

Arguments coûts-efficacité pour l'exploitation optimale des installations complexes (EOc)



Equipe de projet "installations techniques complexes"

J.-M. Chuard, Enerconom AG, Bern
Dr. A. Jaecklin, Gerling Consulting Gruppe AG, Zürich
H. Jöri, Institut für angewandte Psychologie (IAP), Zürich
R. Messmer, K.M. Marketing, Winterthur
H.P. Nützi, Office fédéral de l'énergie OFEN, Bern
V. Prochaska, Axima Refrigeration AG, Winterthur
E. Schadegg, Gruenberg & Partner AG, Zürich
Prof. Dr. H.R. Schalcher, pom+Consulting AG, Zürich

Traduction

Valérie Girardot, Gerling Consulting Gruppe GmbH, Köln
Jean-Claude Coutaz, Sigma Ingénieurs SA, Sion

Rédaction 2ème édition

J.-M. Chuard, Enerconom AG, Bern

Berne, janvier 2003

© OFEN, Office fédéral de l'énergie, Berne
Reproduction autorisée par extraits avec la réserve de mentionner les sources.

SuisseEnergie
OFEN, Office fédéral de l'énergie, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen
Adresse postale: CH-3003 Bern
Tél. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 – office@bfe.admin.ch – www.suisseenergie.ch

BBL-EDMZ Numéro de commande 805.220.3f

Indice

1.	Objectifs	4
2.	Personnes concernées par l'exploitation optimale	5
3.	Définition de l'EOc des installations existantes	6
3.1	Généralités	6
3.2	Démarches pour l'EOc des installations existantes	6
4.	Arguments pour l'EOc des installations existantes	7
4.1	Arguments quantifiables	7
4.2	Arguments qualitatifs	9
5.	L'aspect financier d'un projet EOc	10
6.	Rentabilité d'une EOc	11
6.1	Situation de départ	11
6.2	Concept d'analyse / restrictions	12
6.3	Analyse de la rentabilité dans l'exemple d'un centre de calcul	13
6.3.1	Description de projet EOc	13
6.3.2	Calcul énergétique du Centre de calcul	15
6.3.3	Observation statique des mesures individuelles EOc	17
7.	Annexe	21

1. Objectifs

Le "marketing social" cherche à modifier le comportement des personnes concernées (maître de l'ouvrage/propriétaire - exploitant/locataire) à les motiver afin qu'elles apportent une contribution efficace à l'exploitation optimale des installations techniques. Quels sont leurs intérêts?:

- L'intérêt du **maître de l'ouvrage/propriétaire** consiste à retirer un bénéfice de l'opération. Les coûts de fonctionnement étant, en règle générale, répercutés sur le locataire/exploitant, il n'a pas de motivation à encourager l'exploitant dans sa démarche allant dans le sens d'une exploitation optimale des installations complexes (EOc).
- L'intérêt de l'**exploitant/locataire** réside dans la réduction des coûts de fonctionnement. Aussi, la dépense liée à l'engagement d'un spécialiste EOc ou l'exécution de mesures en vue d'une exploitation optimale ne peuvent pas être engagées facilement.

Le dénominateur commun est donc la réduction des coûts ou l'augmentation des gains. Le présent dossier vise donc à atteindre les objectifs du marketing social en se concentrant en priorité sur des objectifs quantifiables et justifiables en termes de coûts. Les domaines suivants seront traités:

- Catalogue des arguments
- Rapport coûts/efficacité en relation avec les arguments
- Présentation de l'efficacité globale avec des compléments permettant de mieux cerner le rapport coûts/efficacité.

Les arguments seront tirés d'exemples concrets, et justifiés à l'aide d'une analyse de rentabilité économique.

2. Personnes concernées par l'exploitation optimale

L'EO d'installations techniques complexes est un processus dynamique qui concerne différentes personnes, l'exploitant/le locataire/l'utilisateur, le propriétaire/le maître de l'ouvrage. Compte tenu de l'imbrication des problèmes, les observations doivent donc se faire selon les différentes phases de l'exploitation.

phase de l'exploitation "exploitation normale": Exploitant Surveillant Locataire	Assistance / support: Entretien Service Contrôles	Remarques: Optimisation du fonctionnement par le biais de contrôles, instructions et réglages; aucun investissement en dehors de l'entretien courant
phase de l'exploitation "assistance à l'EOc": Exploitant Surveillant Locataire	Spécialiste EOC Relevés Indices connus	Exploitation optimale basée sur des objectifs définis à partir de mesures et évaluations spécifiques; investissements minimaux par ex. CHF< 3000.–
phase de l'exploitation "investissements EOC": Maître de l'ouvrage Propriétaire	Planificateur Entrepreneur/Installateur Producteur	Exploitation optimale par le biais d'investissements prévus à cet usage.

Le diagramme suivant précise les différents niveaux d'intervention des personnes concernées et les relations correspondantes:

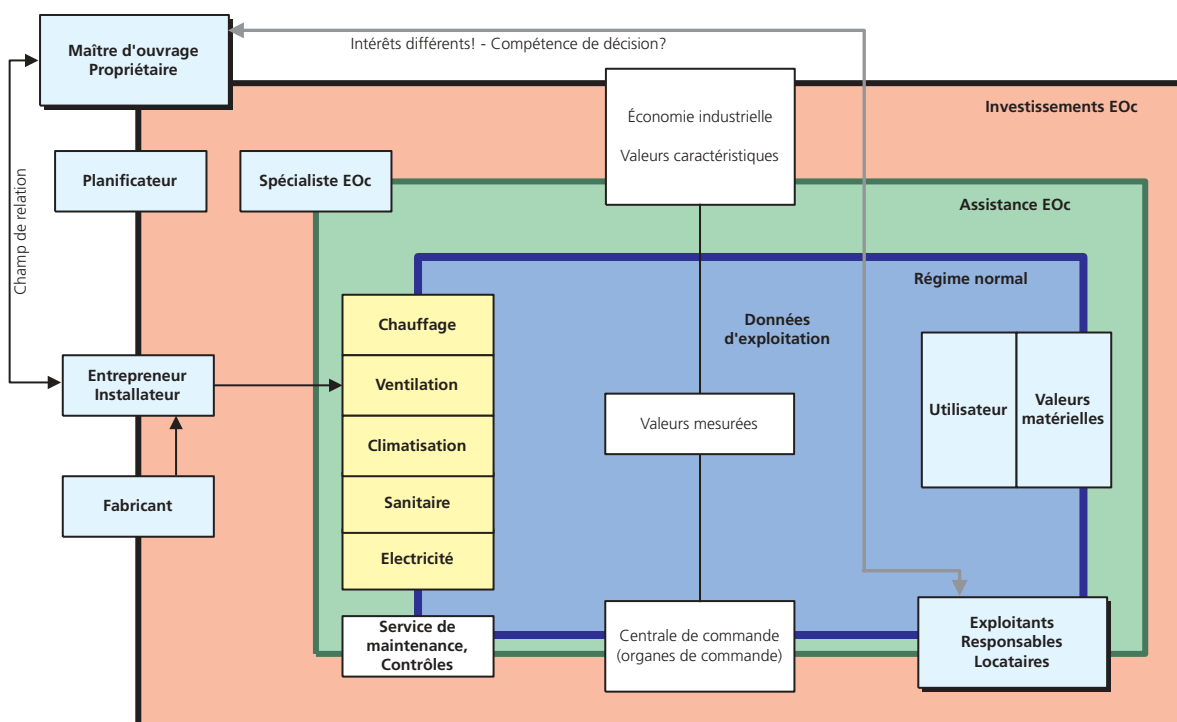


Figure 1: Le modèle EOC à 3 niveaux illustre les interrelations entre les sphères d'intérêt ainsi que les "circuits" relevant de la procédure EOC.

3. Définition de l'EOc des installations existantes

3.1 Généralités

Les investigations en vue de l'argumentaire coûts/efficacité sont issues des réflexions suivantes:

Qu'entend-on par "installation existante"?

Par "installation existante", on désigne des installations techniques complexes en fonction, qui, après une mise en service correcte, ont été réceptionnées par le maître de l'ouvrage ou son représentant. La période de garantie est en général échue, de sorte que l'éventuel risque pris pour une EOc est supporté par le maître de l'ouvrage, éventuellement par l'exploitant.

En quoi consiste l'investissement EOc pour des installations existantes?

L'investissement EOc est composé de deux parties :

- Une "partie software" ne comprenant que des honoraires versés pour une proposition de mesures EOc
- Une "partie hardware" qui comprend le coût de l'exécution des mesures EOc proposées.

Les dépenses engagées par l'exploitant pour l'évaluation des mesures possibles, pour la récolte d'informations sur le fonctionnement et sur les consommations ne sont, en règle générale, pas prises en considération.

Quelle importance maximale peut avoir la "partie hardware" dans l'exploitation optimale?

Une exploitation optimale nécessite des investissements répétés et coûteux. Pour cette raison, il est difficile de fixer une limite à ne pas dépasser.

En effet, les frontières entre l'assainissement, la remise en état et l'amélioration d'un composant d'une installation sont difficiles à fixer.

Quels aspects sont pris en compte lors d'une EOc des installations existantes?

Il y en a deux :

- une optimisation technique
- une optimisation des exigences

Par optimisation technique, on entend par exemple des mesures comme l'arrêt d'installations, la réduction des durées de fonctionnement ou encore des réglages fins. L'optimisation des exigences comprend la définition par les exploitants/utilisateurs, de la durée de fonctionnement, des écarts admissibles au niveau des consignes à respecter etc.

3.2 Démarches pour l'EOc des installations existantes

Une EOc des installations existantes est une démarche par étapes avec évaluation régulière et mises en œuvre successives de mesures individuelles.

Phase "exploitation normale":

EOc par des contrôles, instructions et réglages; aucun investissement à l'exception de l'entretien courant.

Phase "assistance à l'EOc":

EOc avec des objectifs précis définis à partir de relevés et d'évaluations ; investissements minimaux.

Phase "investissements EOc":

EOc par le biais d'investissements prévus pour cela.

L'analyse consciencieuse de l'installation avec le choix des mesures représentant le plus gros potentiel d'économies donne de la transparence au projet et autorise la poursuite de la démarche. L'expérience et le know-how accumulés sur l'installation facilitent la tâche du spécialiste EOc pour les étapes suivantes.

4. Arguments pour l'EOc des installations existantes

Le catalogue des arguments fait la distinction entre les arguments quantifiables et les arguments qualitatifs. Leur justification tient compte des personnes concernées (maître de l'ouvrage/propriétaire, exploitant/surveillant, utilisateur/consommateur, spécialiste EOc). La démarche adoptée pour l'analyse de la rentabilité économique est résumée dans le chapitre 6.

4.1 Arguments quantifiables

Argument 1

Une EOc des installations existantes est une démarche par étapes avec évaluation régulière et mises en oeuvre successives de mesures individuelles.

L'évaluation régulière et la mise en œuvre successives sont mises en évidence dans le graphique "phases de projet EOc du point de vue financier" (chapitre 5).

Le résultat d'ensemble obtenu à partir des mesures individuelles apparaît clairement – tant en termes de consommation que de coûts – dans l'exemple de référence (voir le graphique "répartition de la consommation énergétique globale", chapitre 6.3.2.).

Argument 2

Le pourcentage d'économie d'énergie et de la réduction des dépenses pouvant être obtenu par une EOc des installations existantes, varient entre 10 et 40%.

Le potentiel d'économies d'énergie dépend fortement de la configuration des installations techniques. Il est plus élevé dans le cas d'installations diverses (ventilation, refroidissement et chauffage) que dans celui d'une installation où seul le chauffage peut être optimisé.

La redondance et le surdimensionnement influencent fortement le potentiel d'économies.

Argument 3

Les mesures EOc avec un "low-budget" et présentant un potentiel d'économies élevé sont des éléments déterminants.

Chaque EOc devrait avoir pour objectif de réaliser un maximum d'économies avec un minimum de dépenses. De faibles investissements avec un potentiel d'économies élevé sont de nature à encourager l'exploitant/surveillant ou encore le maître de l'ouvrage/propriétaire à s'intéresser à une EOc et à entreprendre les premières mesures.

Pour le spécialiste EOc, cet argument a un grand poids dans le cadre de démarches de prospection pour obtenir un futur mandat EOc.

Argument 4**Les mesures EOc ont des courtes durées d'amortissement.**

Ceci est valable en particulier pour les premières mesures à potentiel d'économies élevé.

Les durées d'amortissement prises sur un exemple sont représentées dans le "Graphique 14: Payback" (chapitre 6.3.3). En dehors d'un investissement EOc, toutes se situent dans la fourchette de Payback précité soit 3-4 ans.

Argument 5**Le rendement du capital investi dans les mesures EOc se situe dans l'ordre de grandeur de 30 à 300%.**

Pour le propriétaire/exploitant, l'efficacité des mesures individuelles à faible capital est de nature à encourager la poursuite d'une EOc.

L'exemple (Graphique 13, chapitre 6.3.3) montre que des rendements élevés sont possibles. L'analyse des rendements doit être vue globalement, il en va de même pour le commentaire des résultats.

Argument 6**La rentabilité économique des mesures EOc autorise le recours à des modèles de financement particuliers (par ex. "energy-contracting").**

Certaines formes de financement par exemple le "contracting" sont des instruments favorables pour une EOc, en particulier le "performance-contracting".

Avec ce financement, le spécialiste EOc prend à sa charge l'investissement. Comme dédommagement des mesures EOc mises en place, il reçoit de son mandant l'économie en francs réalisée la première année grâce à l'EOc. Les expériences faites avec cette forme de contracting montrent qu'elles ont lieu le plus souvent en phase de démarrage de l'EOc (le mandant s'est rendu compte que les formes de financement traditionnelles sont plus intéressantes pour lui).

Un groupe d'experts du "ÖBU" travaille actuellement sur le thème "energy-contracting" (couverture des dépenses liées à la gestion de l'énergie).¹

Argument 7**Les relevés et indices sont essentiels pour l'établissement de comparaisons (Benchmarking) et pour la supervision des coûts d'exploitation. Ainsi ces coûts calculés par m² et par année sont un indicateur précieux pour l'évaluation de mesures EOc.**

En termes économiques, de faibles coûts d'exploitation peuvent être interprétés au départ comme un avantage. Pour le maître de l'ouvrage/propriétaire, ils constituent également un argument important pour la location de surfaces commerciales ou de bureaux.

Ce ratio (CHF par m² et par année) fait l'objet d'analyses poussées de la part des propriétaires immobiliers et exploitants professionnels. Il permet de voir les possibilités d'optimisation et peut être un élément décisif lors de la négociation de contrats de location².

¹ ÖBU: Schweiz. Vereinigung für Ökologisch Bewusste Unternehmensführung (Association suisse pour l'intégration de l'écologie dans la gestion d'entreprises), Obstgartenstr. 28, 8006 Zürich, Tel. 01 364 37 38, Fax 01 364 37 11, www.oebu.ch, e-mail: oebuinfo@oebu.ch

² Voir SIA 180/4 "L'Indice de dépense d'énergie" et SIA 380/1 "L'Énergie thermique dans le bâtiment", SIA 380/4 "L'Énergie électrique dans le bâtiment", etc.

Pour certaines entreprises, il peut également s'avérer utile de définir leurs propres ratios. L'exemple de référence (chapitre 6.3.3) montre comment, en l'espace de 10 ans et grâce à une EOc ciblée, les coûts énergétiques par million de transactions ont pu être diminués de 24% par rapport à leur valeur initiale. Dans la même période, les coûts énergétiques sont passés de CHF 48.-/m²*a à CHF 44.-/m²*a, soit une baisse de 8,3%.

Pour permettre une décision de la part des responsables financiers, il est nécessaire de compléter les évaluations énergétiques (voir annexe) par des indicateurs monétaires.

4.2 Arguments qualitatifs

Argument 8

Les projets EOc participent à la lutte pour la protection de l'environnement.

Argument 9

Les exigences légales (OPAIR/CFC/isolation) favorisent les décisions allant dans le sens d'une exploitation optimales et des économies d'énergie.

Argument 10

Une modification de l'affectation d'un immeuble entraîne de nouvelles exigences vis-à-vis des installations techniques et favorise d'autant plus la démarche EOc.

Ce changement peut entraîner un déséquilibre au niveau de l'installation existante. Aussi une adaptation avec mesures EOc peut être économiquement justifiée.

Argument 11

Les investissements EOc conduisent non seulement à des économies d'énergie, mais apportent aussi une plus-value à l'immeuble (valeur de l'immeuble, confort).

Les investissements "hardware" réalisés (voir chapitre 6.3.1) dans l'exemple de référence vont dans ce sens.

Argument 12

Le niveau des exigences définies par l'utilisateur envers les installations techniques est en règle générale trop élevé, et doit être adapté en fonction de la situation. Ces adaptations sont réalisées en fonction des priorités et des étapes.

Dans le cadre de ce projet, un catalogue de mesures a été élaboré.³ Des priorités ont été définies et classées dans l'ordre suivant:

- Priorité 1: Arrêter les installations "superflues" (humidité/évacuation/refroidissement).
- Priorité 2: Réduire le temps de fonctionnement des installations surdimensionnées et effectuer des réglages en fonction des besoins (variables de réglage: le CO₂, la chaleur).
- Priorité 3: Formuler les exigences utilisateur/consommateur/équipements. Il est à cet égard important de mentionner que le spécialiste EOc compte sur la formulation d'exigences dites "populaires" (par ex. celles en relation avec un maintien de la température ambiante).

³ Principes de base pour l'exploitation optimale des installations complexes, BBL 805.220.1f

5. L'aspect financier d'un projet EOc

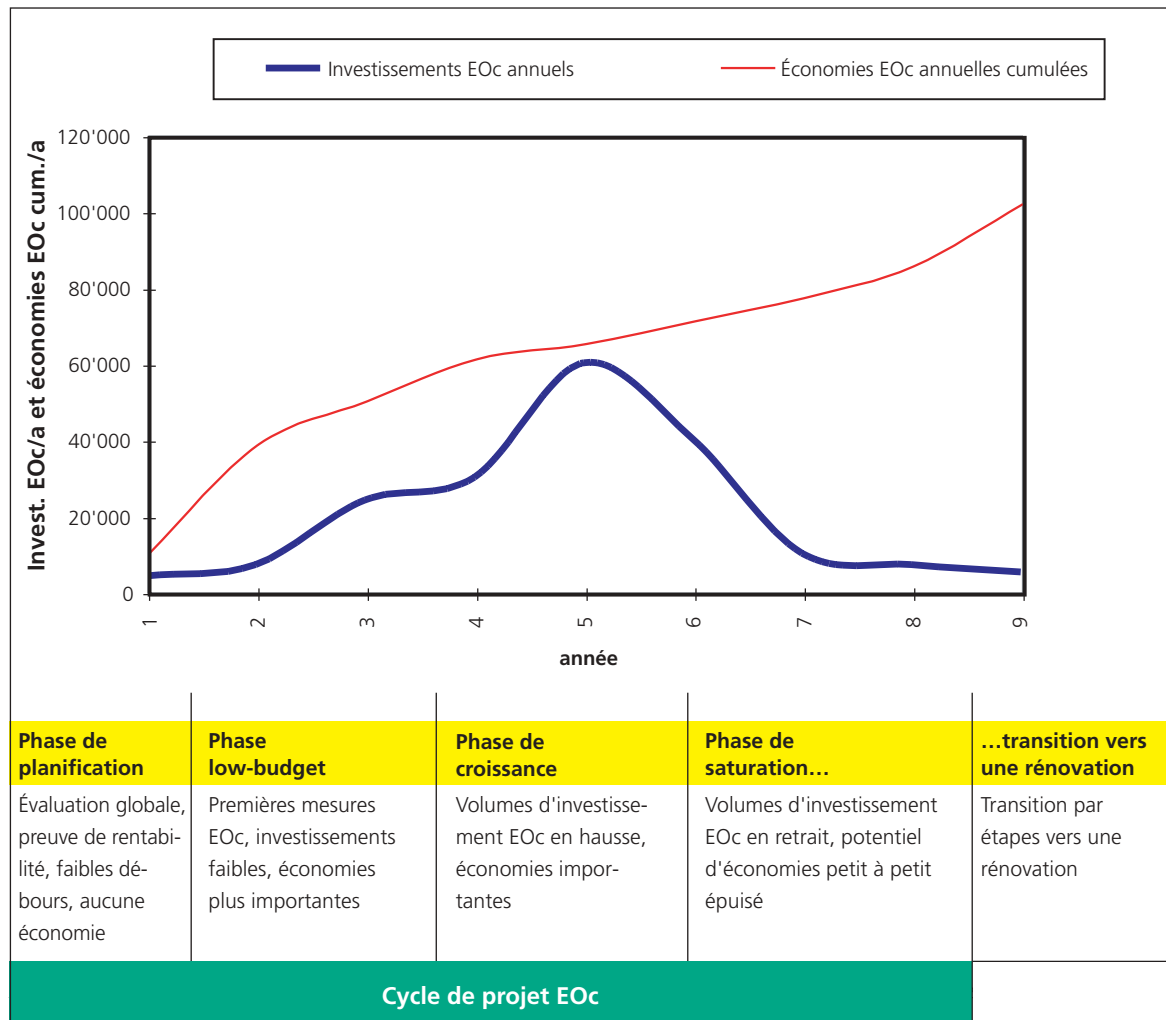


Figure 2: L'analyse des exemples de la pratique montrent la relation d'une EOc aux variables monétaires. On peut également voir que l'EOc représente la somme de mesures individuelles.

Une EOc des installations existantes est une démarche par étapes avec évaluation régulière et mises en œuvre successives de mesures individuelles.

Une EOc est un projet qui s'étale sur une longue période. Elle comprend au minimum 1 à 2 saisons de chauffage et peut durer plusieurs années. Les investissements EOc peuvent être distingués en deux catégories: une composante hardware et l'autre software, comme par exemple consultation.

Les étapes d'une EOc peuvent être définies comme suit: après une phase de planification, au cours de laquelle le potentiel chances/risques d'une EOc est établi, suit une phase "low-budget" permettant de vérifier dans quelle mesure une EOc – avec des investissements limités au départ – peut conduire à des économies plus importantes. Dans la phase de croissance qui s'ensuit, le propriétaire/exploitant est visiblement prêt à investir davantage dans une EOc. Dans la phase de saturation, les possibilités d'investissement sont terminées, tandis que les économies se maintiennent avec des dépenses annuelles courantes liées aux contrôles réguliers des mesures EOc. Par la suite, on ne parle plus de mesures EOc mais de rénovation.

6. Rentabilité d'une EOc

6.1 Situation de départ

Il s'agit avant tout de rechercher les critères économiques susceptibles de déclencher un investissement EOc.

Le schéma économique suivant, découpé en plusieurs phases, reprend ces considérations:

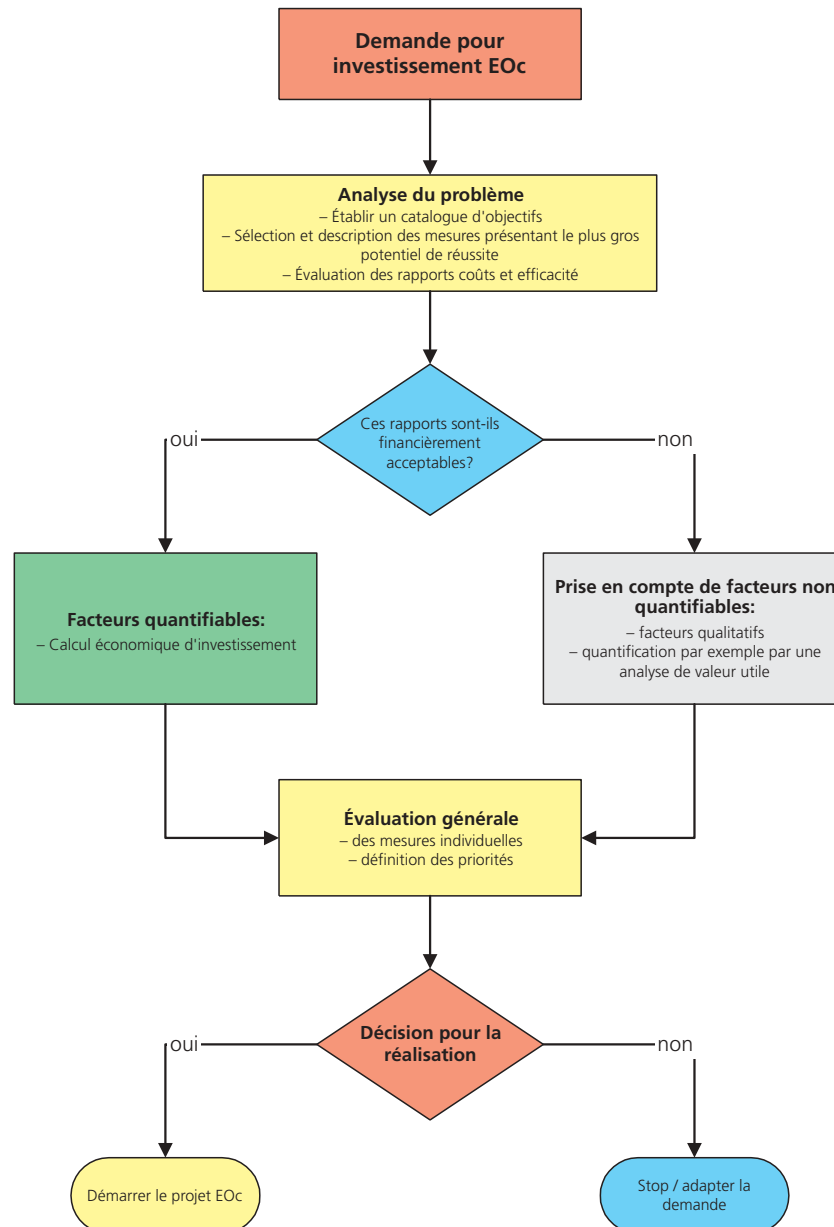


Figure 3: Chemin décisionnel pour déclencher un investissement dans le domaine de l'EOc.

D'après ce schéma, l'évaluation accorde une grande importance à l'analyse des facteurs quantifiables de l'utilité d'une mesure parce qu'ils constituent le dénominateur commun entre toutes les parties concernées. De manière générale, ils sont la base incontournable pour toute décision. En effet, ils informent concrètement sur les conséquences financières des mesures E0c envisagées.

Les facteurs qualitatifs de l'utilité d'une mesure sont variables en fonction du point de vue de chacune des parties. Une manière de les évaluer peut se faire par le biais d'une analyse de leur valeur utile. Les résultats d'une telle analyse sont extrêmement précieux pour la décision à prendre (exécuter les mesures). Ils exigent cependant une connaissance très précise des données relatives à l'investissement projeté en vue de l'exploitation optimale.

6.2 Concept d'analyse / restrictions

Le champ d'investigation de toute analyse de rentabilité est conditionné par les informations de base qui sont à disposition.

Dans la pratique, il a été très difficile d'accéder à des informations détaillées sur des projets E0c déjà réalisés. Deux raisons à cela. Les spécialistes E0c ne consignent que rarement ou de manière très rudimentaire les informations. La manière de les consigner varie d'un spécialiste à l'autre.

L'analyse s'appuie le plus possible sur des chiffres existants. Il reste que le spécialiste E0c ne dispose en phase de planification que de grandeurs de référence. Par la suite, les économies d'énergie réalisées grâce aux mesures E0c sont très rarement consignées, ou de manière inadéquate en termes de périodes et quantités relevées.

En plus de cela, chaque entreprise a sa manière de faire et rend d'autant plus difficile l'analyse de la rentabilité de chacune des mesures E0c en relation avec les économies réalisées. Pour ces raisons, le concept d'analyse distingue trois niveaux d'observation:

1. le calcul énergétique
2. une observation "statique" de chaque mesure avec cumul annuel
3. une observation "dynamique" au sens d'un calcul rétrospectif des valeurs statiques individuelles.

1. Calcul énergétique

Objectif: Mise en évidence de la consommation énergétique globale en tenant compte des facteurs non-influencés par l'E0c.

Il s'agit d'examiner la consommation énergétique globale sur la base des quantités consommées pendant les années correspondantes, et d'en calculer le coût en tenant compte des prix annuels moyens. Il s'agit aussi d'obtenir des informations sur l'immeuble considéré (surfaces chauffées, nombre d'employés, périodes de chauffage, occupation) et des indices de dépense énergétique.

2. Observation statique des mesures individuelles E0c

Objectif: Mise en évidence des conséquences financières des mesures individuelles E0c en termes de volume d'investissement, d'économies, de rendement du capital investi (ROI = Return on Investment) et délai d'amortissement (Payback).

A la différence du point 1, on n'évaluera ici sur le plan financier que les variations de consommation d'énergie induites par les mesures EOc, auxquelles on confrontera les investissements EOc correspondants.

Base d'informations: quantités économisées par l'EOc, calculées en fonction des prix annuels moyens. Les variables d'investissement EOc sont subdivisées en deux catégories : une composante hardware (exécution des mesures EOc) et une composante software (honoraires pour l'établissement des propositions EOc).

3. Observation dynamique au sens d'un calcul rétrospectif de valeurs statiques individuelles

Objectif: Le calcul "rétrospectif" et dynamique d'investissement doit permettre de conforter les résultats des phases d'observation précédentes au moyen de mesures individuelles EOc à forte composante "hardware". Une fonction d'analyse vient compléter ce calcul.

Calcul dynamique d'investissement d'après la documentation E2000, "Ravel zahlt sich aus"⁴, en annexe: Évaluation économique des mesures d'économie d'énergie.

Les méthodes de calcul d'investissement utilisées sont:

- méthode des annuités
- payback (amortissement) dynamique.

6.3 Analyse de la rentabilité dans l'exemple d'un centre de calcul

6.3.1 Description de projet EOc

Il s'agit du centre de calcul des banques régionales suisses. L'EOc a été effectuée par un spécialiste expérimenté en EOc. Le niveau élevé des dépenses énergétiques a justifié la décision de contrôler la consommation d'énergie.

La direction a pris la décision de réaliser une analyse énergétique globale. La première année, un travail laborieux de mesures et tests préparatoires des saisons d'été et hiver a été engagé. L'ingénieur a ensuite dressé un rapport qui donne une vision d'ensemble du fonctionnement de chaque installation et des relations du système. Sur la base des résultats obtenus, les objectifs essentiels suivants ont été définis:

- réalisation de mesures d'économie sans pertes de confort
- utilisation des quantités importantes de chaleur résiduelle
- sauvegarde et amélioration de la sécurité de fonctionnement.

Sur cette base, et en tenant compte des travaux d'entretien et de l'augmentation de la capacité du centre de calcul, les mesures individuelles EOc ont été introduites par étape.

Le tableau suivant donne une vue d'ensemble du projet EOc du centre de calcul:

⁴ Documentation RAVEL: Ravel zahlt sich aus (guide pratique de calcul de rentabilité)

Vue d'ensemble des mesures EOc individuelles mises en place

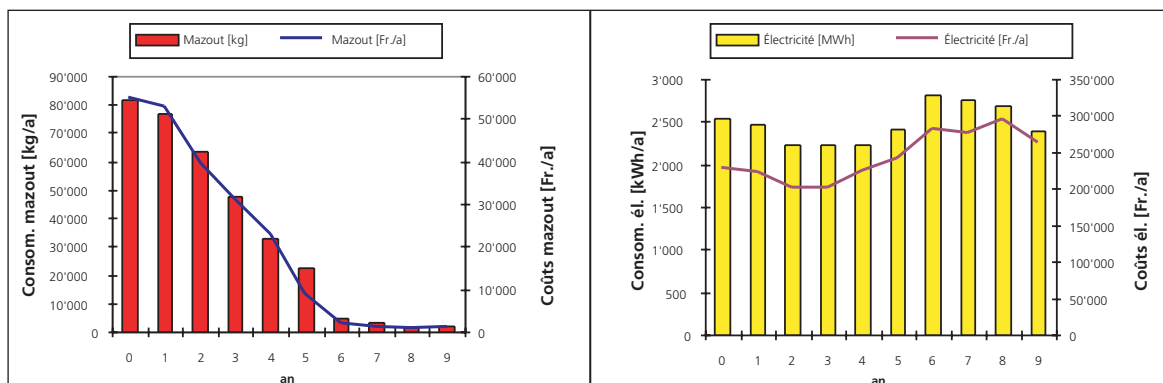
Année	Description succincte des mesures mises en place	Investissements	Invest. EOc [CHF]	Econ. mazout [kg p.a.]	Econ. électric. [kWh p.a.]
1	- Réduction des temps de fonctionnement (aération/ climatisation) - Mise hors service temporaire d'une chaudière - Ouverture des clapets sur les cheminées pour réduire les pertes d'arrêt des chaudières - Abaissement de la puissance des brûleurs par l'emploi de gicleurs plus petits - Abaissement des températures de chaudière et démarrage	Mise en place de thermostats	6'000	4'800	78'000
2	- Climatisation du centre de calcul (fonctionnement 24h/24h). Production de froid avec 4 app. de refroidissement de l'air ambiant - au lieu de 6 précédemment. Suppression d'un ventilateur du système d'aération. Installation d'un agrégat séparé de refroidissement pour la déshumidification de l'air en été. - Mise hors service des ventilateurs d'extraction de la centrale de chauffage et de ventilation. - Mise hors service d'une chaudière - Fonctionnement selon besoins réels du système de production et distribution de chaleur.	Mise en place d'un appareil de déshumidification	37'500	13'600	225'000
3	- Réduction des quantités d'air extérieur dans la climatisation, par la régulation selon "offre/demande" - Abaissement de la température de la chaudière mazout de 130° à 75°. Chaudière en fonctionnement seulement pour le chauffage et la production d'eau chaude. - Démontage des laveurs d'air du système de climatisation (installation d'humidificateurs électriques)	Humidificateurs à vapeur	40'000	16'000	11'000
4	- Installation d'un brûleur mazout à deux étages et réduction de la chambre de combustion, augmentation de l'efficacité de la chaudière. - Isolation complémentaire des armatures de chauffage - Remplacement des commandes de ventilation - Divers équipements et améliorations de réglage	- Brûleur mazout - Isolation - Ventilateur	30'000	16'000	-----
5	Remplacement de la récupération de chaleur par une nouvelle. Au lieu de rejeter la chaleur résiduelle dans l'air extérieur, celle-ci est réutilisée pour réchauffer les amenés d'air dans le bâtiment.	préchauffage d'air	6'000	10'400	-----
6	- Adaptation de la production de froid au développement de la capacité informatique. - Installation d'une pompe à chaleur au lieu d'une machine frigorifique supplémentaire.	- accumulateur d'eau de chauffage - hydraulique dans le système de chauffage	75'000	17'600	-----
7	Pour des raisons de sécurité, le condensateur d'une machine frigorifique a dû être remplacé. Cela a permis d'accroître l'efficacité de la production de froid.	----- ----- -----	5'000	1'900	61'000
8	En raison des travaux d'extension du centre de calcul, l'ancienne installation électrique a dû être remplacée et agrandie.⁵ La nouvelle installation entraîne sensiblement moins de "pertes de transformation"	----- -----	----- -----	1'700	75'000
9	Amélioration de la régulation des machines frigorifiques	----- -----	5'000	----- -----	150'000

⁵ Le remplacement de l'installation électrique n'est **pas** considéré comme un investissement EOc.

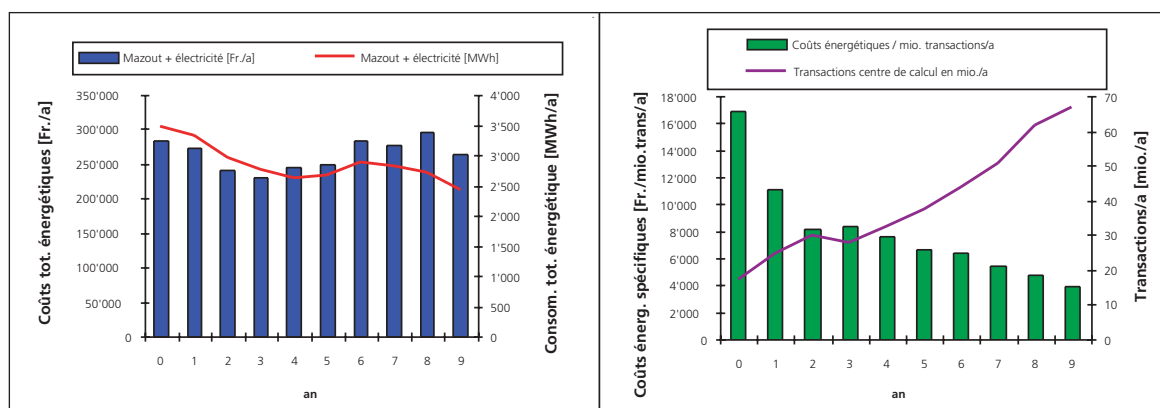
6.3.2 Calcul énergétique du Centre de calcul

Année	Consommation				Prix		Coûts énergétiques		
	Mazout [kg]	Mazout [MWh]	Électricité [MWh]	Mazout + électricité [MWh]	Mazout [Fr./100 kg]	Électricité [Fr./kWh]	Mazout [Fr./a]	Électricité [Fr./a]	Mazout + électricité [Fr./a]
0	81'600	914	2'540	3'454	67.05	0.09	54'713	228'600	283'313
1	76'640	858	2'462	3'320	68.55	0.09	52'537	221'580	274'117
2	63'440	711	2'237	2'948	62.30	0.09	39'523	201'330	240'853
3	47'840	536	2'226	2'762	65.15	0.09	31'168	200'340	231'508
4	33'040	370	2'237	2'607	68.95	0.10	22'781	223'700	246'481
5	22'720	254	2'409	2'663	39.39	0.10	8'949	240'900	249'849
6	5'040	56	2'820	2'876	33.60	0.10	1'693	282'000	283'693
7	3'168	35	2'759	2'794	34.70	0.10	1'099	275'900	276'999
8	1'600	18	2'684	2'702	40.40	0.11	646	295'240	295'886
9	2'080	23	2'390	2'413	45.80	0.11	953	262'900	263'853

Année	Coûts spécifiques		Données de l'objet				
	Coûts énergétiques/mio. transactions/a	Coûts énergétiques/m².a	Transactions centre de calcul en mio./a	Chiffre d'affaires [TFr./a]	Nombre de collaborateurs	Surface de référence chauffée [m²]	Degrés-jours (Berne)
0	16'864	47.62	16.8	10.9	125	5950	3679
1	11'098	46.07	24.7	13.2	123	5950	3553
2	8'165	40.48	29.5	14.3	120	5950	3720
3	8'449	38.91	27.4	15.1	123	5950	3911
4	7'607	41.43	32.4	16.3	123	5950	3916
5	6'663	41.99	37.5	19.1	125	5950	3748
6	6'477	47.68	43.8	20.2	137	5950	3885
7	5'485	46.55	50.5	22.3	142	5950	3416
8	4'803	49.73	61.6	25	136	5950	3540
9	3'974	44.34	66.4	27	156	5950	3269



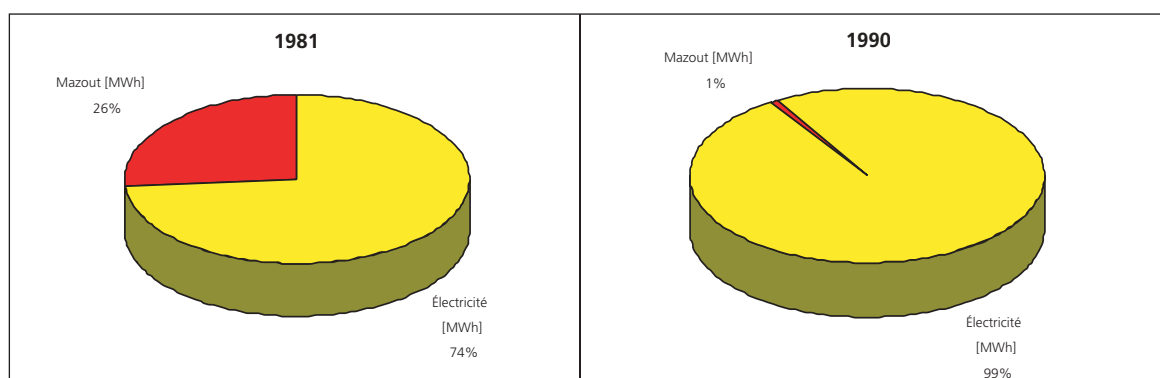
Grafique 1 + 2: Évolution de la consommation mazout et électrique globale.



Graphique 3 + 4: Évolution des dépenses énergétiques globales.

Cela signifie une diminution de la consommation énergétique globale de 30% et en parallèle une augmentation de la capacité du système informatique de 200%.

Si l'on considère l'évolution des dépenses, on distingue entre un effet quantité et un effet prix. En effet il y a eu une diminution de la consommation de 30% et en même temps une augmentation du prix de l'électricité, ce qui a diminué les dépenses à 9%.



Graphique 5 + 6: Répartition de la consommation énergétique globale avant / après.

6.3.3 Observation statique des mesures individuelles EOC

Investissements EOC

Année	Données pour graphique 7			Données pour graphique 8		
	Investissement annuels [Fr.]	Investissement annuels hardware [Fr.]	Investissement annuels software [Fr.]	Cumul investissement total [Fr.]	Cumul investissement tot. HW [Fr.]	Cumul investissement tot. SW [Fr.]
	(=A+B)	(=A)	(=B)	(= A+B cum.)	(=A cum.)	(=B cum.)
1	6'000	1'000	5'000	6'000	1'000	5'000
2	37'500	30'000	7'500	43'500	31'000	12'500
3	40'000	30'000	10'000	83'500	61'000	22'500
4	30'000	25'000	5'000	113'500	86'000	27'500
5	6'000	4'000	2'000	119'500	90'000	29'500
6	75'000	65'000	10'000	194'500	155'000	39'500
7	5'000	0	5'000	199'500	155'000	44'500
8	0	0	0	199'500	155'000	44'500
9	5'000	0	5'000	204'500	155'000	49'500
Total	204'500	155'000	49'500			

Quantités économisées (EOc) et prix de l'énergie

Année	Consommations électriques économisées/an [kWh/a]	Économies annuelles mazout [kg/a]	Prix moyen annuel électricité [Fr./kWh]	Prix moyen annuel mazout [Fr./100kg]
	(=C)	(=D)	(=E)	(=F)
1	78'000	4'800	0.09	68.55
2	225'000	13'600	0.09	62.30
3	11'000	16'000	0.09	65.15
4	0	16'000	0.10	68.95
5	0	10'400	0.10	39.40
6	0	17'600	0.10	33.60
7	61'000	1'900	0.10	34.70
8	75'000	1'700	0.11	40.40
9	150'000	0	0.11	45.80

Économies d'énergie

Année	Données pour graphique 9			Données pour graphique 10		
	Économie EO/an électr. + mazout [Fr./a]	Économie EO/an électricité [Fr./a]	Économie EO/an mazout [Fr./a]	Cumul économies EO/an électr. + mazout [Fr./a]	Cumul économies EO/an électricité [Fr./a]	Cumul économies EO/an mazout [Fr./a]
	(=C*E+D*F)	(=C*E)	(=D*F)	(=C*E+D*F cum.)	(G=C*E cum.)	(H=D*F cum.)
1	10'310	7'020	3'290	10'310	7'020	3'290
2	28'723	20'250	8'473	39'033	27'270	11'763
3	11'414	990	10'424	50'447	28'260	22'187
4	11'032	0	11'032	61'479	28'260	33'219
5	4'098	0	4'098	65'577	28'260	37'317
6	5'914	0	5'914	71'490	28'260	43'230
7	6'759	6'100	659	78'250	34'360	43'890
8	8'937	8'250	687	87'187	42'610	44'577
9	16'500	16'500	0	103'687	59'110	44'577
Total	103'687	59'110	44'577			

Année	Données pour graphique 11		
	Cumul total projet des économies EOc électr. + mazout [Fr.]	Cumul total projet des économies EOc électricité [Fr.]	Cumul total projet des économies EOc mazout [Fr.]
	(=G+H cum.)	(=G cum.)	(=H cum.)
1	10'310	7'020	3'290
2	49'344	34'290	15'054
3	99'791	62'550	37'241
4	161'270	90'810	70'460
5	226'847	119'070	107'777
6	298'337	147'330	151'007
7	376'587	181'690	194'897
8	463'773	224'300	239'473
9	567'460	283'410	284'050
Total			

Indicateurs

Année	Données pour graphique 13	Données pour graphique 14		
	ROI [rentabilité]	Payback [a]	Durée d'utilisation hardware [a]	Investissements par an [Fr.]
	(=[C+D]/[A+B]*100)	(=[A+B]/[C+D])		(=A+B)
1	172%	0.6	10	6'000
2	77%	1.3	15	37'500
3	29%	3.5	15	40'000
4	37%	2.7	15	30'000
5	68%	1.5	20	6'000
6	8%	12.7	15	75'000
7	135%	0.7	--	5'000
8	0%	0	--	0
9	330%	0.3	--	5'000

Commentaires:

ROI = Return on Investment = Rendement = Économie annuelle EOc (gain) en % sur le capital EOc investi.

Payback = Durée d'amortissement = capital investi divisé par l'économie annuelle EOc (électricité & mazout).

Une vue globale et complète du projet est importante pour une bonne évaluation des indicateurs économiques.

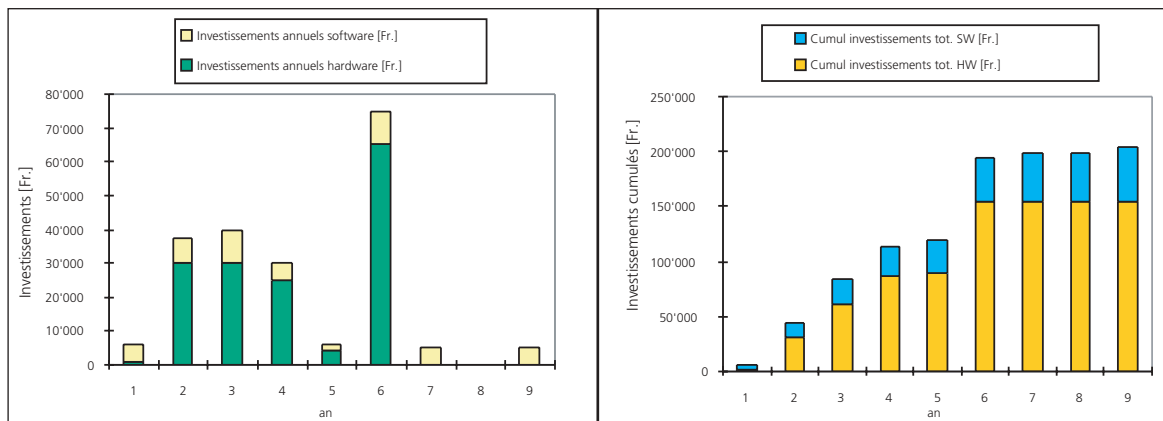
L'efficacité d'une mesure EOc est liée à la finesse du réglage des installations techniques. Celui-ci agit avec un certain décalage temporel sur la consommation énergétique. Il est de ce fait problématique d'attribuer des économies de la consommation, en termes de période et de quantité, aux mesures EOc correspondantes, ce qui se répercute également sur la qualité des indicateurs économiques⁶. Ils donnent toutefois une information intéressante.

⁶ Les indicateurs économiques prennent pour année de base celle de l'investissement EOc. Dans le cas où les économies d'EOc sont réalisées avec retard, les effets sur les indicateurs apparaissent moins nettement.

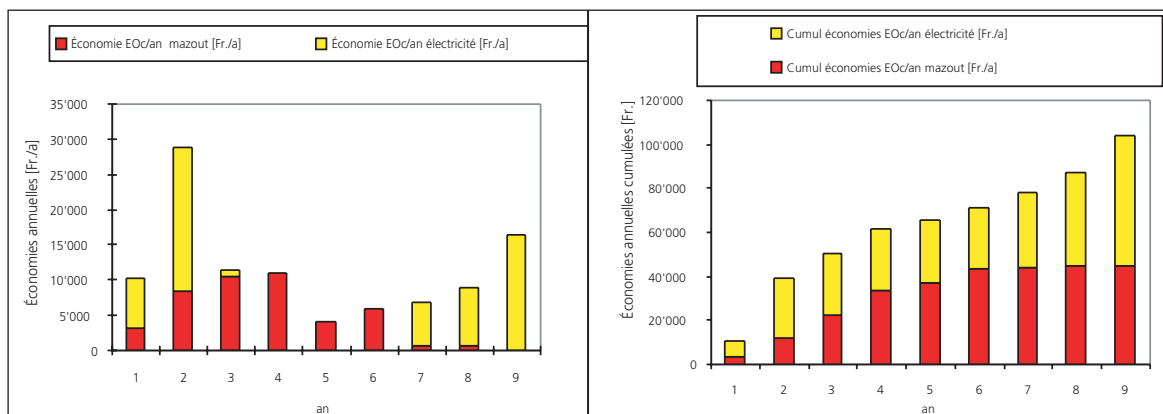
Les valeurs de payback constatées se situent en dessous de la valeur critique – pour des investissements de cet ordre de grandeur – des 3-4 ans.

Les rendements se situent dans la fourchette de 30-300%.

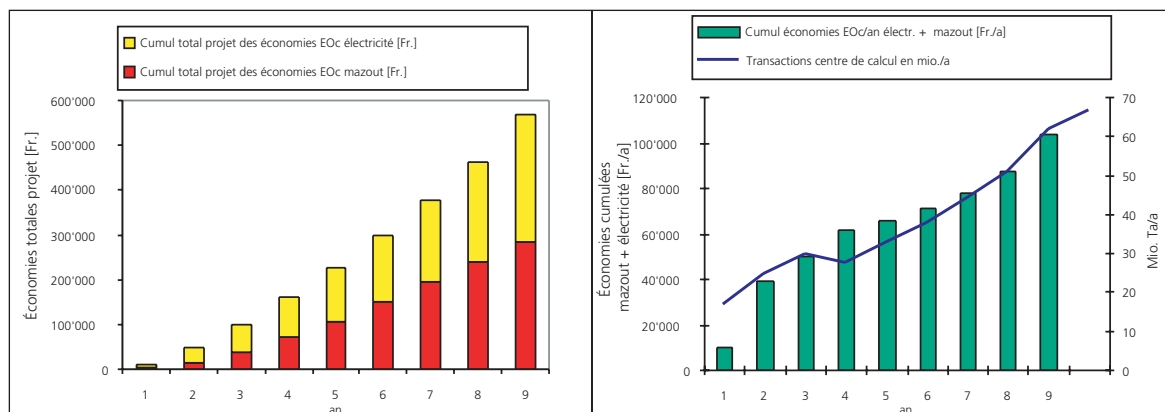
Si l'on observe les indicateurs de l'année 6 (montant de l'investissement: CHF 75'000), hors du contexte du cycle de projet EOc, on arrive à un délai de payback critique d'environ 12 ans. Les très bons indicateurs obtenus les autres années (montant total de l'investissement: CHF 129'500) aident à supporter l'investissement EOc réalisé durant 6.



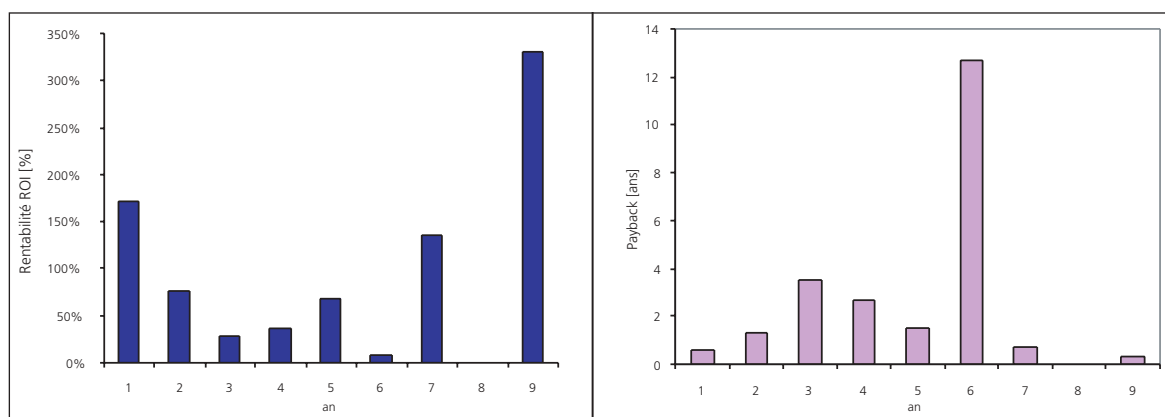
Graphique 7 + 8: Investissements annuels et cumulés



Graphique 9 + 10: Économies annuelles et cumulées



Graphique 11 + 12: Économies réalisées au total et économies spécifiques annuelles cumulées



Graphique 13 + 14: Rentabilité et payback du projet

7. Annexe

Méthode des annuités

Rentabilité sans les impôts et les taxes sur l'environnement

RAVEL

Données de base économiques

Taux d'intérêt:	Inflation 4%	taux réel = 3.00%	admis =	7.00%
Augmentation des frais d'exploitation:		taux réel = ...%	admis =	
Augmentation	électricité HT	taux réel = 0.5%	admis =	4.50%
Augmentation	électricité BT	taux réel = 0.5%	admis =	4.50%
	mazout	taux réel = -5.00%	admis =	-1.00%
	gaz naturel	taux réel = ...%	admis =	
		taux réel = ...%	admis =	4.00%

Coûts annuels d'investissement

Composant	Coût	Durée de vie	Facteur d'annuité	Coût annuel
Deshumidificateur	-37'500	15 ans	0.110	-4'117
Total	-37'500			-4'117

Coûts annuels des frais d'exploitation

Installation	Valeur en CHF	Coût annuel pour l'entretien en % de la valeur	Coûts annuels
Déshumidification	-300000	4.00%	-1'200
Total			-1'200

Coûts énergétiques et gains

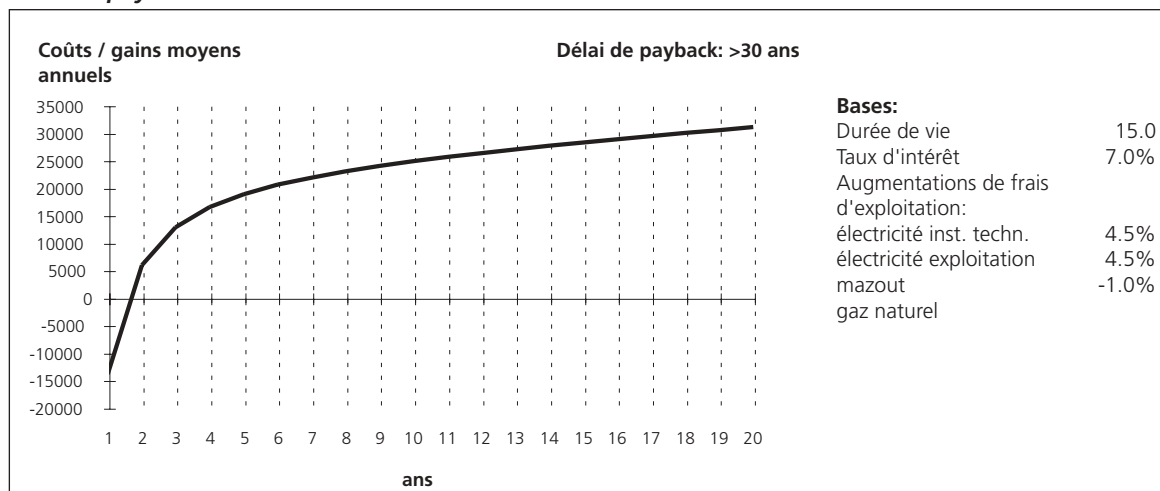
Vecteur énergétique	Taxe annuelle	Consommation économie	Coûts spécifiques	Coûts ou gains annuels
électricité HT		225'000 kWh/a	8.8 ct./kWh	19'800
électricité BT		kWh/a	ct./kWh	
mazout		13'200 kg	51 Fr./100 kg	6'732
gaz naturel		kWh	ct./kWh	
Total				26'532

Total des coûts - gains

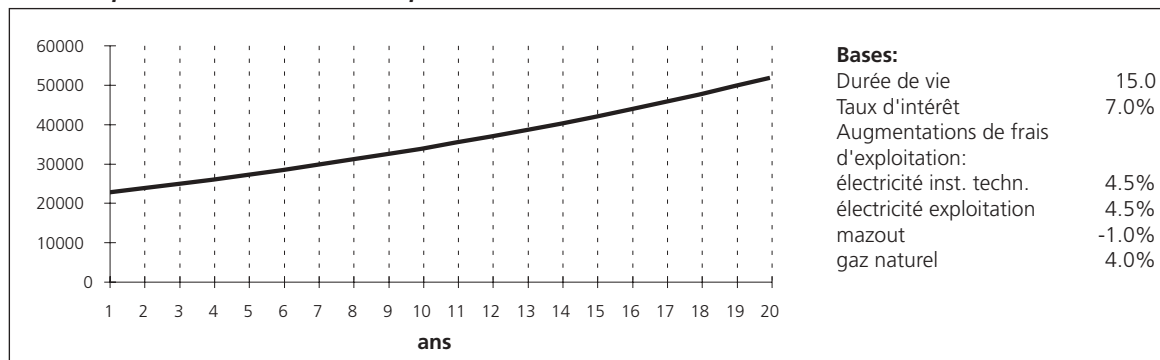
	Facteur pour valeur moyenne durée d'utilisation moyenne 15.00 période considérée : 15.00	Coûts annuels	Coûts ou gains annuels sur la période considérée
intérêts	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	-4'117	-4'117
exploitation	1.000	-1'200	-1'200
électricité HT	1.370	19'800	27'131
électricité BT			
mazout	0.935	6'732	6'296
gaz naturel			
Total			28'109

Payback dynamique

Délai de payback



Coûts resp. économies annuels aux prix variables



Coûts resp. économies annuels aux prix actuels

