. La majeure partie du temps, l'atelier de production est climatisé par refroidissement naturel direct. Une production de froid ne sera nécessaire que ponctuellement en été.
Mesure	On utilise une pompe à chaleur (PC)/machine frigorifique (MF). Elle pourra être utilisée en pompe à chaleur pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage (voir 5.7), et l'été, en machine frigorifique pour refroidir l'atelier de production. L'air froid introduit à un niveau aussi bas que possible dans les locaux refoule l'air chaud vers le haut. Cette stratification idéale crée un tapis d'air froid au sol, c'est-à-dire là où le personnel se trouve, si bien qu'il n'est pas nécessaire de refroidir tout l'air dans l'atelier.
Effet	L'objectif est d'obtenir une température maximale de 30 °C dans l'atelier de production. Quand la température extérieure ne dépasse pas 22 °C, l'abaissement de la température intérieure peut être assuré par refroidissement naturel. La température extérieure est supérieure à 22 °C seulement 760 (de 8760) heures par an, période au cours de laquelle le refroidissement est assuré à l'aide d'une machine frigorifique, avec une différence de température aussi basse que possible entre refroidissement et échangeur de chaleur. COPa de la machine compacte jusqu'ici : 4 COPa de la nouvelle machine frigorifique : 7,5
Économies	35 000 kWh/an d'électricité
Remarque	On peut renoncer aux composants pour l'opération en tant que machine frigorifique si on peut accepter ponctuellement des températures plus élevées dans l'atelier de production.

5.4 TRANSFERT DE CHALEUR DIRECT

Situation initiale	Les locaux de montage et de stockage adjacents à la production sont chauffés au moyen de chauffe-air, en utilisant la chaleur provenant de la chaudière à mazout existante. Les besoins en chaleur, déperditions incluses, se montent à 240 000 kWh/an.
Mesure	Un ventilateur équipé d'un filtre est installé afin d'utiliser l'air chaud provenant de la production comme source de chaleur directe. L'apport d'air se fait dans la partie inférieure du local. Les chauffe-air existants sont conservés pour des raisons de redondance.
Effet	À l'exception d'une interruption de deux semaines en hiver, les besoins en chaleur sont entièrement couverts par l'air chaud provenant de l'atelier de production. COPa (du ventilateur) : 15
Économies	216 000 kWh/an en équivalent mazout
Besoins supplémentaires	14 400 kWh/an d'électricité

5.5 UTILISATION DES REJETS THERMIQUES DE LA PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ

Situation initiale	Quelque 95 % de l'énergie utilisée pour produire l'air comprimé est disponible sous forme de rejets thermiques. Leur température peut atteindre 70 °C et ils sont éliminés par l'air (ventilateur) sans être utilisés. L'appareil est un compresseur à vis d'une puissance permanente de 25 kW.
Mesure	Ce compresseur à air comprimé est complété par un échangeur thermique placé entre le refroidisseur à huile et l'eau de chauffage. Une régulation avec circuit de mélange permet d'adapter la température aux besoins de chauffage. S'il n'y a aucun besoin de chauffage, la chaleur produite est rejetée à l'extérieur.
Effet	La température des rejets de chaleur est plus élevée que celle du chauffage et de la production d'eau chaude sanitaire. Les besoins en chaleur pour produire l'eau chaude ainsi qu'une partie des besoins de chauffage sont couverts par les rejets de chaleur provenant de la production d'air comprimé. Le ventilateur n'est plus nécessaire; l'électricité qu'il consommait est ainsi économisée.
Économies	67 000 kWh/an en équivalent mazout 4500 kWh/an d'électricité pour le ventilateur supprimé



■ 5.5 Utilisation des rejets thermiques de la production d'air comprimé
 ■ 5.6 Utilisation des rejets thermiques des systèmes de refroidissement des machines
 ■ 5.7 Pompe à chaleur air-eau

5.6 UTILISATION DES REJETS THERMIQUES DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT DES MACHINES

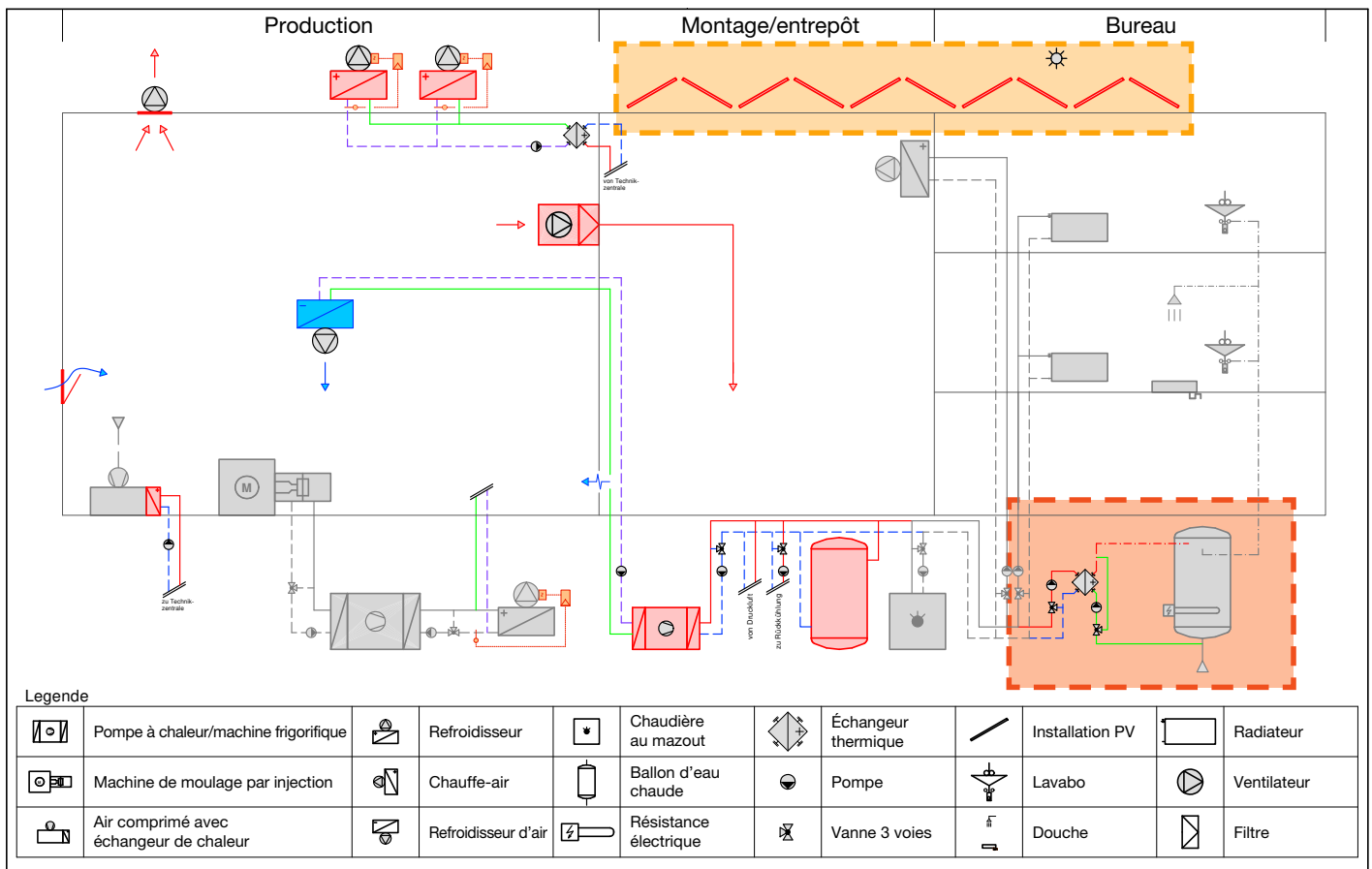
Situation initiale	Le refroidissement des machines, qui inclut le refroidissement des outils et, le cas échéant, le refroidissement du système hydraulique, est assuré par des systèmes de refroidissement intégrés aux machines et fournis par leur fabricant.
Mesure	Dans la mesure du possible, l'objectif est d'utiliser ici directement les rejets thermiques des machines. La chaleur ainsi dissipée est toutefois déjà en surabondance dans l'atelier de production.
Effet	Non intégré au bilan
Remarque	L'intégration d'une solution étant plus complexe dans le cas du refroidissement des machines, cette mesure est uniquement indiquée à titre d'information. Le site permettra éventuellement de vendre la chaleur aux bâtiments environnants, par le biais d'un réseau de chauffage à distance, par exemple, ce qui représenterait une source de revenus supplémentaires pour l'entreprise et une justification pour des investissements.

5.7 POMPE À CHALEUR AIR-EAU

Situation initiale	Une chaudière à mazout couvre les besoins en chaleur des bureaux, de l'atelier de montage et de l'entrepôt. Le chauffage et l'eau chaude sanitaire requièrent une température de départ de 60°C. L'atelier de production connaît, tout au long de l'année, un surplus de chaleur qui se dissipe dans l'air ambiant à une température d'env. 30°C.
Mesure	La chaleur de la production est utilisée grâce à une pompe à chaleur air-eau. La chaudière à mazout est conservée pour des raisons de redondance.
Effet	Cette mesure permet de refroidir l'atelier de production, tout en couvrant les besoins de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire avec la pompe à chaleur air-eau. COPa pompe à chaleur air-eau 30/60 : 4,3
Économies	31 000 kWh en équivalent mazout pour le chauffage (en tenant compte des mesures précédentes)
Dépenses suppl.	6000 kWh/an d'électricité
Remarque	La température des rejets de chaleur étant très élevée (30°C), le système n'a pas besoin d'augmenter fortement la température (ici env. 72 K), comme c'est généralement le cas avec les pompes à chaleur air-eau en hiver.

5.8 INTÉGRATION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE DANS LE CIRCUIT DE CHAUFFAGE

Situation initiale	L'eau chaude sanitaire est produite par un corps de chauffe électrique.
Mesure	Le chauffe-eau est intégré au circuit de chauffage par le biais d'un échangeur de chaleur externe. Le corps de chauffe électrique est conservé pour des raisons de redondance.
Effet	L'eau chaude n'est plus produite directement par un corps de chauffe électrique, mais en utilisant les rejets de chaleur de l'atelier de production ou du système de production d'air comprimé.
Économies	8000 kWh/an d'électricité



■ 5.8 Intégration de l'eau chaude sanitaire dans le circuit de chauffage ■ 5.9 Photovoltaïque (PV)

5.9 PHOTOVOLTAÏQUE (PV)

Situation initiale	Le toit plat n'est pas utilisé et doit être rénové. La production est grande consommatrice d'électricité et ses besoins pourraient être directement couverts par une installation photovoltaïque.
Mesure	Installation d'un système photovoltaïque de 136 kWp pour une surface d'environ 800 m ² sur le toit rénové.
Effet	L'électricité produite grâce à l'énergie solaire est principalement utilisée directement à la production. Quand cette dernière s'interrompt, les excédents d'électricité sont injectés dans le réseau en permettant une rémunération.
Recettes	126 000 kWh/an d'électricité en production propre
Investissement	Env. CHF 165 000.–
Remarque	L'état de la toiture doit être évalué avant l'installation. Les installations PV ont une durée de vie d'env. 30 ans. Cette mesure peut être facilement réalisée lors d'une rénovation de toiture.



5.10 RÉSULTATS

Les tableaux ci-dessous récapitulent les effets des différentes mesures sur les besoins en énergie et sur les coûts :

MESURE	ÉLECTRICITÉ	MAZOUT	ÉCONOMIES
	KWH/AN	KWH/AN	CHF/AN*
Remplacement des machines (3 sur 15)	-185 000	0	-18 500
Remplacement des machines (électricité pour machines frigorifiques)	-57 000	0	-5 700
Refroidissement naturel direct	-178 000	0	-17 800
Couverture des pointes dans les besoins en refroidissement	-35 000	0	-3 500
Transfert direct de chaleur	14 400	-216 000	-11 500
Utilisation des rejets thermiques de la production d'air comprimé	-4 500	-67 000	-4 500
Refroidissement des machines par récupération des rejets thermiques	n/a	n/a	n/a
Pompe à chaleur air-eau	6 000	-31 000	-1 300
Intégration de l'eau chaude sanitaire dans le circuit de chauffage	-8 000	0	-800
Total pour ces mesures	-447 100	-314 000	-63 600

* Données financières de base: 0,10 CHF/kWh pour l'électricité et 0,06 CHF/kWh pour le mazout.

Il en résulte une nouvelle répartition des consommateurs d'énergie finale au sein de l'entreprise :

MAZOUT			
Chaudière à mazout	kWh/an	10 000	

ÉLECTRICITÉ			
Chauffage des locaux (pompe à chaleur)	kWh/an	20 400	1 %
Climatisation	kWh/an	134 000	5 %
Refroidissement des machines	kWh/an	308 000	11 %
Production	kWh/an	2 068 000	73 %
Air comprimé	kWh/an	133 500	5 %
Eau chaude sanitaire	kWh/an	0	0 %
Autres (éclairage, informatique, etc.)	kWh/an	158 000	6 %
Total	kWh/an	2 821 900	100 %

Au niveau de l'entreprise dans son ensemble, la consommation d'électricité peut être réduite de 14 % et celle de mazout de 97 %. Les coûts annuels de l'énergie peuvent diminuer de 18 %.

MESURE	ÉLECTRICITÉ	MAZOUT	COÛTS DE L'ÉNERGIE
	KWH/AN	KWH/AN	CHF/AN
Situation initiale	3 269 000	324 000	346 300
Économies	-447 100	-314 000	-63 600
Diminution en pour cent	-14 %	-97 %	-18 %

Grâce à l'utilisation des rejets thermiques, les besoins en mazout peuvent être réduits de 97 % et passer de 324 MWh/an à 10 MWh/an.

Une installation photovoltaïque permet de produire et de consommer 126 MWh/an d'électricité propre, ce qui correspond à 4,5 % des besoins futurs et à une économie de 12 600 CHF/an. Des mesures standard, telles que le remplacement d'ampoules, de la production d'air comprimé ou de moteurs, offrent d'autres potentiels d'économies qui n'ont pas été inclus ici.

En raison du procédé de mise en forme, les ateliers de plâsturgie consomment beaucoup d'électricité qui, comme dans notre entreprise modèle, doit être utilisée avec la plus grande efficacité possible. Les besoins en énergie thermique peuvent être couverts à près de 100 % par l'électricité consommée lors du procédé de production. Un refroidissement efficace permet d'éviter des coûts inutiles.

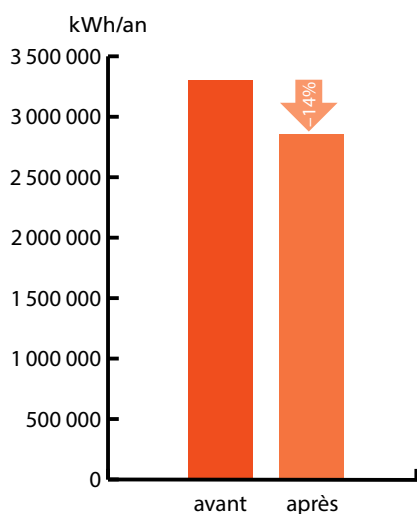
QUELLE SUITE À DONNER ?

Les entreprises peuvent désormais se comparer à cette usine modèle, effectuer un état des lieux en peu de temps, puis identifier leurs propres potentiels d'économies.

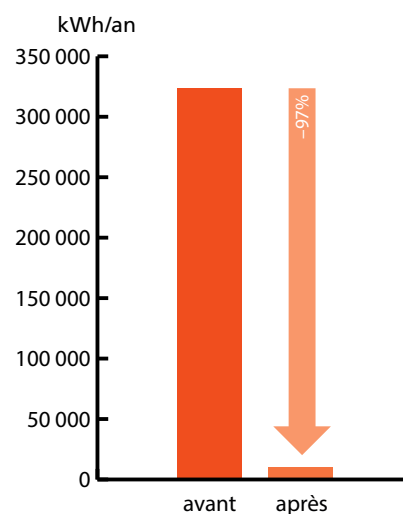
Si potentiel il y a, les mesures mineures peuvent être directement planifiées et mises en œuvre. En ce qui concerne les interventions plus complexes, nous recommandons de faire appel à des bureaux d'études spécialisés qui se chargeront de coordonner le projet, au mieux de le planifier, de gérer les appels d'offres, d'accompagner la réalisation et d'effectuer les réglages nécessaires une fois l'installation terminée.

Le chapitre suivant vous présente, entre autres, les différents programmes d'incitations financières proposés par Suisse-Energie. Sur la base du volontariat, les entreprises ont la possibilité de mettre en œuvre des mesures d'efficacité énergétique et de demander une subvention correspondante.

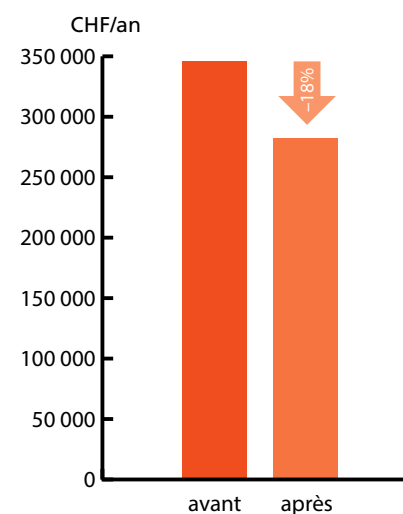
ÉLECTRICITÉ



MAZOUT



COÛTS DE L'ÉNERGIE



6 INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

CADRE JURIDIQUE

Les lois cantonales sur l'énergie peuvent exiger des **gros consommateurs**, c'est-à-dire de ceux qui consomment plus de 5 GWh d'énergie thermique par an ou plus de 0,5 GWh d'électricité, de mettre en place des mesures d'économie d'énergie (articles sur les gros consommateurs). En outre, les cantons sont également chargés de spécifier les obligations légales concernant les bâtiments et leurs installations techniques. Merci de vous adresser à vos autorités cantonales compétentes pour en savoir davantage sur les exigences en vigueur.

Les entreprises qui entrent dans la catégorie des gros consommateurs d'électricité peuvent conclure une convention d'objectifs et bénéficier ainsi du remboursement du supplément réseau. De la même manière, **les entreprises qui produisent une grande quantité de gaz à effet de serre** peuvent être exemptées de la taxe sur le CO₂ si elles s'engagent à réduire leurs émissions dans le cadre d'une convention d'objectifs. Veuillez prendre contact avec l'Office fédéral de l'énergie ou l'Office fédéral de l'environnement pour en savoir davantage sur les critères d'admission.

AIDES PROVENANT DE LA CONFÉDÉRATION

Appels d'offres publics – ProKilowatt:

ProKilowatt apporte un **soutien financier** à la mise en œuvre de mesures visant à augmenter l'efficacité énergétique. Les subventions sont accordées, dans le cadre d'une procédure d'adjudications, aux projets ou programmes présentant le meilleur rapport coûts-efficacité. ProKilowatt promeut, d'une part, les projets individuels proposés par des entreprises du secteur industriel et tertiaire et, d'autre part, les programmes incluant généralement plusieurs solutions propres à une spécialité ou à une technologie. Pour en savoir plus, merci de consulter le site www.prokw.ch.

SuisseEnergie:

SuisseEnergie est une plateforme qui réunit, sous un même toit, tous les projets volontaires d'application de la politique énergétique suisse. Le site www.suisseenergie.ch vous présente différents outils pour préparer et planifier vos solutions d'efficacité énergétique. Par exemple :

Air comprimé

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/air-comprime-efficient

Froid

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/froid-efficace

Moteurs

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/entraitements-electriques

Pompes

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/pompes-efficaces

Optimisation du chauffage/utilisation des rejets thermiques

www.energieschweiz.ch/page/de-ch/abwaermenutzung

Ventilateurs/aération

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/Aeration-de-confort

Installations d'infrastructures

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/infrastructure-et-batiments

Photovoltaïque

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/mon-installation-solaire

Éclairage

www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/eclairage

SuisseEnergie a également développé une série de services pour aider **financièrement** les entreprises à analyser leur consommation d'énergie et à planifier des mesures concrètes d'amélioration de leur efficacité énergétique. Il s'agit notamment de :

- **PEIK:** PEIK propose un service professionnel de conseil en énergie aux PME dont la consommation d'électricité se situe entre 100 et 500 MWh/an.
- **PINCH:** l'analyse Pinch s'adresse aux PME du secteur industriel. Elle permet d'étudier les procédés thermiques afin d'identifier les principaux consommateurs d'énergie et les plus grands potentiels pour les économies d'énergie. <https://www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/optimisation-energetique-dans-lindustrie>
- **ProAnalySys:** le programme ProAnalySys permet une analyse détaillée des entraînements électriques dans les procédés industriels à l'aide de mesures effectuées pendant la production, et ce afin d'identifier et d'exploiter les potentiels pour les économies d'énergie. <https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/9594>

AUTRES PROGRAMMES DE SOUTIEN

Certains cantons, communes et producteurs d'électricité soutiennent également les projets visant à améliorer l'efficacité énergétique ou à utiliser les énergies renouvelables. Le site www.energiefranken.ch vous permettra de trouver les financements appropriés disponibles en indiquant votre NPA.

INFORMATIONS ET CONSEILS

www.suisseenergie.ch est la plateforme pour toutes les questions touchant à l'économie d'énergie et aux énergies renouvelables.

Cette brochure a été rédigée en étroite collaboration avec KUNSTSTOFF.swiss, les fabricants de machines et eicher+pauli. Nous les remercions pour leur engagement.

Source : Shutterstock (page 4; 23), KUNSTSTOFF.swiss (couverture, page 5; 6), Krauss Maffei (page 14)

+ KUNSTSTOFF
.SWISS

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale: CH-3003 Berne
Infoline 0848 444 444, www.infoline.suisseenergie.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.suisseenergie.ch, twitter.com/energieschweiz

Distribution: www.publicationsfederales.admin.ch
Numéro d'article 805.911.F

FSC Logo

KN Logo

0000000000
0000
0000