

Guide



pour les magasins d'alimentation

**Construire, exploiter et entretenir
selon un bilan énergétique correct**

Un guide
pour les responsables de travaux
et les gérants
de magasins d'alimentation



RAVEL

Office fédéral des questions conjoncturelles

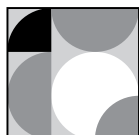
Guide pour les magasins d'alimentation

Construire, exploiter et entretenir selon un bilan énergétique correct

Un guide pour les responsables de travaux et les gérants de magasins d'alimentation

Les projets de construction et de rénovation dans les magasins d'alimentation offrent un large champ d'action à l'application de mesures d'économie d'énergie payantes. Ces mesures sont-elles réellement valables en cas de construction nouvelle ou de transformation ? Dès le départ, il faut travailler en vue du bilan énergétique final le plus économique possible. C'est de cette manière seulement que les potentialités existantes d'amélioration de l'efficacité énergétique pourront être pleinement réalisées. En effet, déjà au stade des premières études et de l'avant-projet, les prémices d'un bilan peu gourmand en énergie apparaîtront. Quelles règles de base faut-il observer pour construire et rénover de manière énergétiquement correcte ? Quand et où faut-il se préoccuper de la question de la consommation d'énergie dans le déroulement du projet ? En vertu de quels principes l'organisation du projet doit-elle être menée pour qu'une construction présentant un bilan énergétiquement correct soit possible ? Et quels sont les nouveaux rôles et les nouvelles tâches qui attendent les parties prenantes ? Ce guide fournit des réponses, inspirées de la pratique, aux questions que se posent responsables de la construction et exploitants de magasins d'alimentation. Il montre comment, dans le cadre d'un projet de construction d'un commerce d'alimentation, on peut atteindre avec un minimum d'investissement un maximum d'économie de coûts d'exploitation et d'énergie. Dans ce but, les auteurs vont passer en revue les différentes étapes du projet à sa réalisation, en passant par les phases d'études, d'avant-projet puis d'exécution jusqu'à la réception et l'optimisation finale de l'exploitation. Ce guide contient en outre toute une documentation destinée à faciliter le travail pratique : données techniques, check-lists, diagrammes aideront le maître d'ouvrage à dresser de manière adéquate l'inventaire des cahiers des charges, dont les valeurs cibles

(indices) de consommation d'énergie. Ces dernières serviront au maître d'ouvrage de base pour la définition des directives – contrôlables – de consommation maximale autorisée par mètre carré. Comme l'expérience le montre, de telles directives de consommation d'énergie jouent un rôle non négligeable dans la mobilisation de tous les intervenants, concepteurs et entrepreneurs, pour qu'ils se préoccupent de manière plus aiguë de la question de la consommation d'énergie. Avec pour résultat la concrétisation de solutions meilleures susceptibles non seulement de réduire les frais d'exploitation, mais dans beaucoup de cas de diminuer les coûts d'investissements de manière sensible.



Guide

pour les magasins d'alimentation

**Construire, exploiter et entretenir
selon un bilan énergétique correct**

Un guide pour les responsables de travaux
et les gérants de magasins d'alimentation

Programme d'impulsions RAVEL
Office fédéral des questions conjoncturelles





Impressum

Association de soutien

- Energie 2000, Secteur arts et métiers

Direction du projet

- Dr. Andreas Wyss, Institut Bau + Energie, Bern

Auteurs

- Erich Lüdi, Institut Bau + Energie, Bern
- Hans Bächtold, Ingenieurbüro Nenniger-Bächtold-Gerber, Bern
- André Müller, Ecoplan, Bern

Préparation du projet

- Georg Sager, Genossenschaft Migros Bern, Schönbühl
- Marcel Bieri, Migros Genossenschaftsbund, Zürich
- Alan C. Hawkins, Coop Schweiz, Basel
- Daniel Vuille, Amstein + Walthert AG, Zürich

Traduction et adaptation de la version française

- Roland Ackermann, Enerplan SA, Villars-Ste-Croix

Correcteur

- Jean-Claude Scheder, Bercher

Mise en pages, photocomposition et flashage

- DAC, Lausanne et
- CITY COMP SA, Morges

Copyright © Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, décembre 1995.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source.

Diffusion: Coordination romande du programme d'action «Construction et Energie», EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne (N° de commande 724.323 f).

Form. 724.323 f 12.95 500 xxxx



Avant-propos

D'une durée totale de 6 ans (1990-95), le programme d'action «Construction et Energie» se compose des trois programmes d'impulsions suivants:

- PI-BAT – Entretien et rénovation des constructions
- RAVEL – Utilisation rationnelle de l'électricité
- PACER – Energies renouvelables

Ces trois programmes d'impulsions sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Leur but est de favoriser une croissance économique qualitative. Dans ce sens ils doivent conduire à une plus faible utilisation des matières premières et de l'énergie, avec pour corollaire un plus large recours au savoir-faire et à la matière grise.

Le programme RAVEL cherche principalement à améliorer la compétence des professionnels à utiliser l'énergie électrique à bon escient. Outre les aspects de la sécurité et de la production, qui étaient prioritaires jusqu'ici, il est aujourd'hui indispensable de s'intéresser davantage aux rendements. RAVEL a établi une matrice de consommation qui définit dans leurs grandes lignes les thèmes à traiter. Les procédés utilisés dans l'industrie, le commerce et le secteur tertiaire sont à considérer parallèlement aux utilisations de l'électricité dans les bâtiments. Dans ce contexte, les groupes-cibles concernés sont les spécialistes de tous les niveaux de formation et les décideurs qui doivent gérer les investissements en matière d'équipements et de procédés.

Cours, manifestations, publications, vidéos, etc.

Les objectifs de RAVEL sont poursuivis par des projets de recherche et de diffusion des connaissances de base, par des cycles de formation et de perfectionnement, ainsi que par l'information. Le transfert des nouvelles connaissances est orienté vers une mise en pratique dans le travail quotidien. Il repose principalement sur des publications, des cours et des réunions. Une journée d'information annuelle RAVEL permet de présenter et de discuter des nouveaux résultats, développements et tendances de cette discipline fascinante qu'est l'utilisation rationnelle de l'électricité. Les personnes intéressées trouveront dans le bulletin «Construction et Energie» de plus amples informations sur le vaste éventail des possibilités en matière de formation continue offertes aux groupes-cibles. Ce bulletin paraît trois fois l'an et peut être obtenu gratuitement en s'adressant à la Coordination romande du programme d'action «Construction et Energie», EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne. En outre, chaque participant à un cours, ou autre manifestation du programme, reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues en s'adressant directement à la Coordination romande du programme d'action «Construction et Energie», EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne.

Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des divers domaines concernés ; ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles, ou aux associations professionnelles. Ces spécia-



listes sont épaulés par une commission qui comprend également des représentants des associations, des écoles et des branches professionnelles concernées.

Ce sont les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des autres activités proposées. Pour la préparation de ces activités, une direction de projet a été mise en place ; elle se compose du Dr Roland Walthert, de M. Werner Böhi, du Dr Eric Bush, de MM. Jean-Marc Chuard, Hans-Ruedi Gabathuler, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, du Dr Daniel Spreng, de M. Felix Walter, du Dr Charles Weinmann et de M. Eric Mosimann de l'OFQC. Une très large part des activités est confiée à des groupes de travail qui sont responsables du contenu, de même que du maintien des coûts et des délais.

Documentation

Ce document s'adresse en premier lieu aux propriétaire, maître d'ouvrage et exploitant de magasin d'alimentation.

Elaboré sous la forme d'un guide, il montre de quelle manière, par une démarche systématique appliquée à l'organisation des projets, de basses consommations d'énergie peuvent être atteintes. Il met en évidence les éléments suivants :

- avantages du recours à l'ingénieur en énergie et tâches qui lui incombent ;
- manière de fixer les objectifs des projets ;
- résultats de consommation d'énergie devant être sollicités auprès des projeteurs et manière de les déterminer ;
- utilité d'un concept énergétique correct pour obtenir des résultats meilleurs ;
- manière d'appliquer en pratique l'optimisation énergétique et le contrôle des résultats ;
- assurance du déroulement irréprochable de l'exploitation.

Le présent document a fait l'objet d'une procédure de consultation, il a également été soumis à l'appréciation des participants au premier cours pilote, ce qui a permis aux auteurs d'effectuer les modifications nécessaires. Ceux-ci ont toutefois gardé leur liberté d'appréciation pour les questions où les avis divergeaient. Ils assument donc aussi la responsabilité de leurs textes. Des améliorations sont encore possible et des suggestions éventuelles peuvent être adressées soit au directeur du cours, soit directement à l'Office fédéral des questions conjoncturelles.

Pour terminer nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de la présente publication.

Office fédéral des questions conjoncturelles
Service de la technologie
Dr B. Hotz-Hart
Vice-directeur



Table des matières

1.	Introduction et résumé	7
2.	Construire et rénover selon un bilan énergétique correct	13
2.1	Principes de base	13
2.1.1	Bâtiment	13
2.1.2	Installations du bâtiment	14
2.1.3	Equipements d'exploitation	15
2.2	Marche à suivre lors de construction à neuf et de rénovation	16
2.3	Lois, normes, prescriptions	18
3.	Déroulement et organisation du projet	19
3.1	Vue d'ensemble	19
3.2	Directives de base, contenu et modalité des étapes de décision	21
3.2.1	L'orientation au cours de la phase des études et de l'avant-projet	21
3.2.2	Phase du projet et de l'exécution	21
3.2.3	Phase finale et exploitation	21
3.3	Les partenaires	22
3.3.1	Maître d'ouvrage et exploitant	22
3.3.2	L'architecte	24
3.3.3	L'ingénieur en énergie	24
3.3.4	Les ingénieurs spécialisés	26
3.3.5	Les entrepreneurs	26
4.	Concept énergétique	27
4.1	Objectifs et démarche	27
4.2	Principes et directives de base	30
4.3	Besoin de puissance et d'énergie	32
4.3.1	Check-list des besoins en énergie thermique	33
4.3.2	Check-list pour le froid commercial/RC	33
4.3.3	Check-list de l'éclairage	34
4.3.4	Check-list des consommateurs d'électricité	34
4.3.5	Rayonnement solaire et chaleur émise par les personnes	35
4.3.6	Bilan de la puissance thermique	36
4.3.7	Bilan des puissances frigorifiques	36
4.4	La production d'énergie	37
4.5	Systèmes d'installation et comparaison des variantes	38
4.6	Mesurage de l'énergie	42
4.7	Etablissement du rapport du concept énergétique	43



5.	Directives d'étude	45
5.1	Objectifs et marche à suivre	45
5.2	Bases d'étude	46
5.2.1	Commande et régulation	46
5.2.2	Mesurage de l'énergie	47
5.3	Chauffage	48
5.4	Ventilation/climatisation	49
5.4.1	Installations globales	49
5.4.2	Installations aérauliques	49
5.4.3	Production de froid pour la climatisation	50
5.4.4	Consommation d'électricité pour ventilation/climatisation	50
5.5	Froid commercial	51
5.6	Sanitaire	53
5.6.1	Production d'eau chaude	53
5.6.2	Système de refroidissement de secours	53
5.7	Electricité	54
5.7.1	Vue d'ensemble	54
5.7.2	Eclairage	54
5.7.3	Equipements d'exploitation	56
5.7.4	Alimentation en électricité et installations de distribution	57

6.	Exploitation et entretien	59
6.1	Organisation	59
6.2	Boucllement du projet et mise en exploitation	60

7.	Rentabilité	63
7.1	La rentabilité comme critère de décision dans la phase d'étude et d'avant-projet	63
7.2	Qu'offre un calcul de rentabilité ?	65

	Publications du Programme d'impulsions RAVEL	67
--	---	-----------



1. Introduction et résumé

Situation

Le commerce alimentaire de détail en Suisse représente environ 15 000 points de vente, soit 2,7 millions de m² de surface de vente, pour un chiffre d'affaires de 32 000 millions de francs et 120 000 employés.

Objectifs RAVEL

Alors que, au cours de ces 20 dernières années, sous la pression conjuguée des crises du pétrole et des contraintes de la protection de l'air, des économies d'énergie fossile sensibles ont été réalisées, la consommation d'énergie électrique, elle, n'a cessé de croître, conséquence du développement des techniques d'automatisation, d'information et de communication. Par contre l'expérience montre bien qu'il existe un potentiel d'économie considérable, notamment dans les installations des bâtiments, particulièrement dans les domaines de la ventilation, de la production de froid et de l'éclairage.

La mission de RAVEL est de présenter les nombreuses possibilités concrètes et les voies à suivre qui permettent de réaliser ce potentiel et d'éviter l'augmentation de la demande d'énergie électrique malgré l'accroissement du nombre de prestations.

Cet indice permet de faire un constat énergétique et d'évaluer le potentiel d'économie réalisable.

Au regard des données statistiques actuellement disponibles, l'indice énergétique pour les commerces d'alimentation, neufs ou rénovés, dépend de la grandeur de la surface de vente :

**Indice énergétique =
Consommation annuelle
par m² de surface de
vente**

Surface de vente	Indice de consommation électrique
◇ moins de 300 m ²	◇ 500 kWh/m ² an
◇ 300-2000 m ²	◇ 410 kWh/m ² an
◇ plus de 2000 m ²	◇ 370 kWh/m ² an

*Figure 1.1
Valeurs de référence pour les
magasins d'alimentation neufs
ou rénovés*

L'indice de consommation de combustibles est d'env. 80 kWh/m²/an.

Le calcul des indices énergétiques est simple et la comparaison avec les indices de référence permet de situer rapidement un magasin et le potentiel d'économie qu'il offre.



1. Introduction et résumé

Une sélection des priorités, faite en fonction des plus grands écarts par rapport aux indices, peut servir de base à un programme de rénovation des magasins les moins performants sur le plan de la consommation d'énergie.

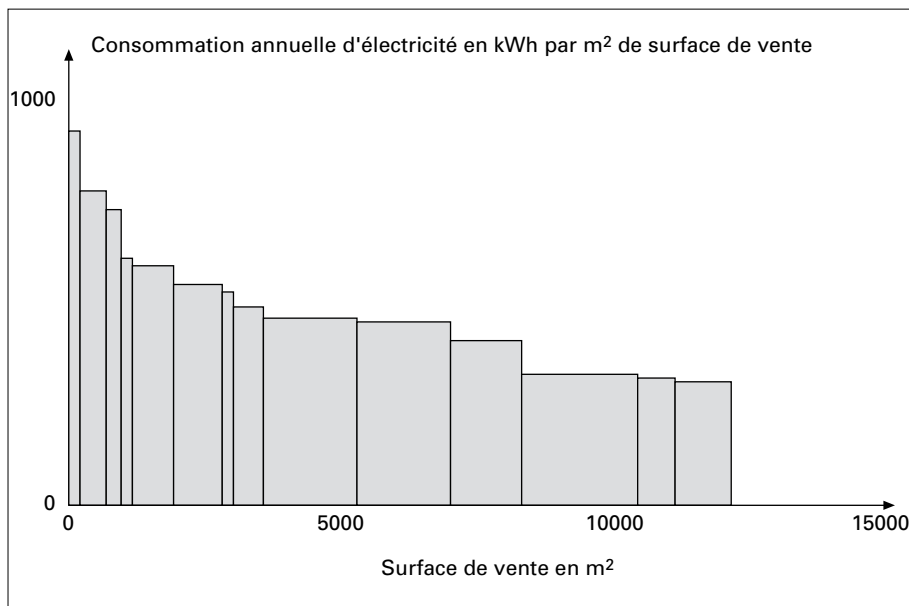


Figure 1.2
Comparaison entre
indice énergétique
et de consommation

La hauteur des colonnes donne l'indice énergétique (= consommation d'électricité par m² de surface de vente) et leur largeur, la consommation totale annuelle d'électricité pour chaque objet.

La direction d'une chaîne de magasins dispose ainsi d'un instrument approprié pour fixer les interventions prioritaires et pour donner au concepteur et à l'entrepreneur les directives préalables dans le cas de constructions nouvelles ou de rénovations. L'expérience montre que l'imposition de telles conditions conduit les responsables de la construction à déployer plus d'effort et de soin, ce qui permet à la fois d'économiser des frais d'exploitation et de réduire les investissements en limitant les équipements aux besoins réels. Mais ces objectifs ne seront atteints que si le maître d'ouvrage présente ses exigences clairement et suffisamment tôt et s'il en vérifie la bonne exécution à la réception des installations et au cours des premières années d'exploitation.



Ce guide propose principes de base, données techniques et check-lists nécessaires à l'établissement des cahiers des charges des concepteurs et des entrepreneurs.

Instructions et outils divers pour une exploitation et un entretien énergétiquement correct seront exposés au chapitre 6, en tant que compléments indispensables à une bonne réalisation des installations. Aussi cet ouvrage s'adresse-t-il en priorité aux propriétaires, maîtres d'ouvrage et exploitants de commerces alimentaires. Mais sa lecture est également vivement recommandée aux ingénieurs spécialisés, architectes, maîtres d'état et fournisseurs afin qu'ils soient tenus informés des points suivants :

- l'importance de la consommation d'électricité dans le bilan énergétique des commerces alimentaires ;
- l'intérêt à définir avec précision tâches et compétences de chacun des intervenants (mandant, architecte, ingénieur, entrepreneur et exploitant).

Dans le cadre du Programme d'impulsions RAVEL, publications et cours sont proposés dans divers domaines tels que :

- Meubles frigorifiques dans le commerce alimentaire
- Températures de conservation dans le commerce alimentaire
- Eclairage des surfaces de vente
- L'énergie électrique dans le bâtiment (Recommandation SIA 380/4)
- L'importance des questions d'organisation pour la conception énergétiquement économe de bâtiment et d'installations
- RAVEL, une économie d'argent – Guide pratique pour les calculs de rentabilité.



Structure du guide

Chapitre 2: Construire et rénover selon un bilan énergétique correct

Pour construire et rénover selon un bilan énergétique correct, il faut, dans le cas d'un commerce d'alimentation moderne, remplir un certain nombre d'exigences – qualité des produits, hygiène, ambiance de vente, sécurité d'exploitation – avec un minimum d'investissements et de frais d'exploitation.

Pour construire et rénover selon des principes énergétiquement corrects enveloppes de bâtiment, installations et équipements d'exploitation, il s'agit de répartir les différentes tâches du projet :

- le maître d'ouvrage fixe l'ordonnancement des locaux et les exigences de l'exploitation ;
- les concepteurs élaborent les bases permettant l'analyse critique et, si nécessaire, la correction des exigences d'exploitation.

Soulignons que des exigences précises et vérifiables imposées par le maître d'ouvrage engagent les planificateurs et les entreprises à soigner les détails et à prendre conscience de leurs responsabilités. En outre, la coordination entre les responsables de la construction, des installations et des équipements réduit les coûts d'investissement et d'exploitation, rend l'exploitation plus aisée et en accroît la sécurité.

Chapitre 3: Déroulement et organisation du projet

Une étude bien conçue est la condition de réussite du déroulement harmonieux d'un projet.

Ce chapitre propose une organisation de projet claire devant assurer un déroulement optimal selon les différentes phases : études, avant-projet, projet, réalisation, mise en exploitation et réception.

Pour chaque partenaire impliqué dans le déroulement du projet (maître d'ouvrage, architecte, ingénieur en énergie, ingénieurs spécialisés, entrepreneurs) des check-lists sont établies en vue de dresser les cahiers des charges et de définir les compétences respectives.

Chapitre 4: Concept énergétique

Le concept énergétique doit permettre d'éviter des investissements inutiles, de favoriser des investissements adéquats afin de minimiser les coûts d'exploitation et d'entretien.

Très tôt en début de projet, l'ingénieur en énergie doit présenter au maître d'ouvrage et à l'architecte les principes directeurs qui conduiront à une bonne coordination des installations pour un investissement minimal et qui assureront une utilisation rationnelle de l'énergie.

Ce chapitre donne des indications sur ce qu'un bon concept énergétique doit inclure et quels en sont les avantages. Ce concept énumère toutes les exigences dont l'ingénieur en énergie doit tenir compte et il pourra servir de base pour l'adjudication des travaux et l'appréciation de son travail.

Afin d'être en mesure de faire un choix parmi les variantes, le maître de l'ouvrage exigera en particulier le diagramme du flux énergétique, les schémas de principe, la conception de mesurage et le bilan des nuisances.



Chapitre 5: Directives d'étude

L'ingénieur en énergie est responsable de la parfaite compatibilité des installations entre elles. Pour cette raison, le concept énergétique doit contenir des directives de base détaillées à l'intention des ingénieurs spécialisés, avec une définition précise des points de rencontre.

L'expérience montre régulièrement que, malgré leur bonne volonté, les ingénieurs spécialisés optimisent les projets avant tout dans leurs domaines respectifs. Bien que fonctionnant correctement individuellement, une fois assemblés, les éléments d'installations sont insuffisamment coordonnés et optimisés. Afin d'éviter une telle situation, et comme effet positif du concept énergétique, il importe de dresser les directives de base pour chaque ingénieur spécialisé, avec une définition précise des points de rencontre.

Ce même chapitre énumère les directives d'étude qui doivent être mises à la disposition de ces spécialistes.

Chapitre 6: Exploitation et maintenance

Si bonne soit-elle, une installation ne fonctionne à son meilleur niveau qu'à la condition d'être exploitée et entretenue avec compétence. C'est la raison pour laquelle une documentation complète avec descriptif d'utilisation, une instruction attentive du personnel d'exploitation et l'optimisation de l'exploitation durant les deux premières années, sont aussi importantes qu'une conception et une réalisation optimales des installations.

Ce chapitre « exploitation et maintenance » décrit les phases finales des travaux d'installation, les exigences en matière de documentation, de prescription d'utilisation ainsi que d'instruction du personnel et de réception des installations.

Ce chapitre sert aussi de base à des séminaires d'instruction pour exploitants, service technique et concierge de commerces alimentaires.

Chapitre 7: Rentabilité

Construire, exploiter et entretenir des commerces alimentaires selon un bilan énergétique correct, tout cela relève de décisions d'investissements. Dans le commerce alimentaire, exposé à une intense concurrence, la rentabilité de l'investissement est une question de « survie ». Un calcul de rentabilité sérieux est indispensable à toute décision opportune.

Les critères de décision sont:

- **Investissement**
Les économies résultant de la renonciation à toute installation qui n'est pas vraiment nécessaire et au surdimensionnement (coût d'installation abaissé, surfaces d'implantation réduites);
- **Frais d'énergie**
Evaluation des économies, resp. de la consommation en comparant des variantes;
- **Frais d'exploitation et de maintenance**
Les répercussions de l'organisation du projet, de son déroulement et de la comparaison des variantes (rôle de l'ingénieur en énergie) sur les frais d'exploitation et de maintenance.



2. Construire et rénover selon un bilan énergétique correct

2.1 Principes de base

Pour construire et rénover selon un bilan énergétique correct, il faut, dans le cas d'un commerce d'alimentation moderne, remplir un certain nombre d'exigences – qualité des produits, hygiène, ambiance de vente, sécurité d'exploitation – avec un minimum d'investissements et de frais d'exploitation.

Dans les pages qui suivent, nous présentons, sous forme résumée, l'influence sur la consommation d'énergie exercée par les bâtiments, les installations et les équipements d'exploitation, en particulier l'**influence sur la consommation d'électricité**.

2.1.1 Bâtiment

Le lieu et l'emplacement sont des facteurs déterminants pour les besoins énergétiques en raison des contraintes climatiques, topographiques (influence des vents, du rayonnement solaire) et le type d'habitat (isolé ou groupé).

Lieu, emplacement

Une utilisation rationnelle de l'énergie implique les caractéristiques **d'enveloppe** suivantes :

Enveloppe

- surface d'enveloppe la plus réduite possible et bonne isolation pour limiter les pertes par transmission ;
- étanchéité d'enveloppe la meilleure possible pour réduire les pertes d'énergie thermique liées à un échange d'air incontrôlé.

Lorsqu'il est fait usage de surfaces vitrées en façade ou en toiture qui laissent pénétrer la lumière naturelle dans les bâtiments, il faut établir des bilans énergétiques soignés. Pour éviter des courants d'air en hiver et une surchauffe en été, les éléments suivants doivent être parfaitement compatibles :

Toit de verre et vitrages

- surface, orientation, qualité du verre ;
- capacité d'emmagasiner de la chaleur du local ;
- ventilation naturelle ou/et mécanique, sections d'aération, aération nocturne ;
- chauffage.

Le rayonnement solaire direct abaisse la qualité des marchandises en vitrine et peut entraîner une accumulation de chaleur avec pour conséquence des températures anormalement élevées et des tensions sur une partie du bâtiment. Ces situations peuvent être évitées par l'orientation correcte des surfaces vitrées (vers le nord).

Eclairage

Eclairage

- L'éclairage peut être optimisé par création de surfaces internes claires, réfléchissantes mais non éblouissantes.
- Le recours intensif à l'usage de lumière naturelle a toujours des effets négatifs (par ex. sur la protection thermique et solaire, le bruit). Il est donc opportun de rechercher la meilleure solution.



2. Construire et rénover selon un bilan énergétique correct

- Pour l'éclairage artificiel, la puissance maximale de l'éclairage des surfaces de vente du domaine alimentaire doit être de 15 W/m². Le bon choix des systèmes d'éclairage le permet. Des puissances supérieures produisent des charges thermiques internes supplémentaires qui doivent être évacuées au prix d'une dépense importante d'énergie par l'intermédiaire du système de refroidissement.

Sas d'entrée

Sas d'entrée en guise de coupe-vent :

- éviter les rideaux d'air chaud par des dispositions constructives ;
- créer un long coupe-vent d'entrée non chauffé, éventuellement avec des portes latérales ;
- équiper les entrées de portes coulissantes avec une position été et une position hiver ;
- éviter le recours après-coup de chauffages électriques ;
- par le biais de sa publication « Aide à l'exécution de rideaux d'air chaud », l'OFEN donne des renseignements sur les prescriptions légales.

2.1.2 Installations du bâtiment

Régulation

Chauffage et production d'eau chaude sanitaire

- Choisir des installations et des régulations aussi simples que possible. Les risques de panne, le degré de difficulté d'exploitation et de maintenance croissent avec la complexité des installations.
- Harmoniser la régulation et l'inertie de l'apport de chaleur dans les bâtiments et les locaux, en particulier les gains de chaleur dus au soleil, à l'éclairage, aux personnes et machines qui doivent entraîner la réduction de la puissance des chauffages locaux.
- Récupérer la chaleur sur les climatisations et les ventilations de manière directe par le mélange de l'air recyclé ou au travers d'échangeurs air évacué/air extérieur.
- Récupération de chaleur des installations frigorifiques pour la préparation d'eau chaude sanitaire, le chauffage et la ventilation.
- Chauffage d'appoint au gaz, au mazout ou avec pompe à chaleur. L'utilisation d'électricité par une pompe à chaleur nécessite une source de chaleur appropriée (sol ou nappe phréatique) ; pour cela l'installation doit atteindre un coefficient de performance annuel (= chaleur produite divisée par l'énergie achetée pour la produire) de trois et plus. L'air de l'environnement pris comme source de chaleur présente ce désavantage que sa température va s'abaissant avec l'augmentation de la demande de chaleur, ce qui ne se prête pas à la couverture de la demande des périodes de pointe.

Aération mécanique et climatisation

Aération mécanique et climatisation

Des installations de ventilation et de climatisation bien dimensionnées et réglées contribuent pour beaucoup à diminuer la consommation d'énergie :

- par récupération de chaleur, de « froid » et d'humidité sur l'air évacué ;
- par utilisation d'excédents de chaleur locaux pour le chauffage du bâtiment (machine de production de froid comme pompe à chaleur) ;
- par commande en fonction du besoin de la ventilation et du refroidissement ;
- par aspiration de l'air autour des meubles frigorifiques (chambre froide, éviter l'accumulation d'air froid au sol).

Refroidissement nocturne

Refroidissement nocturne avec l'air extérieur

L'air extérieur présente par des chaudes journées d'été des différences de température de 10 à 15°C entre le maxima du jour et le minima de la nuit. Lorsque la température diurne excède 25°C, il n'est pratiquement plus possible d'évacuer de chaleur des immeubles, car la température des locaux ne devrait pas excéder 25°C (26° par exemple pour une température extérieure



de 32°C). La chaleur transmise aux locaux par le soleil, l'éclairage, les personnes et les machines doit pouvoir être absorbée par le bâtiment. De nuit, lorsque la température chute à 15°C, la chaleur ainsi accumulée peut être évacuée.

Lors de charges thermiques plus élevées, seules des installations de climatisation équipées de machines de production de froid sont à même d'assurer en tout temps le confort. L'utilisation du bâtiment en tant qu'accumulateur de chaleur refroidi ensuite par l'air extérieur nocturne frais, peut aussi contribuer à diminuer les besoins de puissance et la consommation d'énergie électrique des machines de production de froid. Mise en garde: arrêter ces machines lors de l'aération nocturne.

2.1.3 Equipements d'exploitation

Les **installations frigorifiques** avec leurs températures positive et négative jouent un rôle central dans le maintien de la qualité des produits (températures de conditionnement selon l'Ordonnance sur les denrées alimentaires), comme aussi dans la consommation d'énergie. L'offre croissante de produits surgelés et réfrigérés exige toujours plus de meubles de réfrigération. L'augmentation de consommation d'énergie ainsi provoquée ne peut pas être compensée par des dispositions techniques et en conséquence la consommation d'électricité pour le froid commercial poursuit sa croissance. La première mesure consiste à vérifier la consommation des meubles frigorifiques et les conséquences (consommation et coûts d'électricité) doivent être mises en évidence.

D'autres critères pour la conception des installations sont:

- **Disposition des locaux et des équipements:** les installations reliées entre elles avec des réseaux de distribution courts présentent des pertes inférieures. La puissance frigorifique est plus faible et les coûts de la récupération de chaleur (RC) sont moins élevés que pour plusieurs installations isolées.
- **Fluides frigorigènes:** actuellement (état au 1.1.1993), hormis l'ammoniaque, les produits R22 et R134a sont tolérés; R12 et R502 ne peuvent déjà plus être utilisés.
- **Récupération de chaleur (RC):** choisir les températures telles que leur niveau n'entraîne pas d'augmentation de la consommation d'électricité.

La consommation d'électricité des **ascenseurs, escalators et autres moyens de transport** représente souvent 10% de la consommation totale. Des dispositions techniques d'économie doivent être prises ici aussi: entraînement avec réglage de vitesse par convertisseur de fréquence qui permet d'économiser 30% d'électricité par rapport au système conventionnel à 2 vitesses avec volant. Plusieurs solutions offrant des résultats divers sont disponibles pour la commande des ascenseurs multiples: par exemple les ascenseurs doivent s'arrêter au passage en cas d'appel; les ascenseurs marchandises ne devraient pouvoir être appelés que par une clé spéciale. La réduction ou la régulation de vitesse des escalators et autres bandes transporteuses permet des économies d'énergie sensibles.

La part des **appareils de bureau, ordinateurs et installations de communication** dans le bilan énergétique dépend généralement du besoin de leur fonctionnement en attente. L'arrêt de ces appareils et des périphériques, en période de non-utilisation, est source d'économies importantes.

Les besoins de disponibilité permanente (fax, ordinateurs centraux, etc.) s'opposent à l'arrêt en heures creuses. Il est important par contre d'acheter des appareils économes d'électricité. Lors de l'élaboration des projets, choisir des solutions simples et correctement dimensionnées. Il faut être très réservé vis-à-vis des installations avec alimentation sans coupure (ASC), quitte à en mettre en cause la nécessité.

Installations frigorifiques

Ascenseurs, escalators, installations de transports

Appareils de bureau, ordinateurs, installations de communication



2.2 Marche à suivre lors de construction à neuf et de rénovation

Construction à neuf selon un bilan énergétique correct

Lors de la construction et de l'utilisation des bâtiments, la question énergétique devrait être un facteur de conception et de décision déterminant. Les mesures de planification, de technique de construction et d'exploitation doivent être optimisées de manière coordonnée ; maître de l'ouvrage, architecte et ingénieur doivent collaborer tôt et faire preuve de capacité d'anticipation.

Le maître de l'ouvrage

définit pour l'essentiel

le programme des locaux,
les exigences d'exploitation et les objectifs énergétiques.

L'architecte et l'ingénieur projettent des variantes, compte tenu des conditions-cadres :

Architecte	Ingénieur
Corps du bâtiment Layout Déroulement de l'exploitation Principes de construction Conception des façades	Besoin en énergie Alimentation en énergie Bilan énergétique Charges sur l'environnement Frais d'investissement et d'exploitation

Au cours de cette étape, le maître de l'ouvrage opérera un examen critique du programme des locaux et des exigences d'exploitation et les amendements éventuels seront entrepris.

Après le choix d'une des variantes, un **avant-projet** pourra être établi, incluant une évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation.

Les étapes suivantes sont :

- **projet de construction** avec calcul des coûts de construction et d'exploitation ;
- **procédure de mise à l'enquête** avec justificatif des mesures de technique énergétique ;
- **réalisation** de la construction avec contrôles ;
- **réception** du bâtiment ;
- **exploitation et maintenance** selon un bilan énergétique correct (contrôle des résultats, comptabilité énergétique).



Assainissement énergétique

A l'occasion de projet de transformation, il s'agit de faire précéder les études habituelles d'une analyse énergétique des parties à transformer. Le but de cette analyse est de fournir au mandant un concept d'assainissement qui lui permette de prendre des décisions opportunes dans le cadre du projet et de sa réalisation.

Lors de telles préanalyses, il faut procéder par étapes afin de faire le meilleur usage des moyens du mandant.

Pas de transformation sans amélioration énergétique !

Analyse succincte Définition des besoins énergétiques ; donne des renseignements sur l'état général de l'enveloppe, les installations techniques et le comportement des usagers

Analyse détaillée Réponse aux questions OÙ, QUAND, COMMENT l'énergie finale est-elle utilisée. Base de l'étude des mesures et du concept d'assainissement

Pas d'analyses de détail improvisées, car elles sont coûteuses et leur validité de courte durée

Programme d'assainissement Planification et exécution des mesures dans le cadre de transformations et de modifications de l'utilisation

Exécution En premier lieu, il importe de réaliser des économies d'énergie. Il est également très important d'assurer une exécution soignée et correcte pour éviter des dégâts au bâtiment subséquents

Contrôle des résultats Le contrôle des résultats d'économie d'énergie est important pour :

- le mandant qui s'assure ainsi que les directives de base ont été respectées et dispose de connaissances utiles à d'autres étapes éventuelles d'assainissement ;
- les habitants ou les utilisateurs dont la connaissance des problèmes énergétiques est éveillée ;
- les professionnels dans le cadre de leurs activités futures.



2.3 Lois, normes, prescriptions

La législation au niveau fédéral est contenue dans l'Arrêté fédéral pour une utilisation économe et rationnelle de l'énergie et dans l'Ordonnance sur l'énergie qui lui est liée.

Justificatif des mesures de technique énergétique

Pour le maître de l'ouvrage il importe, dans le cadre de la procédure de mise à l'enquête, d'établir le justificatif des **mesures de technique énergétique** exigées par les lois et directives cantonales sur l'énergie. En cas de prise en compte dès les premières études de projet de principes de construction et d'assainissement visant à l'économie d'énergie (orientation du projet) ainsi que des directives de la SIA pour le génie civil et les installations de bâtiment, ces exigences, loin de constituer un frein sont même susceptibles d'être renforcées.

L'utilisation économe de l'énergie, en particulier de l'électricité, est un objectif qui peut être atteint grâce aux directives de base données par le maître de l'ouvrage au concepteur et à l'entrepreneur sous la forme d'indices de consommation – qui n'apparaissent pas encore dans la législation actuelle.

Autres textes législatifs ayant une incidence directe ou indirecte sur la consommation d'énergie :

- OPair, Ordonnance sur la protection de l'air
- Prescriptions relatives à l'usage des fluides frigorigènes
- Ordonnance sur les denrées alimentaires.



3. Déroulement et organisation du projet

3.1 Vue d'ensemble

La représentation schématique du déroulement du projet (fig. 3.1) illustre les tâches principales du maître de l'ouvrage, des concepteurs (architecte, ingénieurs) ainsi que des entrepreneurs, des études à la phase d'exploitation. L'important réside dans les étapes initiales (étude, avant-projet) : les **directives de base du maître d'ouvrage** sont établies – en collaboration avec l'architecte – par l'ingénieur en énergie dans le **concept énergétique** (chapitre 4) et transmises sous forme de **directives de projet** (chapitre 5) aux ingénieurs spécialisés.

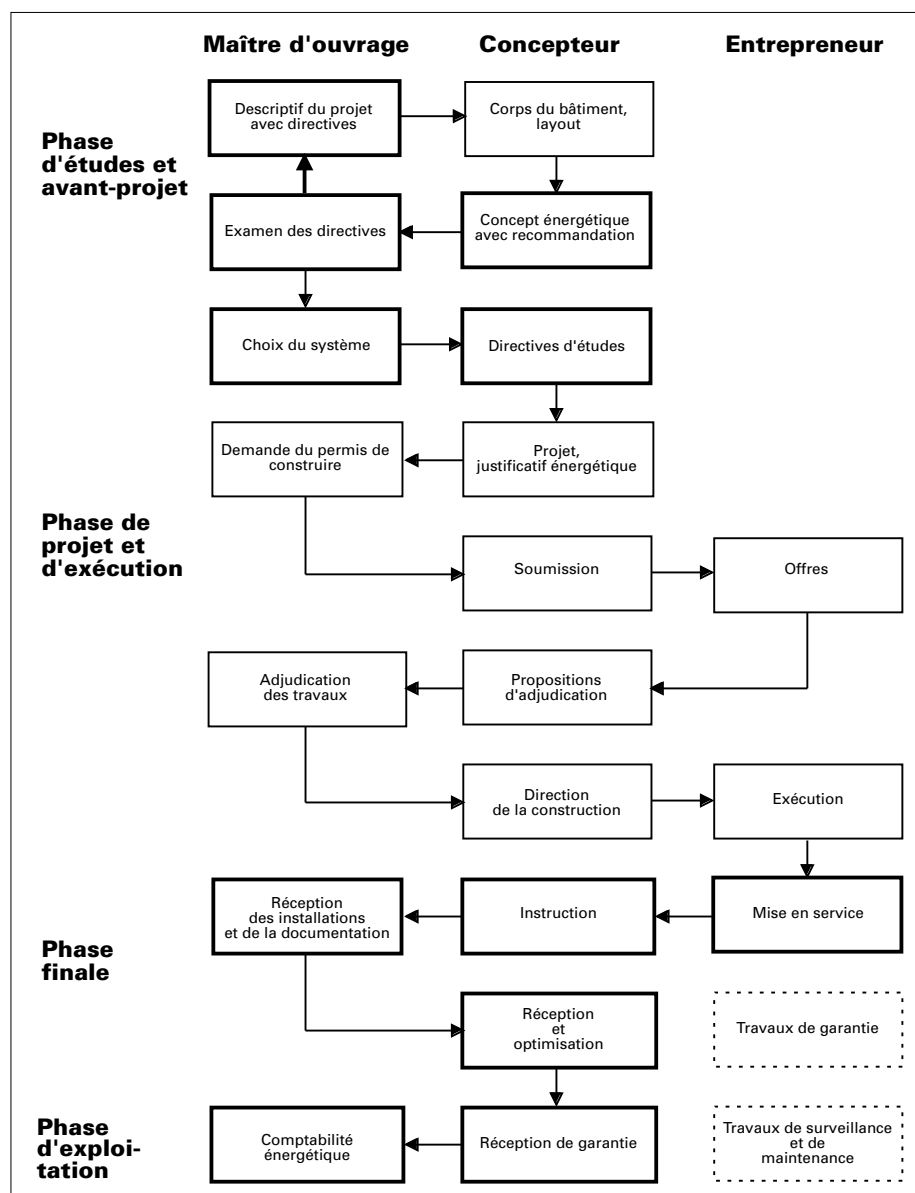


Figure 3.1
Déroulement du projet



3. Déroulement et organisation du projet

Pour s'assurer que le bâtiment, les installations et les équipements correspondent aux directives de base, l'ingénieur en énergie accompagne les travaux du projet à l'exécution.

Dans la phase finale et au début de l'exploitation, se déroulent sous son contrôle les réceptions, l'instruction du personnel ainsi que l'optimisation de l'exploitation. Le maître d'ouvrage réceptionne les installations et rassemble la documentation, vérifie le respect des directives de base au moyen de la comptabilité énergétique (contrôle des résultats).



3.2 Directives de base, contenu et modalité des étapes de décision

3.2.1 L'orientation au cours de la phase des études et de l'avant-projet

Le maître d'ouvrage oriente l'architecte et l'ingénieur en énergie sur son intention de construire (nouveau bâtiment, transformation partielle ou totale) et distribue les mandats d'étude et de projet avec les **conditions-cadres** telles que site, volume et utilisation du bâtiment (distribution des locaux) et les **directives de base** telles que les exigences de confort et le respect des indices énergétiques.

L'ingénieur en énergie élabore en compagnie des collaborateurs du maître d'ouvrage (spécialistes de la construction, responsables de l'exploitation et de la vente) et l'architecte un concept énergétique. Dans cette phase, l'**examen critique** des exigences et principes de base est essentiel, avec la présentation de toutes leurs conséquences (consommations d'énergie et charges sur l'environnement, coût d'exploitation et de maintenance, coût des investissements) et, cas échéant, les adaptations et remaniements à apporter au bâtiment, à la disposition des locaux (layout) et en fonction des exigences d'utilisation. Cette phase s'achève par l'établissement du **concept énergétique** (rapport) comprenant la comparaison entre plusieurs variantes et des **recommandations** pour le choix du système, dont la **décision** échoit au maître d'ouvrage.

Au cours de cette phase, ont également lieu les premiers contacts avec les autorités et les distributeurs d'énergie. De cette manière, l'on s'assure qu'à l'occasion du choix du système les prescriptions relatives à la construction et à l'énergie seront respectées et que toutes les demandes d'autorisation (par exemple pour le captage d'eau de la nappe phréatique, etc.) ont bien été sollicitées, afin d'éviter qu'aucun contretemps ne vienne perturber la phase de réalisation en raison de remaniements de certains éléments du projet.

3.2.2 Phase du projet et de l'exécution

Les ingénieurs spécialisés mandatés par le maître d'ouvrage (par exemple contrats SIA) sont mis au courant des systèmes choisis (chaleur, froid, récupération) et reçoivent pour le traitement de leurs projets (chauffage, ventilation/climatisation, froid/récupération, sanitaire, électricité/éclairage, etc.) les principes de base du projet (cahiers des charges techniques).

Les étapes suivantes consistent en l'établissement des projets de construction et d'installations avec calcul des coûts d'investissement et d'exploitation ainsi que du **justificatif énergétique** destinés à la mise à l'enquête; les soumissions, adjudications, livraisons et exécutions des travaux sont conformes aux directives de base du maître d'ouvrage.

Les projets de détail et l'exécution sont suivis par l'ingénieur en énergie. A cette occasion, sur mandat du maître d'ouvrage, il s'acquitte de la fonction de contrôle.

3.2.3 Phase finale et exploitation

Au terme des travaux d'exécution ont lieu la mise en exploitation et la première réception. Les installations sont remises au maître d'ouvrage, accompagnées de tous les documents nécessaires (plans de révision, directives d'exploitation, protocoles de mesure, etc.). Le personnel est instruit sur le mode d'exploitation énergétiquement correct et sur la maintenance. Durant les deux premières années l'on procède à l'optimisation énergétique sur la base de contrôles de prestations et de la comptabilité énergétique (test des données de base en exploitation). Après écoulement de la garantie SIA, le projet est considéré comme définitivement achevé lors de la deuxième réception et la phase ordinaire d'exploitation débute sous la responsabilité du maître d'ouvrage (chapitre 6 exploitation et maintenance).



3.3 Les partenaires

3.3.1 Maître d'ouvrage et exploitant

La protection des ressources énergétiques et de l'environnement est une tâche permanente impartie aux entreprises comme aux individus. Les objectifs énergétiques de l'entreprise – approvisionnement sûr et économique – doivent évidemment être conformes aux prescriptions légales et aux directions établies au niveau fédéral par RAVEL et Energie 2000. Les conditions de succès des mesures organisationnelles et techniques sont la coordination du savoir en matière d'énergie entre les domaines de la construction, de l'exploitation et de l'entretien au sein des divers intervenants (cf. fig. 3.2). Les divers postes au sein de l'entreprise doivent être définis et les personnes qui les occupent présenter les compétences nécessaires. L'absence de soutien de la direction de l'entreprise a pour effet de décourager toute initiative de collaborateurs motivés. Pour donner de l'importance à l'usage rationnel de l'énergie, un membre de la direction doit prendre en charge la fonction de **responsable de énergie**.

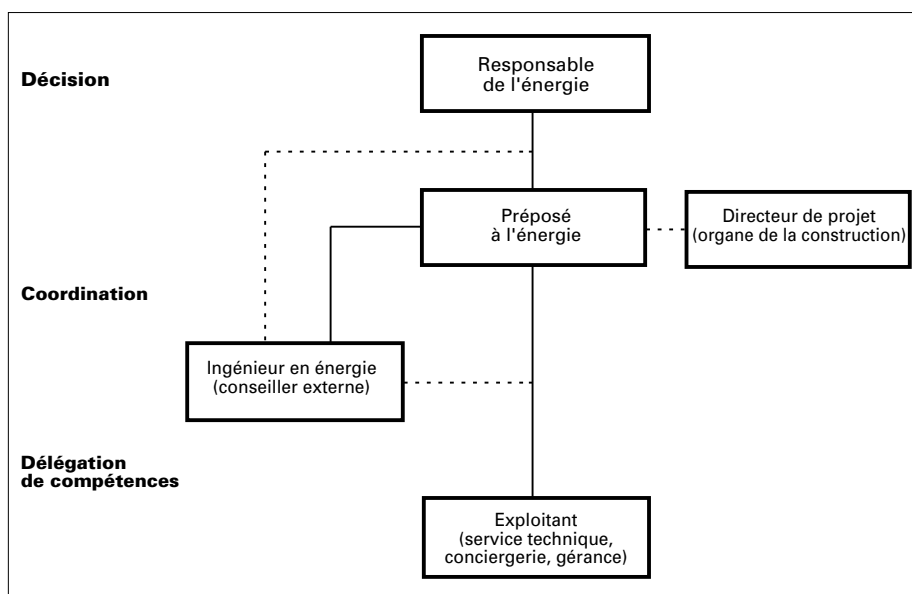


Figure 3.2
Coordination des questions
énergétiques
par le maître d'ouvrage

Le responsable de l'énergie au sein de la direction :

- fixe les objectifs énergétiques et de protection d'environnement dans le cadre du plan directeur de l'entreprise ;
- formule les modalités d'investissement et les bases pour le calcul de rentabilité économique (limite d'investissement, durée d'utilisation et taux d'intérêt) ;
- surveille l'application des mesures énergétiques ;
- publie les résultats d'actions d'économie d'énergie de l'entreprise (effet relations publiques lié à un objectif permanent d'économie d'énergie).



Le **préposé à l'énergie** est responsable de la conception et de la réalisation des techniques énergétiques des projets nouveaux ou de transformation ainsi que de la surveillance de ces questions dans le cadre de l'exploitation et du service d'entretien. Il fait des propositions et joue le rôle d'intermédiaire pour toutes les questions liées à l'énergie. Il est un généraliste ayant si possible une formation d'ingénieur dans l'une des disciplines des installations du bâtiment ainsi qu'une vision d'ensemble du système entier (bâtiment, installations, processus d'exploitation). Il formule les mandats pour les spécialistes externes et en surveille l'exécution.

Cahier des charges, resp. check-list d'un préposé à l'énergie:

Fonction: *Préposé à l'énergie*

Section: _____

Poste supérieur: _____

Suppléance: _____

Zone d'activité: *Points de vente de la région* _____
Usines de production _____ *etc.*

Domaines d'activité:

Fonctions de coordination et de conseil, par exemple:

- *coordination des postes internes tels que les organes de construction, d'exploitation, etc. et des ingénieurs en énergie et spécialistes externes;*
- *préparation des propositions à l'attention du responsable de l'énergie au sein de la direction (par exemple demandes de crédit);*
- *formulation de mandats pour postes internes et externes;*
- *etc.*

Information et formation continue, par exemple:

- *des postes internes de contact, de renseignement et de formation;*
- *élaboration et suivi d'une documentation sur l'énergie;*
- *formation propre (mise en œuvre de nouvelles techniques, d'expériences pilotes et de démonstration);*
- *etc.*

Fonction de contrôle, par exemple:

- *contrôle continu des consommations d'énergie (mensuel et même hebdomadaire) et bilan annuel*
- *contrôle de l'exploitation et de l'entretien des installations et des équipements d'exploitation ainsi que des bâtiments sur les plans économiques et énergétiques*
- *etc.*

Délimitation des compétences

- *des responsables de la construction, chefs de projets nouveaux ou de transformation;*
- *des exploitants (service technique, concierge, gérant de succursale) à l'occasion de la mise en exploitation d'installations nouvelles ainsi que de l'exploitation et l'entretien d'installations existantes.*

Devoir d'information _____



3. Déroulement et organisation du projet

Le **chef de projet** (construction) a pour mission essentielle d'assurer la qualité de construction requise dans les délais et selon l'enveloppe budgétaire fixée. Ses compétences par rapport au préposé à l'énergie sont délimitées dans le descriptif de son poste.

Le **gérant de succursale** se préoccupe principalement du chiffre d'affaire, de la qualité et de la direction du personnel. Dans le descriptif de son poste, il est indiqué quelles sont ses compétences par rapport au préposé à l'énergie relativement à l'instruction du personnel de vente et d'exploitation (par exemple conduite décentralisée du chauffage par le concierge, gestion des installations frigorifiques par un service technique centralisé).

3.3.2 L'architecte

L'architecte porte la responsabilité, en collaboration avec l'ingénieur en énergie, de faire apparaître dans le concept énergétique les exigences et les directives de base du maître d'ouvrage. Les principes généraux pour construire et rénover selon un bilan énergétique correct (chapitre 1) et les objectifs énergétiques du maître d'ouvrage font partie intégrante de son cahier des charges. En conséquence, la conception du bâtiment et la distribution des locaux seront définis dès le début du projet en collaboration avec le maître d'ouvrage (préposé aux énergies) et l'ingénieur en énergie.

3.3.3 L'ingénieur en énergie

L'ingénieur en énergie joue à la fois le rôle de mandataire, de fiduciaire et de conseiller du maître d'ouvrage ainsi que de coordinateur des ingénieurs spécialisés. Il est également désigné comme concepteur en énergie, coordinateur des spécialistes ou coordinateur technique.

L'ingénieur en énergie porte la responsabilité d'assurer que les installations et équipements correspondent aux besoins réels et que leur implantation se fasse de manière coordonnée du point de vue :

- de l'ordonnancement et de l'exécution ;
- de la puissance et du fonctionnement ;
- de la consommation d'énergie et des charges sur l'environnement ;
- de l'exploitation et de l'entretien.

Sa tâche principale est l'application des exigences du maître d'ouvrage, qui passe par leur formulation donnée sous forme de directives de base à l'intention des ingénieurs spécialisés. Il doit vérifier avec soin l'opportunité de ces directives et mettre en évidence leurs conséquences.



Cahier des charges, resp. check-list pour la formulation du mandat d'un ingénieur en énergie

Situation de départ (documents mis à disposition, etc.).

Méthode de travail, décomposition de la mise en œuvre en étapes distinctes supervisables et détermination des objectifs des phases de mise en œuvre.

Définition du cadre de prestations (fixer forme et contenu des résultats à livrer):

Phase d'études et d'avant-projet:

- *élaborer et fixer les bases et les conditions-cadres;*
- *définition préalable des installations de bâtiment nécessaires,*
- *définition préalable des centrales techniques et des tracés principaux tels que: emplacements, dimensions;*
- *élaboration du concept énergétique;*
- *calculs de rentabilité économique.*

Phase de projet et de réalisation:

- *formulation sur la base du concept énergétique des directives pour les ingénieurs spécialisés;*
- *contrôle des principes d'études et d'exécution et de leur conformité au concept énergétique et aux directives de base;*
- *contrôle et acceptation des systèmes d'installations prévus et des concepts de régulation;*
- *collaboration à la définition des besoins et exigences spécifiques des locataires;*
- *collaboration à l'élaboration du concept de mesurage et du mode de répartition des frais d'énergie;*
- *formulation de recommandations relatives aux éléments de commande et de surveillance tels que: horloge centrale, surveillance centrale, annonce des défauts et alarmes;*
- *direction, resp. participation aux discussions de planification et de coordination.*

Phase de clôture:

- *contrôle des installations, prêtes à l'usage y compris mesures, enregistrements, contrôle des fonctions et des prestations avec rapport y relatif;*
- *instruction du personnel d'exploitation et d'entretien dans le sens du concept global;*
- *rassemblement de la documentation destinée au maître d'ouvrage.*



3.3.4 Les ingénieurs spécialisés

Les ingénieurs spécialisés peuvent être consultés dès la phase d'étude de projet, en particulier en ce qui concerne l'évaluation financière des variantes d'installation. Après le choix du système, ils sont mandatés par le maître d'ouvrage pour le traitement des projets d'installations (par exemple contrats SIA). L'ingénieur en énergie leur remet les directives de base du projet (cahier des charges technique). Cette manière d'opérer garantit que les idées à la base des études seront appliquées aux projets, soumissions et documents d'exécution. La mise en exploitation et la réception des installations a lieu en groupe sous la direction de l'ingénieur en énergie.

3.3.5 Les entrepreneurs

Les entrepreneurs reçoivent comme base pour leurs offres des textes de soumission et des plans élaborés par des ingénieurs spécialisés. Dans les phases qui suivent, l'ingénieur en énergie vérifie d'abord les offres et plus tard les données d'exécution ou leur conformité avec le concept énergétique et les directives de base.

Les prestations d'exécution des entrepreneurs sont consignées dans des contrats d'entreprise. Ceux-ci prévoient l'engagement de la responsabilité des entrepreneurs et fournisseurs pour les prestations fournies.



4. Concept énergétique

4.1 Objectifs et démarche

L'élaboration du concept énergétique est une prestation partielle de l'ingénieur en énergie au cours de la phase des études et de l'avant-projet. Ce concept recherche les objectifs suivants :

- maintenir la demande d'énergie au minimum ;
- pas d'installation inutile, pas de surdimensionnement ;
- bas niveau des pertes des installations du bâtiment ;
- utiliser le mieux possible les gains d'énergie ;
- couverture adéquate de la demande d'énergie constante.

Grâce à la consommation d'énergie électrique, le magasin ou le bâtiment dispose d'une autonomie thermique jusqu'à une température relativement basse. Une part assez importante des besoins de chaleur peut ainsi être couverte par récupération et le solde de l'énergie à produire doit l'être au moyen d'installations simples ayant un impact minimal sur l'environnement.

L'exemple ci-dessous montre, par rapport à la température extérieure, quelles parts des besoins de chaleur sont couvertes par des gains de chaleur directs dus aux charges internes et par récupération et lesquelles devront être couvertes par une production d'appoint.

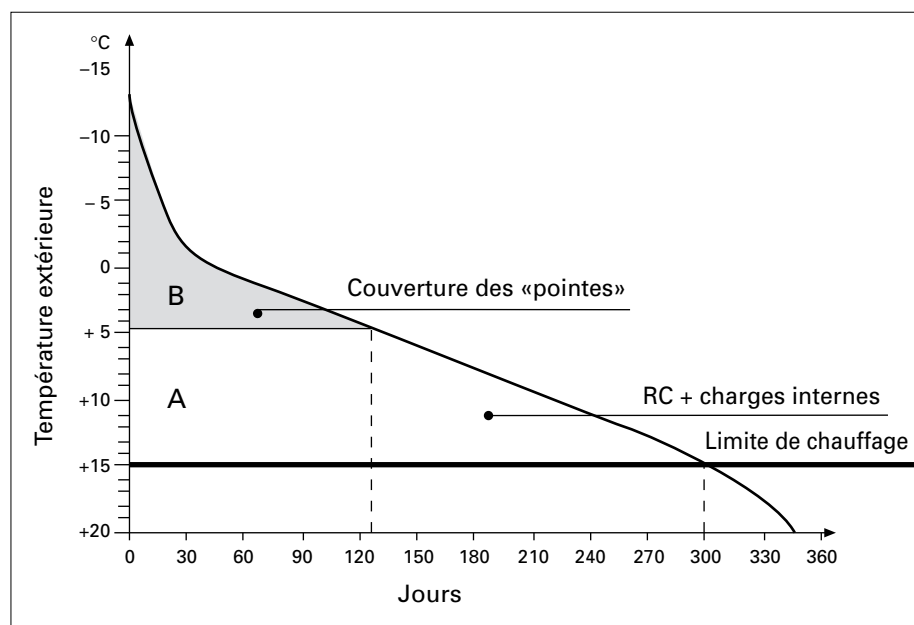


Figure 4.1
Exemple de couverture des besoins de chaleur

Dans cet exemple, les gains de chaleur (charge interne + récupération) couvrent :

- 60% des besoins de chaleur (correspond à la surface A) resp. ;
- 40% des besoins en puissance ;

et l'appoint est produit selon le rapport inverse

- 40% des besoins de chaleur (correspond à la surface B) resp. ;
- 60% des besoins de puissance.



4. Concept énergétique

La représentation de l'énergie globale nécessaire aux installations de bâtiment est faite au moyen d'un diagramme du flux énergétique (celui de la consommation d'un commerce alimentaire de 1800 m² de surface de vente et de la consommation générale propre à un immeuble commercial, y compris du parking):

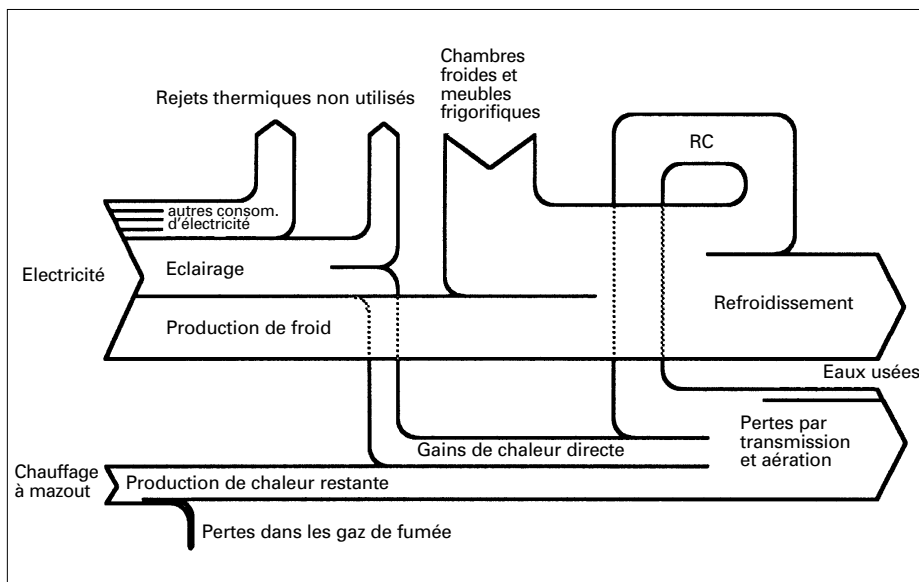


Figure 4.2
Exemple de diagramme
de flux énergétique

Que peut-on lire dans un diagramme de flux énergétique ?

- 1) La consommation d'énergie électrique pour :
 - la production de froid ;
 - l'éclairage ;
 - les autres consommateurs d'électricité tels que circulateurs, moteurs de ventilation, ascenseurs, escalators, etc., ainsi que la consommation annuelle de combustible (gaz et mazout pour l'appoint).
- 2) La chaleur extraite des chambres et vitrines frigorifiques ; avec ces dernières de la chaleur est également évacuée des locaux de façon indirecte.
- 3) Les rejets thermiques récupérés de la production de froid ainsi que les gains directs de l'éclairage.
- 4) Les rejets thermiques inutilisés (pertes) tels que :
 - gaz de fumées (cheminée) ;
 - éclairage ;
 - autres rejets thermiques provoqués par l'électricité ;
 - refroidissement des machines de production de froid ;
 - pertes par transmission et par aération (enveloppe et air expulsé) ;
 - eaux usées (canalisation).



Pour que les objectifs puissent être atteints, maître d'ouvrage et architecte doivent être impliqués dans le **processus de décision** : les conditions-cadres importantes suivantes doivent être définies en commun dans la **conception énergétique** :

- enveloppe du bâtiment ;
- usage des locaux, layout ;
- exigences de confort ;
- charges internes ;
- degré de technicité.

De plus, les caractéristiques servant à déterminer la rentabilité économique doivent être discutées avec le maître d'ouvrage et les fournisseurs d'énergie (électricité, chaleur à distance, gaz naturel, eau).

Pour rendre plus clair le déroulement des travaux, chacune des étapes sera décrite dans le cours du chapitre suivant :

- Collecte des documents, données de base, hypothèses (§ 4.2).
- Détermination des besoins de puissance et d'énergie (§ 4.3).
- Recherche des possibilités de fourniture d'énergie (§ 4.4).
- Description et évaluation de variantes d'installations, définition des emplacements et de la grandeur des centrales techniques pour le chauffage, la ventilation, la production de froid, le sanitaire et l'électricité ainsi que les tracés principaux des conduites et des canaux (§ 4.5).
- Description du concept de mesurage de la consommation d'énergie et d'eau avec proposition d'un mode de répartition des coûts (§ 4.6).

L'ingénieur en énergie établit un rapport (le **concept énergétique**) avec un résumé de la comparaison des variantes (bilan des puissances, flux énergétique, coûts d'investissement et d'exploitation, nuisances environnementales et sécurité d'approvisionnement) ainsi qu'une recommandation pour le choix de système (§ 4.7). Une fois le système choisi par le maître de l'ouvrage, représenté par le préposé à l'énergie et par le chef de projet (organe de la construction), intervient l'acceptation du concept énergétique, dont les principes qui serviront de base aux autres travaux préparatoires du projet sont établis par les ingénieurs spécialisés (chapitre 5, Directives de base du projet).



4.2 Principes et directives de base

Les exigences d'utilisation avec leur marge de tolérance sont fixées en premier. Combinées avec les contraintes climatiques et d'exploitation, elles permettent de définir les exigences techniques pour le bâtiment et ses installations. Aux principes et directives de base du maître d'ouvrage, viennent se greffer les **hypothèses pour le concept énergétique** par l'ingénieur en énergie.

- Description du projet avec:
 - intentions de construction (nouveau bâtiment, transformation, rénovation totale ou partielle);
 - plan de situation;
 - premiers plans d'architecte (éch. 1: 100), év. modèle, documents de concours;
 - distribution des locaux, zones d'utilisation telles que les surfaces de vente et les infrastructures y relatives, d'autres utilisations de l'immeuble telles que bureaux, cabinets, appartements;
 - etc.

Important: les premiers échanges entre l'ingénieur en énergie et l'architecte sont nécessaires à ce stade, afin que les emplacements et la taille des **centrales techniques** soient adéquatement conçus. La question du degré de technicité nécessaire ou désirée trouve ici, en collaboration avec le maître de l'ouvrage, sa réponse.

- D'autres documents tels que:
 - Recommandations SIA.
 - Directives de la SICC (Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation).
 - Prescriptions sur l'énergie (ordonnance cantonale sur les énergies, règlement de construction local).
 - Conditions de raccordement et règlements tarifaires pour l'électricité, le gaz, le chauffage à distance, l'eau et les eaux usées.
- Check-list avec exemples des exigences d'utilisation, directives de base et hypothèses pour le bilan des puissances et le budget énergétique:

Heures d'exploitation

- Magasin: 3600 h/an.
- Autres zones d'utilisation telles que restaurant, boulangerie, etc.

Climat ambiant

- Température en hiver min. 18°C, en été 26°C (pour température extérieure de 32°C).
- Humidité de l'air: concept d'installation si possible sans humidificateur, par exemple avec récupération enthalpique.
- Taux d'air extérieur 15 m³/h/personne.

Occupation des personnes

- Vente, par exemple 1 personne/10 m².

Eclairage

- Puissance spécifique maximale, resp. charges thermiques pour les zones d'occupation pour une intensité lumineuse en (lux):

Total vente	15 W/m ²	(éclairage de base 6-10 W/m ²)
Dépôts	5 W/m ²	
Garages	8 W/m ²	(pas trop bas pour des raisons de sécurité, places de parc pour dames près des ascenseurs).



Enveloppe de l'immeuble, vitrages

- Protection thermique hivernale selon la loi sur l'énergie.
- Protection thermique estivale, en particulier contre le rayonnement solaire direct.

Eau chaude sanitaire

Température de chauffe-eau maximale de 60°C.

Consommation d'eau chaude (l/jour), et demande de pointe (l/heure) pour :

- magasin sans/avec boucherie et poissonnerie ;
- restaurant ;
- appartements ;
- bureaux, etc.

Froid commercial

Meubles frigorifiques : – températures d'évaporation élevées, grandes surfaces d'évaporation ;
– éclairage extérieur ;
– recouvrement la nuit avec élévation de la température.

Chambres froides : – isolation conforme aux prescriptions ;
– maçonnerie externe (protection contre ébranlement).

Installations frigorifiques : – fluide frigorigène : pas de R12 et R502 Prendre en considération la protection de l'environnement et les coûts d'entretien ;
– choix du type d'installation (par exemple machine à 2 étages avec R22) ;
– But : récupération de chaleur sans apport supplémentaire d'électricité ;
– Récupération d'air froid (par exemple condenseurs à air).

Indices de consommation d'électricité pour 3 catégories de magasin, par m² de surface de vente (SV) :

Consommation surface vente (m ²)	Consommation d'électricité (kWh/m ² /an)
< 300	500
300 – 2000	410
> 2000	370

Valeurs de référence pour les combustibles et l'eau

La valeur de référence pour la consommation de combustibles se situe entre 60 et 120 kWh/m² SV par an. La consommation d'eau ne doit pas dépasser 1 m³/m² SV par an.

Commentaires

- Les valeurs de référence citées peuvent être atteintes en recourant aux techniques aujourd'hui disponibles, qui sont encore susceptibles d'amélioration.
- La consommation spécifique d'électricité est plus grande pour les petits magasins que pour les grands, en raison du poids proportionnellement élevé que représente le froid industriel.
- Etant donné que, lors de la transformation de magasins, toutes les installations sont renouvelées, les valeurs de référence s'appliquent tant aux bâtiments rénovés qu'aux constructions à neuf.



4.3 Besoin de puissance et d'énergie

Sur la base des directives du maître d'ouvrage et des hypothèses de l'ingénieur en énergie, il est possible d'évaluer les puissances et les consommations d'énergie pour les « prestations énergétiques » :

- chaleur (chauffage des locaux, ventilation, eau chaude, processus) ;
- froid (froid commercial, conditionnement des locaux, processus) ;
- éclairage (éclairages de base, de mise en valeur, à effet, de secours) ;
- force, communication et informatique.

Le but est de **minimiser la demande** par un usage économique de l'énergie.

Principe d'économie d'énergie

Energie (kWh/a) = puissance (kW) x heures d'exploitation (h/an)

Des économies d'énergie peuvent ainsi être obtenues par réduction ou limitation de la puissance et/ou des durées de fonctionnement.

Exemple d'éclairage de magasin : la durée d'exploitation avec éclairage total peut être limitée au moyen d'un programmeur horaire (horloge) aux heures d'ouverture du magasin. En cas de présence de personnes hors de ces heures, l'éclairage peut être réduit (par exemple d'un tiers).

L'exemple ci-dessous montre que puissance élevée ne rime pas forcément avec consommation annuelle élevée.

	Froid industriel	Climatisation
Puissance frigorifique (kW)	84	114
Puissance électrique y compris condensation (kW)	48	38
Durée d'exploitation (h/an)	4000	700
Consommation annuelle d'électricité (kWh/an)	138 000	16 500
Coût d'investissement (Fr.)	105 000	85 000
Frais d'énergie y compris puissance électrique (Fr./an)	20 000	4 000

En raison du faible nombre d'heures annuel d'utilisation, la consommation d'énergie pour la climatisation est relativement faible. Si la climatisation peut néanmoins être évitée (réduction des charges internes, protection solaire, refroidissement nocturne par aération) cela permet d'économiser des investissements et des frais d'exploitation importants, ainsi qu'une diminution plus ou moins sensible de la facture d'électricité par l'abaissement des pointes de puissance. Par rapport à la climatisation, le froid industriel est un consommateur permanent ; bien conçu, il aura une demande de puissance minimale et un taux d'utilisation élevé.

Comment atteindre les valeurs de référence ?

Les check-lists qui suivent permettent de vérifier si tous les calculs de puissance et de consommation d'énergie, resp. toutes les évaluations ont été faits. Une partie des valeurs de référence pour les surfaces réservées à des utilisations particulières peut être consultée dans la Recommandation SIA 380/4 « L'énergie électrique dans le bâtiment ». La manière la plus expressive **d'illustrer les consommations annuelles** est le **diagramme du flux énergétique** (fig. 4.2).



4.3.1 Check-list des besoins en énergie thermique

Conditions et hypothèses :

Protection thermique du bâtiment/fenêtres, par exemple valeur k moyenne
<... W/m²K

Zone d'utilisation	Plage de température [°C]	Puissance maximum [kW]	Puissance maximum [kW]
Chauffage			
Ventilation/climatisation			
Eau chaude			
Ev. processus			
Total			

4.3.2 Check-list pour le froid industriel/RC

Variante (sans/avec RC)	Plage de température [°C]	Puissance maximum [kW]	Consommation annuelle [kWh/an] resp. offre
Total demandé			
dont froid positif froid négatif			
dont condensation surchauffe			
Besoins en électricité Production de froid			
Rejets thermiques HT	> 40		
Offre BT	< 40		
dont chaleur utilisée HT	> 40		
BT	< 40		
Energie auxiliaire pour récupération du froid, RC, etc.			

Fluides frigorigènes

- Prescriptions légales: Liste de l'OFEFP, selon l'Ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les altérer (OPEL), pas de R12 et R502.
- Publications d'associations et de fournisseurs de fluides frigorigènes.
- Exigences du maître d'ouvrage (par exemple plan directeur énergie et environnement).

Le marché offre actuellement une série de nouveaux fluides frigorigènes – portant les caractéristiques propres aux firmes productrices ! Le pouvoir de destruction de la couche d'ozone peut être réduit à zéro et l'effet de serre à un quart de celui du frigorigène de référence R11. Il importe aussi de ne pas faire appel à une plus grande consommation d'électricité (effet de serre dû à la production d'électricité). Le fluide frigorigène utilisé est un critère de décision pour le choix de système par l'ingénieur en énergie. Le **produit frigorigène** détermine les plages de pression et de température du processus frigorifique, soit le concept d'installation, par conséquent les besoins de



4. Concept énergétique

puissance et d'énergie de la production de froid. Hormis la grandeur de l'installation (puissance frigorifique), la disposition des locaux (longueur des conduites de distribution) et le mode de distribution du froid vers les points de consommation (par exemple au moyen d'un réseau caloporteur peu polluant) influent sur la **quantité de fluide frigorigène** nécessaire. Plus la quantité de fluide frigorigène est réduite, plus les émissions nuisibles à l'environnement sont faibles, ceci sous réserve qu'il ne soit pas fait appel à plus d'énergie électrique. Le choix du fluide et le concept d'installation ont des conséquences aussi sur les frais d'investissement et d'exploitation, notamment sur les frais de maintenance.

4.3.3 Check-list de l'éclairage

Les directives de base du chapitre 4.2 telles que la puissance maximale de raccordement et les durées de fonctionnement permettent de prolonger la réflexion sur les apports thermiques par le biais de l'éclairage et de besoin en électricité (puissance raccordée et évaluation de la consommation annuelle).

Zone d'utilisation (magasin, dépôts, etc.)	Surface [m²]	Intensité et type d'éclairage	Puissance [kW]	Consom- mation annuelle [kWh/an]
Eclairage de base du magasin				
Eclairage ponctuel				
Dépôt				
Etc.				
Total				

Les directives de base (§ 5.7.2) pour le projet de détail (éclairage lié aux produits, valeurs cibles et de référence) et les directives énergétiques doivent être coordonnées. En cas de situations antagonistes, une **décision du maître d'ouvrage** est nécessaire.

4.3.4 Check-list des consommateurs d'électricité

Liste des « gros » consommateurs, soit les groupes de consommation avec demande de puissances (kW), durées de fonctionnement (par exemple h/jour/semaine/an, év. avec indications séparées pour l'été et l'hiver) ainsi que la consommation annuelle d'énergie (év. séparément pour les semestres été/hiver):

- Chaleur (§ 4.3.1)
Y a-t-il des consommateurs de chaleur électriques ; lesquels ? L'électricité, à haute valeur énergétique, ne devrait pas être utilisée pour des besoins de chauffage.
Mesures d'économie : réduire, ou éliminer les besoins de chaleur et vérifier le choix du vecteur énergétique d'appoint (charges sur l'environnement les plus basses possibles, rentabilité économique, etc.).
Energie auxiliaire de « chauffage » telle que circulateurs, tableaux électriques, etc.
- Froid industriel (§ 4.3.2)
Compresseurs frigorifiques.
Energie auxiliaire pour la production de froid.



Récupération de froid et RC sur les installations (ventilateurs, circulateurs, tableaux, etc.).

Energie auxiliaire autour des emplacements froids (ventilateurs, chauffages de cadre, etc.).

- Eclairage (§ 4.3.3)
Eclairages de base, de mise en valeur, à effet des diverses zones d'utilisation, éclairages extérieurs. Ne pas oublier l'éclairage de secours.
- Ventilation/climatisation
Estimation des besoins de puissance et d'énergie pour :
 - la propulsion de l'air (ventilateurs), concept économique des énergies, par exemple par l'utilisation à plusieurs reprises de l'air « magasin-dépôt-locaux techniques-parking-évacuation », limitation du taux d'apport de l'air frais extérieur, etc.;
 - climatisation (définition des besoins sur la base du bilan des prestations de refroidissement § 4.3.7);
 - humidification (seulement dans les départements boucherie/poissonnerie);
 - énergie auxiliaire pour « ventilation/climatisation » par exemple circulateurs internes, tableaux, etc.
- Transport des personnes et des marchandises
 - ascenseurs personnes et marchandises;
 - escalators et tapis transporteurs, etc.
- Autres consommateurs d'électricité
 - ordinateurs et installations de communication, caisses, dont une partie sont des consommateurs permanents év. desservis par des alimentations sans coupure (ASC);
 - appareils électriques tels que :
appareils de bureau,
automates à denrées alimentaires,
équipements de cuisine et restaurant,
stations d'essence,
etc.

Pour que le bilan des charges thermiques et du froid puisse être établi, il importe de vérifier si les consommateurs d'électricité individuels ont un impact sur les charges internes et quelle part de leur chaleur émise :

- a) peut être récupérée, réduisant ainsi la puissance de chauffage (diagramme du flux énergétique, chap. 4.2);
- b) doit être évacuée pour que les conditions climatiques des locaux puissent être tenues.

4.3.5 Rayonnement solaire et chaleur émise par les personnes

Sur la base des directives et hypothèses relatives à la conception de l'enveloppe du bâtiment et l'occupation par les personnes, il est possible d'évaluer les gains de chaleur utile, resp. les charges de froid et par conséquent d'établir :

- le bilan des puissances thermiques et le dimensionnement de la production de chaleur d'appoint;
- le bilan du froid, avec la décision à prendre en faveur ou non de la climatisation.



4.3.6 Bilan de la puissance thermique

L'élaboration du bilan de la puissance thermique à installer (§ 4.3.1), de la récupération de chaleur (§ 4.3.2), des gains directs de chaleur de l'éclairage (§ 4.3.3) et d'autres consommateurs d'électricité (§ 4.3.4) ainsi que de la chaleur due au rayonnement solaire et aux personnes (§ 4.3.5) sert de base à l'estimation de la **production de chaleur d'appoint**. A cette fin, il faut tenir compte des deux points suivants :

- la puissance thermique nécessaire à la préparation d'eau chaude sanitaire peut être couverte en dehors des heures de pointe (accumulateur d'eau chaude sanitaire) et ne doit ainsi pas être prise en considération dans le dimensionnement de la production de chaleur d'appoint ;
- par l'intermédiaire des meubles frigorifiques, de la chaleur du magasin est évacuée. Les déficits ainsi créés doivent être pris en compte dans le bilan des puissances thermiques.

4.3.7 Bilan des puissances frigorifiques

Le bilan des charges thermiques internes (éclairage et autres consommateurs d'électricité, personnes) y compris le rayonnement solaire sert de base de réponse à la question « faut-il climatiser les locaux ? ». Tout en sachant que les installations frigorifiques extraient de la chaleur du magasin et que ces « pertes » réduisent en proportion les besoins de puissance d'une éventuelle climatisation.

Sur la base des calculs des besoins de puissance et d'énergie (chapitre 4.3) et des variantes de production d'énergie (chapitre 4.4), l'on peut représenter et comparer pour chaque variante d'installation le diagramme du flux énergétique (chapitre 4.5).



4.4 La production d'énergie

En raison d'une forte consommation d'électricité dans les commerces alimentaires, il se produit une quantité considérable de rejets thermiques qui peuvent couvrir une grande partie des besoins de chaleur, complétés par les gains de chaleur directe (par exemple l'éclairage) et la récupération de chaleur perdue (froid industriel, installation de climatisation, cf. diagramme du flux énergétique, fig. 4.2).

Pour la couverture des besoins de chaleur d'un nombre assez restreint de jours froids, il faut une puissance d'appoint relativement élevée. L'installation d'appoint compte ainsi un nombre d'heures de fonctionnement annuel faible. C'est la raison pour laquelle l'usage de **mazout** pour produire la chaleur d'appoint s'impose tant du point de vue de la politique d'approvisionnement énergétique que pour des raisons économiques.

Le recours au gaz et au chauffage à distance représentent, en raison de la puissance demandée, un investissement plus élevé qu'un chauffage à mazout. D'autre part, durant les périodes très froides, les fournisseurs sont davantage intéressés à couper les livraisons de clients équipés de deux installations que de livrer des prestations supplémentaires.

Des réflexions semblables s'opposent aussi à l'adoption d'une pompe à chaleur pour l'appoint thermique. L'énergie électrique, elle aussi, est moins disponible par temps froid. Il faut avant tout disposer d'une source de chaleur favorable (nappe phréatique ou sol), dimensionnée pour les demandes de pointe; le nombre d'heures de fonctionnement limité crée des coûts élevés disproportionnés.

L'électricité est une énergie de haute valeur qu'il faut utiliser pour l'éclairage, l'entraînement (des compresseurs, circulateurs, ventilateurs, tapis roulant, etc.), la communication et l'informatique. L'utilisation de l'électricité est propre et confortable, étant donné que la puissance n'est pas (encore) un critère limitatif et que le transport direct vers le lieu d'utilisation est simple. Pour cette raison, il ne faut utiliser de l'électricité à des fins de chauffage (humidificateurs à vapeur, dégivrage, etc.) que de manière parcimonieuse afin qu'elle ne manque pas là où elle n'est pas substituable: lumière, force, processus.

Dans les grandes centrales thermiques de production d'électricité, l'essentiel des rejets thermiques est dégagé dans l'environnement sans qu'il en soit fait usage. En effet, leur transport est beaucoup plus coûteux que celui de l'électricité. Une solution permettant d'utiliser cette chaleur existe dans la production décentralisée d'électricité avec des groupes de chaleur-force (cogénération d'électricité et de chaleur). Cette solution combinée est indiquée dans les cas où la demande de chaleur correspond au moins à 4000 heures par an. Cette situation ne se présente en général pas dans les magasins d'alimentation en raison de l'important dégagement de chaleur par le froid industriel. Les groupes CCF sont potentiellement indiqués dans des établissements avec gros consommateurs de chaleur (par exemple hôpitaux, homes, etc.) et l'électricité produite peut être fournie par l'intermédiaire du réseau aux consommateurs (par exemple froid industriel, informatique, etc.)

La production rationnelle d'énergie implique la prise en compte des principes relatifs au choix des agents énergétiques cités plus haut ainsi que des critères propres à un objet en particulier:

- sécurité d'approvisionnement;
- stockage (besoins de surface);
- demandes de pointe (prix de puissance max. pour l'électricité);
- charges sur l'environnement;
- coûts (investissement et exploitation).

Utilisation des rejets thermiques

Production de chaleur d'appoint avec le mazout

Gaz naturel et chauffage à distance

Pompes à chaleur (PAC)

Electricité

Couplage chaleur-force (CCF)

Production rationnelle d'énergie



4.5 Systèmes d'installation et comparaison des variantes

En raison de sa consommation d'électricité, le magasin d'alimentation dispose d'une quantité importante de chaleur dégagée qui doit en priorité être affectée à la couverture de chaleur du bâtiment (récupération pour la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage des appartements, bureaux, etc.). L'objet analysé dispose-t-il d'un dégagement excédentaire de chaleur, on peut alors envisager de rechercher des consommateurs dans le voisinage.

Lors de l'élaboration de variantes d'installations, il faut également examiner les limites des systèmes et éventuellement créer les adaptations utiles à l'optimisation énergétique de l'ensemble. Les conditions de propriété et la prédisposition des propriétaires à collaborer en sont des éléments importants.

Les éléments de base de décision pour chaque variante sont établis et comparés. Ce sont :

- les bilans des puissances ;
- le bilan énergétique annuel (diagramme du flux de l'énergie) ;
- les frais d'investissement et d'exploitation ;
- les émissions polluantes.

Les bilans des puissances

Les bilans de chaleur et de froid ainsi que des puissances électriques sont décrits dans le chapitre 4.3. Ils servent avant tout au dimensionnement des installations de production de chaleur, de froid et d'alimentation en électricité, resp. des chaudières, brûleurs, compresseurs de froid, accumulateurs d'eau chaude, etc. Les bases pour l'évaluation des coûts d'investissement et les besoins des locaux sont ainsi données.

Le bilan annuel global des énergies

Le prochain pas consiste à élaborer un bilan global basé sur les puissances et les durées d'exploitation ainsi que le diagramme du flux énergétique. L'exemple présenté dans la figure 4.2 montre :

- 1) la consommation d'électricité annuelle pour la production de froid, l'éclairage, etc. ainsi que la consommation de combustible pour l'énergie thermique d'appoint ;
- 2) la chaleur évacuée par les machines de production de froid des chambres et meubles frigorifiques ;
- 3) les rejets thermiques utilisés (récupération et chaleur directe) ;
- 4) les rejets thermiques non utilisés, soit les pertes.

Remarque 1 : La demande de chaleur pour le chauffage et la ventilation correspond aux pertes de l'enveloppe du bâtiment et au réchauffement de l'air extérieur, c'est-à-dire qu'il est tenu compte de la récupération de chaleur au moyen de l'utilisation multiple du même air (par exemple magasins-dépôts-locaux techniques-parking).

Remarque 2 : L'éclairage et d'autres dégagements de chaleur produits par l'électricité dans le bâtiment, ainsi que l'émission de chaleur par les personnes et le rayonnement solaire, sont des apports bienvenus en hiver sous réserve que la régulation soit conçue en conséquence et que la consommation d'énergie d'appoint soit réduite.

Remarque 3 : Si la température des locaux dépasse la valeur maximale acceptable, l'excédent de chaleur doit être évacué. Avant de se décider pour une climatisation, il faut tester les mesures suivantes :

- réduction des apports de chaleur par l'économie d'électricité et la protection solaire ;



- aération nocturne ;
- év. acceptation de températures exceptionnelles ne se présentant que quelques jours par an ;
- échangeur dans le sol, sous réserve qu'on puisse renoncer à la climatisation.

Quelles autres informations peuvent être tirées du diagramme du flux énergétique ?

- définition de la consommation spécifique d'électricité et de combustible (par m² de surface de vente) et vérification de leur conformité aux objectifs fixés ;
- évaluation de la RC : part utilisée ou non des rejets thermiques, consommation d'électricité par la récupération de chaleur ;
- bases de décision pour la conception de mesurage : ne mesurer que les consommateurs principaux ou groupes de consommateurs ;
- comparaison des variantes avec un système de référence « sans récupération ».

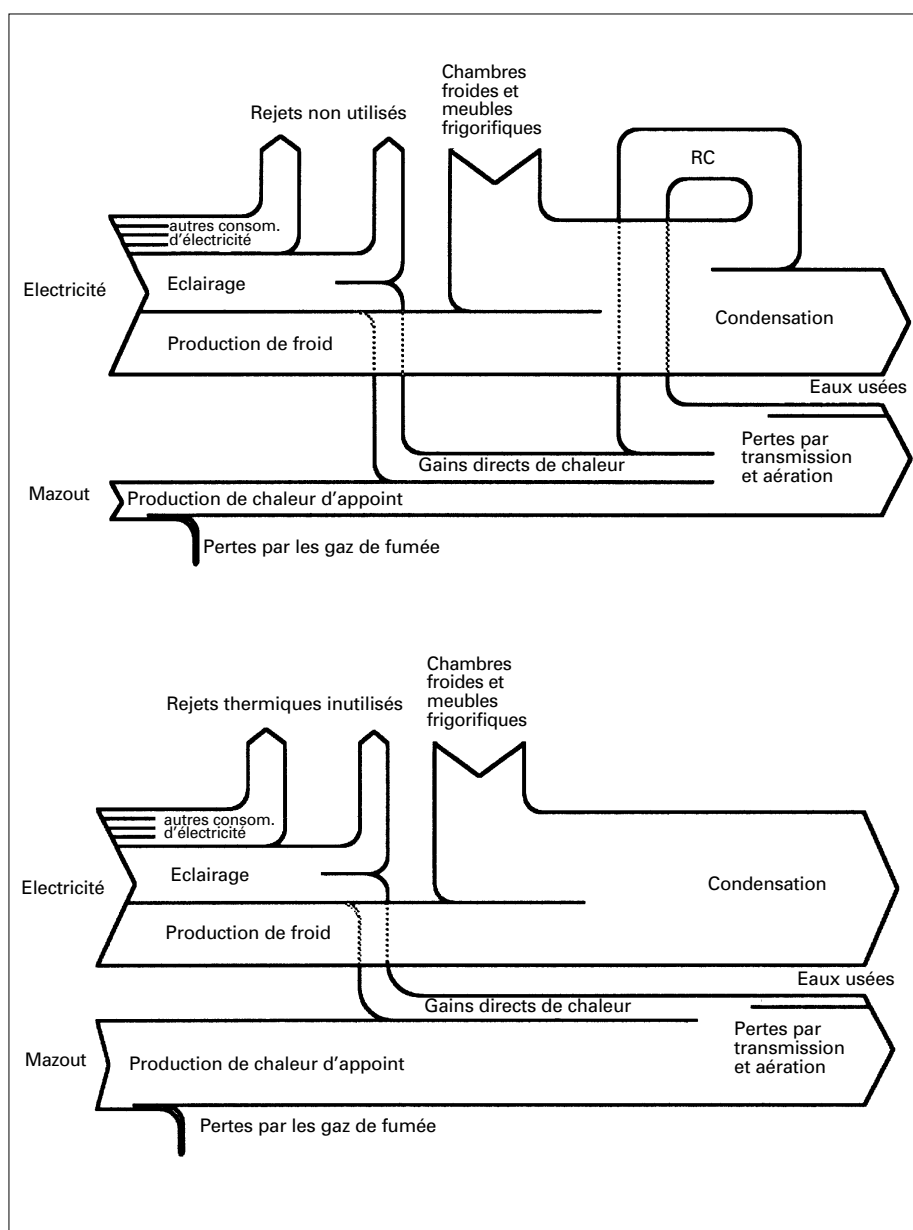


Figure 4.3.
Diagramme du flux
énergétique, avec et sans RC



Les frais d'investissement et d'exploitation

- **Coûts supplémentaires** d'investissement pour la récupération de chaleur et autres mesures d'économie, par exemple sur l'éclairage, les installations de transport, etc.
- Coûts d'énergie (y compris eau/eaux usées).
- Autres coûts pour l'exploitation et l'entretien : la complexité des installations détermine les soins que l'exploitant doit leur vouer, avec les frais de personnel que cela implique.

Les émissions d'agents polluants (locales issues de combustibles)

- Charges annuelles
 - sur l'air telles que NO_x , SO_2 , CO ,
 - gaz à effet de serre CO_2 provenant des combustibles (gaz naturel, mazout, etc.).
- Evaluation des risques dus aux fluides frigorigènes selon les produits et les quantités : destruction de la couche d'ozone, effet de serre, toxicité (ammoniacale), danger d'explosion (hydrocarbures inflammables), etc., év. évaluation de la charge sur l'environnement due à l'électricité par exemple sur la base des parts à sa production (énergies hydraulique, fossile-thermique, nucléaire, etc.) dans le réseau européen.

Disposant de tels éléments de décision, l'ingénieur en énergie peut présenter une recommandation de choix de variantes au maître d'ouvrage.

Le système proposé doit résister à l'épreuve des questions suivantes (test de plausibilité) :

- Le système répond-il aux principes de construction et de rénovation selon un bilan énergétique correct (chapitre 2) ?
- Les directives du maître d'ouvrage, et en particulier les indices de consommation sont-ils respectés ?
- Les exigences des utilisateurs (par exemple climat ambiant, éclairage, etc.) sont-elles rationnelles ou doivent-elles être corrigées sur la base de leurs conséquences mises en évidence (demande de puissance et consommation d'énergie, rentabilité, etc.) ?

A-t-on tenu compte de tous les éléments, du moins pour les consommateurs principaux ?

- Comparaison des demandes de puissance et évaluation de la consommation d'énergie avec des valeurs tirées de la pratique pour magasins ou bâtiments :
 - volume transformé (m^3) ;
 - surface de plancher brute (m^2 SBP), resp. surface de référence énergétique (m^2 SRE) ;
 - surface de vente (m^2 SV) ;
 - etc.

Le système recommandé ou choisi par le maître d'ouvrage sera dès maintenant documenté de manière détaillée, par exemple avec un **schéma de principe** pour les installations de chauffage/froid/récupération (fig. 4.4) avec représentation (en couleur) des différents flux, circuits et niveaux de température tels que : air extérieur, pulsé, de roulement, réutilisé, évacué ; circuits d'eau de réseau, de nappe phréatique, eau chaude sanitaire, de chauffage, eau froide ; substances frigorigènes à l'état gazeux/liquide.

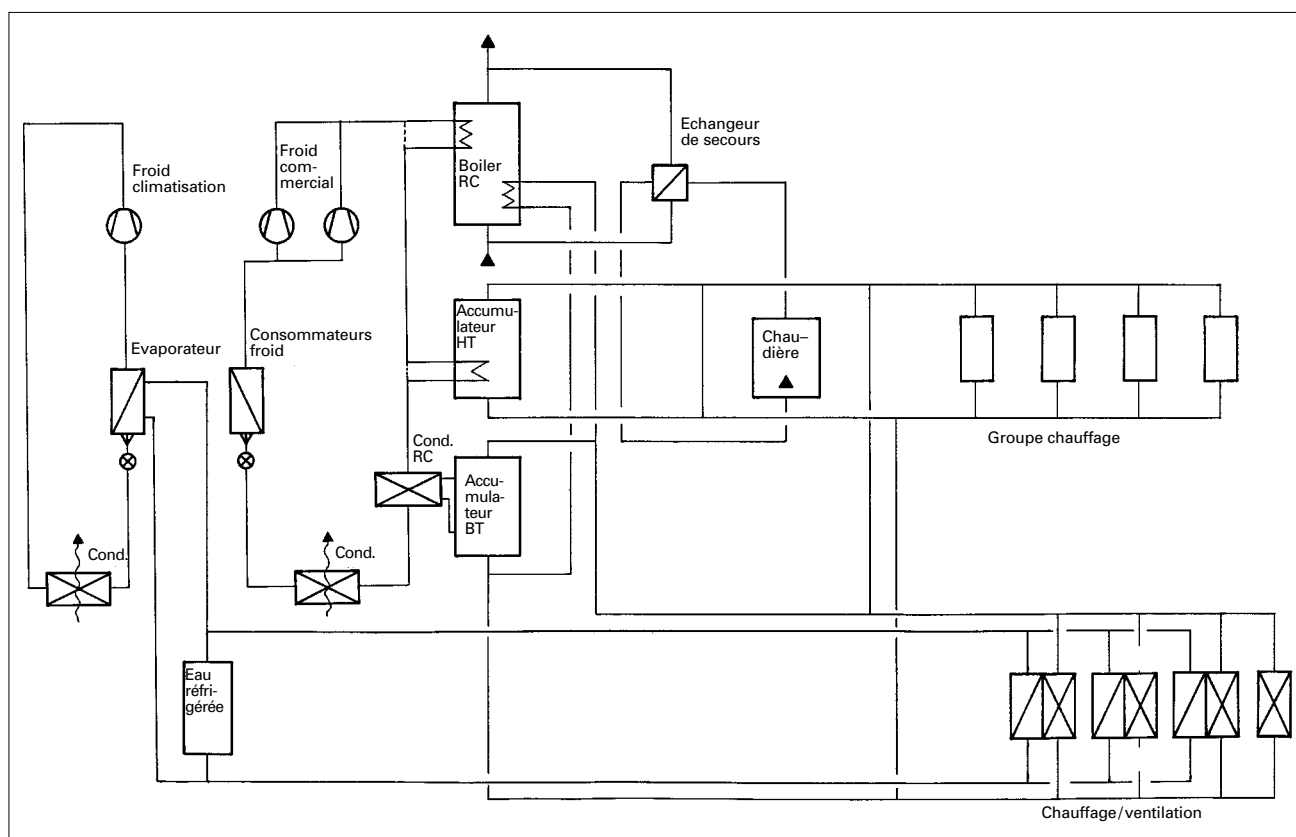


Figure 4.4
Schéma de principe
«conception du système»

Avec cette forme de représentation, ce sont principalement les **flux d'énergie thermique** qui sont représentés. Toutefois, l'énergie électrique apparaît aussi chaque fois qu'elle est nécessaire au fonctionnement des compresseurs, circulateurs, ventilateurs, etc. Il est même possible, au moyen de ce schéma, de décrire les liaisons principales du concept de réglage telles que sondes, régulateurs et organes de réglage pour :

- la gestion des accumulateurs ;
- la régulation de température des groupes de chauffage ;
- la régulation de la ventilation (service normal, relance) ;
- la régulation de l'appoint thermique ;
- charge des chauffe-eau ;
- etc.

Quelles sont les exigences pour les unités individuelles de commande et de régulation (conventionnelles, digitales) ?

De quelle manière l'exploitation doit-elle être conduite (décentralisée, gestion technique centralisée/GTC), partiellement (par exemple chauffage, ventilation/climatisation) ou globalement (y compris éclairage, commande des stores, etc.) ?



4.6 Mesurage de l'énergie

Les objectifs de la mesure des énergies sont les suivants :

- répartition des frais selon les usagers (par utilisateur, par poste) ;
- optimisation de l'exploitation et contrôle des résultats.

Le concept de mesurage sert à projeter les installations de distribution et de mesurage de manière qu'au minimum les compteurs des fournisseurs d'énergie (compteur d'électricité, de gaz, etc.) et ceux rendus obligatoires en vertu des lois cantonales pour les décomptes individuels des frais d'énergie soient installés. Le diagramme du flux énergétique représente bien les flux principaux sur lesquels un comptage d'énergie serait opportun (par exemple comptage de débit du mazout, compteurs intermédiaires d'électricité, compteurs de chaleur, etc.).

Garantie est ainsi apportée qu'en cas de décompte individuel des frais d'énergie, la faisabilité, l'utilité et la proportionnalité peuvent être prises en considération.

- Pas de comptages coûteux pour petits consommateurs.
- Plutôt peu de mesures mais parlantes afin de limiter la saisie, le traitement et l'évaluation, par exemple mensuel, des données.
- La consommation d'énergie pour des installations et des locaux communs peut être répartie selon une clé de répartition des frais annexes.

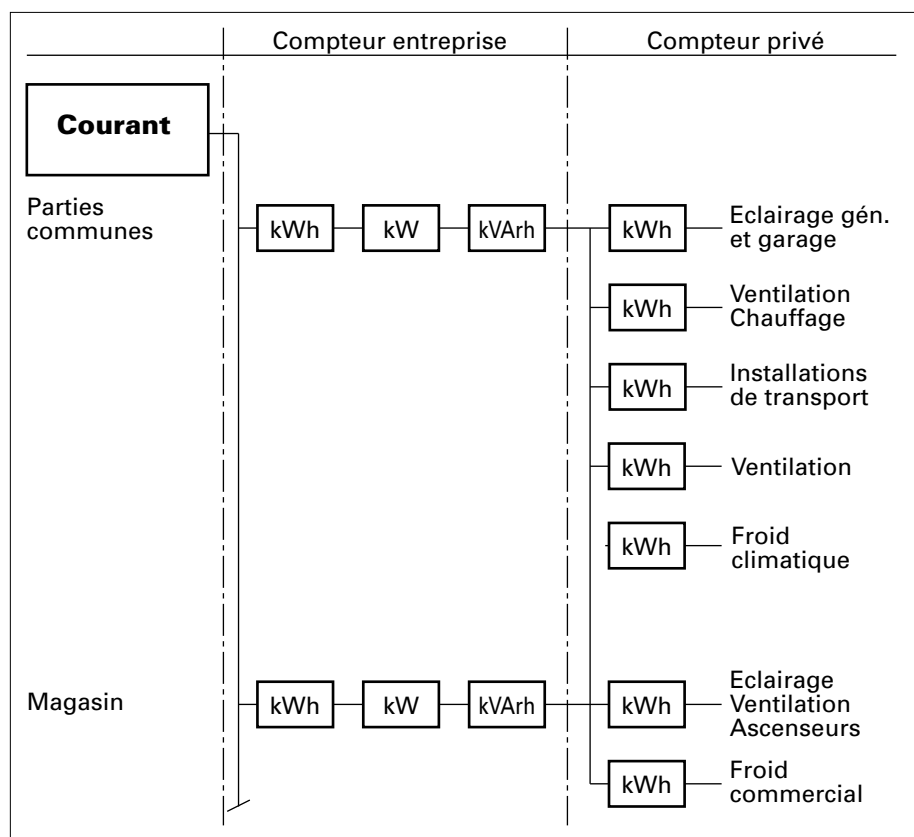


Figure 4.5
Exemple de mesure
de l'électricité



4.7 Etablissement du rapport du concept énergétique

L'ingénieur en énergie établit un rapport du concept énergétique avec un récapitulatif des principaux faits ressortant de l'étude des variantes et une **recommandation à l'attention du maître d'ouvrage pour le choix du système**. Le concept énergétique peut être par exemple détaillé comme suit :

1. Récapitulatif et recommandation
2. Principes et directives de base
3. Production de chaleur
4. Production de froid et récupération
5. Production d'eau chaude sanitaire
6. Eclairage et autres consommateurs d'électricité
7. Flux énergétique et bilan des nuisances avec comparaison des variantes, calculs de rentabilité et év. dispositions de construction à prendre
8. Concept de mesurage avec schéma de principe pour le comptage de l'électricité, de la chaleur et de l'eau

Annexe

comprenant le schéma de principe hydraulique « chaleur/froid/récupération » et le concept de régulation pour les variantes proposées.



5. Directives d'étude

5.1 Objectifs et marche à suivre

Les directives d'étude sont rassemblées par l'ingénieur en énergie et sont destinées aux ingénieurs spécialisés mandatés par le maître d'ouvrage. Elles contiennent toutes les données leur permettant d'appliquer dans le projet de détail les principes du concept énergétique, afin que les installations puissent répondre individuellement et dans le cadre du système global aux exigences du maître d'ouvrage et des exploitants.

L'ingénieur en énergie oriente les ingénieurs spécialisés sur le système choisi, par exemple au moyen de schémas de principe chaleur/froid/récupération. Après l'explication du **système global**, notamment les différents fluides de transport de la chaleur et du froid, la gestion des accumulateurs ainsi que les divers circuits de régulation, il indique les **délimitations de fournitures** pour le chauffage, la ventilation/climatisation, le froid industriel, le sanitaire et l'électricité (fig. 5.1).

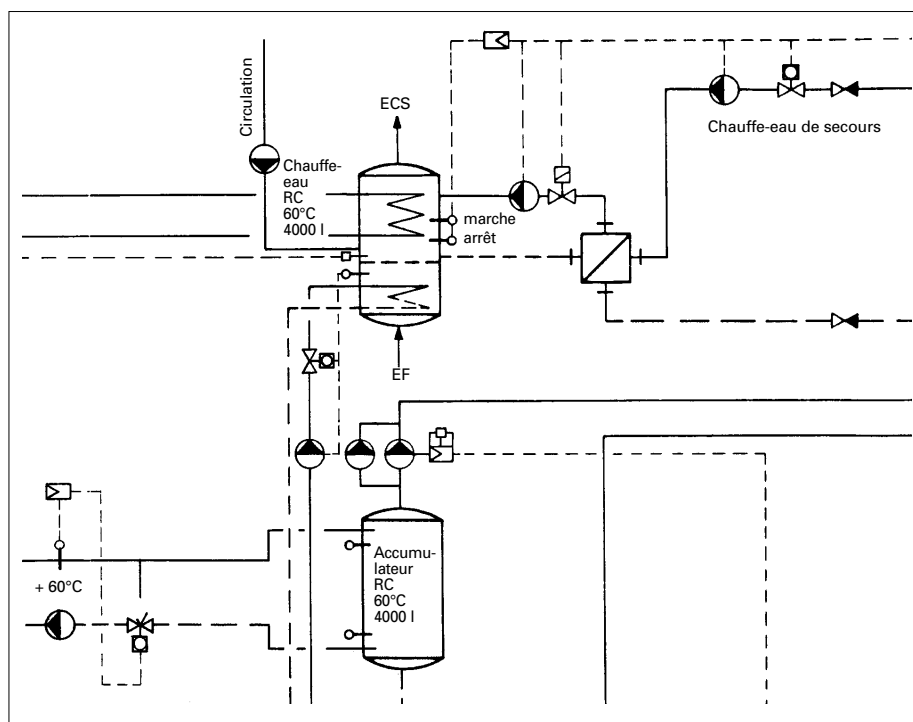


Figure 5.1
Schéma de principe avec
délimitation des fournitures
et concept de régulation

Grâce au marquage (en couleur) des délimitations de fournitures, apparaissent les points de jonction critiques (précisément là où plusieurs couleurs se chevauchent), par exemple au niveau des accumulateurs de RC (froid industriel, sanitaire, chauffage).

Le bilan énergétique global est représenté dans le diagramme du flux énergétique où apparaissent aussi, hormis la consommation d'énergie pour la récupération de chaleur et de froid, tous les autres consommateurs tels que l'éclairage, les installations de transport, etc.



5.2 Bases d'étude

Les documents suivants servent de base d'étude à tous les ingénieurs spécialisés :

- schéma de principe avec délimitation de fournitures (fig. 5.1) ;
- concept de régulation (§ 5.2.1) ;
- concept de mesure (§ 5.2.2).

ainsi que :

- descriptif et plans d'architecte avec :
 - emplacement et grandeur des centrales techniques
 - tracés principaux pour conduites, canaux, en particulier l'entrée de l'air extérieur et d'évacuation d'air vicié
 - cheminée, citernes, etc.

De plus, les directives pour chaque ingénieur sont rassemblées sous la forme d'un cahier des charges. Les chapitres suivants contiennent les directives d'étude dans le domaine énergétique pour :

- le chauffage (chap. 5.3) ;
- la ventilation/climatisation (chap. 5.4) ;
- le froid industriel (chap. 5.5) ;
- le sanitaire (chap. 5.6) ;
- l'électricité (chap. 5.7).

5.2.1 Commande et régulation

Le schéma de principe contient les connections les plus importantes du concept de régulation. Pour leur projet, les ingénieurs spécialisés reçoivent des directives concernant la **commande et la régulation** telles que :

- liste des sondes de mesure, senseurs avec lieu de montage, resp. mode d'intégration ;
- technique d'appareillage (conventionnelle, RMP, DDC, ADB) pour les diverses installations et le système global ;
- emplacement des tableaux électriques ;
- horloges centrales ;
- surveillance centrale, signalisation, télécommande ;
- alarmes techniques, priorités, annonce de pannes par réseau PTT (télé-alarme, etc.).

Le concept de régulation doit être agréé par le maître d'ouvrage et l'exploitant, car l'exploitation énergétiquement correcte et si possible sans panne, résulte de l'interaction installation/personnel d'exploitation que seuls le maître d'ouvrage ou l'exploitant peuvent influencer.

Remarque sur le choix de la technique et de la marque des appareils

Maître d'ouvrage et ingénieur en énergie peuvent, sur la base des concepts d'énergie et de régulation prescrire une **marque d'appareils** afin que, dans les phases futures du projet de détail jusqu'aux offres d'entreprises, soient utilisées des mêmes bases pour les installations de chauffage, ventilation, climatisation (CVC). Avec cette décision préalable, il est possible d'éviter bien des frais dans les phases de projet et d'exécution. L'exploitant doit être informé (et éventuellement participer à la décision) de la marque d'appareils retenue afin qu'il soit en mesure de maîtriser l'entretien des installations.



5.2.2 Mesurage de l'énergie

Afin d'assurer la répartition des consommations d'énergie selon les usagers et la tenue de la comptabilité des coûts ainsi que pour faciliter le contrôle et l'optimisation de l'exploitation, l'ingénieur en énergie indique, dans les directives à l'intention des ingénieurs spécialisés, les comptages désirés (par exemple type de compteur et emplacement).

- Mesure de l'électricité
 - compteurs du fournisseur, selon le tarif, pour l'énergie active (kWh), la puissance (kW), l'énergie réactive (kVArh), compteurs pour les abonnés individuels (év. centre d'imputation des charges) et l'usage commun;
 - compteurs privés pour le comptage intermédiaire de groupes de consommateurs tels que froid industriel, ventilation/climatisation, éclairage, installations de transport, etc. Dans ce contexte, il faut pour le moins respecter les prescriptions cantonales en matière de décompte individuel.
- Mesure du combustible
 - compteur du fournisseur pour le gaz;
 - débitmètre par brûleur pour le mazout, év. pour le gaz.
- Mesure de chaleur
 - production de chaleur par la RC, mesure séparée pour les circuits HT, BT;
 - production de chaleur d'appoint (chaudière);
 - consommateurs de chaleur (individuels ou groupés, voir prescriptions DIFC);
 - faire usage de compteurs magnétiques-inductifs (pas de compteurs de chaleur mécanique).
- Eventuellement mesure du froid (par exemple de l'eau froide du réseau, celle de la climatisation quand elle alimente plusieurs consommateurs).
- Eau du réseau
 - compteur du fournisseur pour la consommation totale;
 - compteurs intermédiaires pour les consommateurs individuels, par exemple alimentation du chauffe-eau ou pour la répartition des frais.
- Eau chaude sanitaire
 - mesure de la chaleur récupérée et de la chaleur d'appoint;
 - mesure des consommations d'eau chaude par usager (se référer aux lois fédérales et cantonales sur le décompte individuel des frais de chauffage (DIFC)).
- D'autres compteurs doivent être intégrés au concept de mesure : **compteurs d'heures d'exploitation, compteurs du nombre d'enclenchements**, par appareil et par niveau de puissance. Ces éléments peu coûteux sont un moyen de contrôle de l'exploitation et donnent des indications indispensables à la gestion de la maintenance des installations.



5.3 Chauffage

Production de chaleur («chaleur d'appoint»)

- Chaudière (s) : nombre, puissance, etc.
- Brûleur (s) : combustible (s), niveaux, etc.
- Compteurs de débits.
- Etc.

Récupération de chaleur

Accumulateur (s) de chaleur récupérée et chauffe-eau :

- nombre ;
- contenu ;
- isolation ;
- température, stratification ;
- régulation charge/décharge (séquences) ;
- délimitation de fournitures « froid industriel » / « installations sanitaires ».

(Remarque : en règle générale, la délimitation de fournitures entre chauffage et sanitaire est choisie selon les critères système « ouvert resp. fermé », système à tubes « soudés resp. vissés »).

Distribution et transfert de chaleur

Températures pour le dimensionnement des corps de chauffe (év. chauffage de sol), batterie de chauffage d'air.

Groupes de chauffage : répartition et régulation.

Chaque groupe de chauffage est équipé de vannes d'équilibrage avec prises de mesure (pour la mesure des débits lors des équilibrages).

Conduites, armatures y compris vannes :

- tracé des conduites ;
- isolation ;
- désignation.

Thermomètre : par exemple sur chaque point de réglage (point de mélange).

Distribution éventuelle d'eau froide du réseau (pour le refroidissement de la climatisation)

- Températures de dimensionnement.
- Accumulateur/tampon, conduites, circulateurs, armatures, isolation resp. isolation pare-vapeur, matériaux et mode de montage.

Consommateurs d'électricité « énergie d'appoint pour le chauffage »

- Circulateurs : la consommation d'électricité doit être inférieure à 1 % (0,3 %) de l'énergie thermique transportée.
- Brûleur, tableau, etc. : puissance, heures de fonctionnement et limiter la consommation en attente de chaque « petit consommateur ».



5.4 Ventilation/climatisation

5.4.1 Installations globales

Les exigences générales suivantes doivent être suivies pour les installations de ventilation/climatisation :

- « Utilisation multiple de l'air », c'est-à-dire que l'air du magasin est transféré vers les dépôts puis de ceux-ci vers le parking ;
- récupération d'énergie sur chaque installation ;
- température de dimensionnement des batteries de chauffage ;
- aspiration au niveau du sol dans la zone des meubles frigorifiques ;
- production de froid pour la climatisation (par exemple directement avec de l'eau de la nappe phréatique, machine à froid avec condenseur à air, etc.).

5.4.2 Installations aérauliques

Selon le concept énergétique, il est nécessaire que soit défini pour chaque installation de ventilation le niveau de confort exigé :

- type d'installation et fonction (par exemple chauffer, refroidir, humidifier) ;
- tracés de l'air (par exemple prise d'air extérieur, gaines de pulsion, diffuseurs d'air, prises d'air extrait, bouche d'air évacué, etc.) ;
- emplacement du monobloc et du tableau ;
- échange de l'air, taux minimal d'air extérieur, débits d'air ;
- conditions de pression (par exemple surpression protégeant de l'irruption d'air froid, respect des prescriptions des autorités sanitaires ;
- ventilateur 1/2 vitesses, nombre de tours variables ;
- consignes de régulation par exemple :
 - température minimale des locaux en hiver, resp. maximale en été,
 - réglage offre-demande, refroidissement par air extérieur à 100 %,
 - glissement de température en été selon température extérieure,
 - relance en hiver avec 100 % d'air de roulement,
 - déverrouillage/verrouillage des installations au moyen de sondes d'hygiène
 - aération nocturne (100 % d'air extérieur),
 - zones réglables individuellement,
 - protection antigel,
 - sonde CO pour les parkings,
 - programme horaire pour le niveau 1,
 - critères d'enclenchement/déclenchement pour le niveau 2, etc.,
- pas d'humidification (exception : boucherie, poissonnerie),
- refroidissement: déterminer la demande de refroidissement de l'air ambiant (SIA 382/3).



5.4.3 Production de froid pour la climatisation

Production de froid (installation à détente directe, production d'eau de refroidissement); év. refroidissement direct, resp. prérefroidissement avec de l'eau de nappe phréatique (demande de concession !):

- puissance, nombre de compresseurs, niveaux, etc.;
- température de dimensionnement du (des) réseau (x) d'eau de refroidissement;
- bassin-tampon d'eau de refroidissement, accumulateur de latence (glace);
- consignes de régulation, par exemple;
 - déverrouillage/verrouillage par niveau selon température extérieure;
 - etc.
- Refroidissement
 - par aérorefroidisseurs:
 - emplacement (par exemple externe, sur toit),
 - niveau de bruit,
 - par échange avec l'eau de nappe phréatique:
 - concession (protection des eaux),
 - température maximale de réinfiltration dans la nappe phréatique.

5.4.4 Consommation d'électricité pour ventilation/climatisation

Détailler le budget énergétique (diagramme du flux énergétique) et vérifier les consignes:

- du transport d'air;
- du froid de climatisation;
- de l'humidification de l'air;
- des circulateurs internes, tableau, etc.



5.5 Froid commercial

- Installations multiétages pour froid positif et négatif (décision de principe).
- Puissance, nombre d'installations et de niveaux (pour des puissances supérieures à 100 kW, répartition, sécurité).
- Fluides frigorigènes (par exemple R22 ou R134a), directives légales.
- Fixer les températures de condensation pour la récupération de chaleur (par exemple constante, variable, « aussi basse que possible »).
- Dégivrage (par exemple dégivrage de l'évaporateur avec des gaz froids plutôt qu'à l'électricité).

Récupération de chaleur (RC)

- Surchauffe, température > 60°C pour l'eau chaude et év. le chauffage.
- Basse température, température de condensation constante... °C ou variable (« aussi basse que possible »).... °C à.... °C.
- Accumulateur ou boiler de récupération :
 - nombre ;
 - contenu ;
 - stratification ;
 - régulation de charge/décharge (séquences) ;
- Délimitation des fournitures avec « chauffage » (chap. 5.3) et « sanitaire » (chap. 5.6).

Refroidissement

- Par aérorefroidisseur :
 - emplacement (par exemple externe, sur toit) ;
 - niveau de bruit ;
- Par échange avec l'eau de nappe phréatique :
 - concession (protection des eaux) ;
 - température maximale de réinfiltration dans la nappe phréatique ;
 - év. accumulateur d'eau de la nappe phréatique (sécurité), contenu ;
 - év. alimentation en eau du réseau (refroidissement de secours) (par exemple en cas de panne de la pompe de refroidissement).

La production de froid pour les meubles de froid et les locaux frigorifiques doit être réalisée avec les standards de qualité suivants :

Meubles frigorifiques

- Température d'évaporation
 - négative... °C
 - positive... °C
- Surfaces d'évaporation « grandes ».
- Recouvrement de nuit (commande manuelle ou automatique, par exemple par l'éclairage).
- Eclairage externe, resp. puissance maximale de l'éclairage interne.
- Chauffage des cadres et vitrages.
- Dégivrage électrique/avec gaz froids.
- Etc.



Locaux frigorifiques

- Locaux en maçonnerie, éléments préfabriqués non maçonnés à l'extérieur.
- Protection thermique, (par exemple selon les normes en vigueur dans le canton de Berne : volume utile $> 5 \text{ m}^3$ et température $< + 8^\circ\text{C}$: flux de chaleur moyen $(k) \geq 5 \text{ W/m}^2$).
- Barrière vapeur côté chaud.
- Porte de chambres frigorifiques (matériel, dimensions, étanchéité, fermeture et charnières).
- Revêtement intérieur.
- Dispositif de sécurité (alarme).

Consommation d'électricité « froid commercial »

Détailler le budget énergétique (diagramme du flux énergétique) et vérifier les consignes pour :

- la production de froid ;
- l'énergie auxiliaire pour la RC, le refroidissement, les tableaux, etc. ;
- l'énergie auxiliaire pour les consommateurs de froid.



5.6 Sanitaire

5.6.1 Production d'eau chaude

- Degré de couverture du chauffage de l'eau avec de la chaleur récupérée, en principe 100% en « exploitation normale » :
 - pour préchauffage (par exemple à 30°C) avec un circuit basse température (condensation) ou
 - pour postchauffage (à 60°C) avec un circuit température élevée (surchauffe).
- Chauffe-eau RC : contenu, isolation, etc., délimitation des fournitures précise avec le « froid industriel » (chap. 5.5).
- Chauffe-eau de secours ou chauffe-eau séparé de secours (circuit de charge avec circulateur) chauffé par l'installation de production de chaleur d'appoint, délimitation des fournitures précise avec le « chauffage » (chap. 5.3).

5.6.2 Système de refroidissement de secours

Eventuellement **système de refroidissement de secours** avec de l'eau de réseau pour le froid commercial (sécurité).



5.7 Electricité

5.7.1 Vue d'ensemble

L'estimation du bilan énergétique réalisée au stade de la conception (diagramme du flux énergétique) sert avant tout à évaluer la répartition des énergies dans le bâtiment (rejets thermiques récupérables, resp. immissions de chaleur qui doivent être refroidies) et au choix des installations indispensables. Il met en évidence un premier groupe de consommateurs d'électricité pour le chauffage (chap. 5.3), la ventilation/climatisation (chap. 5.4), le froid commercial (chap. 5.5) et le sanitaire (chap. 5.6) avec les caractéristiques telles que :

- puissance, durée d'exploitation et consommation annuelle, du moins sous forme évaluée, ainsi que
- l'emplacement des installations et de leurs tableaux.

Pour élaborer le projet d'électricité, le concepteur doit disposer de données de l'ingénieur en énergie, ou directement de l'ingénieur spécialisé, telles que les puissances des moteurs et appareils, les schémas de régulation, l'emplacement des sondes et capteurs, la signalisation, etc. ainsi que les éléments de base pour les installations d'éclairage (§ 5.7.2), d'exploitation (§ 5.7.3) ainsi que pour l'approvisionnement et la distribution de l'électricité (§ 5.7.4).

Figure 5.2
Délimitation des devoirs
et compétences entre
ingénieur en énergie
et ingénieur en électricité

Ingénieur en énergie		Ingénieur en électricité
Concept d'énergie et données de base du projet		Projet d'électricité et soumission
Liste des consommateurs	Facteur de simultanéité →	Puissance de raccordement, limitation de puissance Système de gestion des charges Compensation de l'énergie réactive Electricité de secours, ASC Production propre d'électricité
Bilan total de consommation d'énergie (diagramme du flux énergétique)	→	Tarif
Mesurage de l'électricité	↔	Concept de distribution (distributions principales et secondaires, tableaux év. câblage spécial pour ordinateur)

5.7.2 Eclairage

Le concept énergétique indiquait les puissances spécifiques maximales pour les différentes zones d'utilisation (W/m^2) :

Total vente	15 W/m^2 (éclairage de base 6... 10 W/m^2)
Dépôts	5 W/m^2
Parking	8 W/m^2

De cette manière la demande de puissance et de chaleur ainsi que la consommation d'énergie atteint un minimum.



Afin de créer de bonnes conditions de visibilité et une bonne ambiance de vente, il est nécessaire de prendre en compte, dans la conception et la réalisation de l'éclairage des marchandises, les **caractéristiques techniques** suivantes :

- intensité lumineuse horizontale et verticale ;
- répartition de la luminance ;
- limitation de l'éblouissement ;
- orientation de la lumière et ombrage ;
- couleur de la lumière et rendu des couleurs ;
- absence de papillotements.

Pour pouvoir répondre dans le cadre du projet à ces exigences, il est nécessaire de fixer les **conditions-cadres** suivantes :

- composants formels (types de bâtiment et d'équipements) ;
- layout ;
- usage de l'éclairage naturel ;
- surface et hauteur des locaux, hauteur des points lumineux ;
- palette des couleurs et degré de réflexion du sol, des parois, du plafond.

Directives techniques pour les diverses zones d'utilisation

- Eclairage moyen en lux (lx) par exemple :
 - éclairage du magasin 500 lx ;
 - îlots éclairés, éclairage de mise en valeur 2 x l'éclairage de base, pas d'ampoules à incandescence ;
 - éclairage vertical élevé pour vitrines et étagères (min. 40 % de l'éclairage horizontal).
- Source d'éclairage pour éclairage de base, de mise en valeur et à effet (ne pas oublier l'éclairage de secours) :
 - type de lampe ;
 - couleur de la lumière ;
 - reproduction des couleurs.

Par exemple pour l'éclairage général du magasin tubes fluorescents blanc chaud avec rendu des couleurs 1 B ; exigences particulières pour la viande, les légumes, le fromage, les pâtisseries.

L'emploi simultané de divers types de lampes entraîne des frais de maintenance élevés (stockage des lampes) et des risques d'erreur à l'échange.

- Ballast des luminaires

Choix de selfs à faibles pertes ou à amorçage électronique par exemple pour :

 - l'éclairage de base du magasin ;
 - les dépôts (avec ou sans détecteurs de présence) ;
 - garages.
- Régulation (par exemple enclenchement/déclenchement automatique, resp. réduction de l'éclairage par programmateur horaire ; détecteurs de présence dans les dépôts ; système de réglage d'intensité, etc.). Système de régulation, type de lampe et d'amorçage doivent être compatibles entre eux.

Marche à suivre pour l'étude et la documentation :

- nature de l'éclairage (indirect, direct, spectre large ou à répartition intensive, etc.) ;
- type de luminaire, rendement du luminaire ;
- ordonnancement et montage des luminaires (encastré, apparent, rails, suspensions) ;



- alimentation en courant, indications pour le câblage (circuits de couplage, mesure de l'énergie, compensation, etc.);
- budget de l'énergie d'éclairage;
- entretien (échanges des lampes, nettoyage des luminaires);
- enveloppe des coûts (d'investissement et d'exploitation, part des coûts de l'énergie);
- méthodes de calcul (par exemple méthode du rendement, logiciels de calcul) pour la comparaison de variantes resp. pour la planification de l'exécution;
- documents du projet;
- délimitation de fournitures entreprise d'électricité/constructeur des luminaires;
- réception et contrôle des résultats.

5.7.3 Equipements d'exploitation

Pour que les indices de consommation d'électricité puissent être tenus, le budget du concept énergétique doit être remis à jour et vérifié périodiquement au cours du projet de détail. La liste des consommateurs contient :

- les données relatives aux puissances (kW);
- le nombre d'heures d'exploitation (par exemple h/jour/semaine/an, év. des données distinctes pour l'hiver et l'été) ainsi que
- la consommation annuelle d'énergie (év. distincte pour l'hiver et l'été).

Si les besoins de puissance et d'énergie pour les installations du bâtiment et le froid commercial sont pour l'essentiel définis avec le concept, les besoins « chaleur/froid/récupération » liés à l'éclairage (§ 5.7.2) et tous les autres consommateurs d'électricité sont définis plus tard dans le projet. Dans cette phase, le maître d'ouvrage, l'ingénieur en énergie et l'ingénieur en électricité peuvent encore agir sensiblement dans le sens d'une utilisation rationnelle de l'électricité.

Lors du choix des **équipements d'exploitation**, il importe de prendre en compte les critères tels que puissance et consommation d'énergie et les conséquences sur les coûts d'investissement et d'exploitation :

- installations de transport de personnes et marchandises;
- ordinateurs et installations de communication;
- surveillance technique et installations de sécurité;
- installations de sonorisation;
- autres appareils électroniques tels que :
 - caisses,
 - appareils de bureau,
 - automates de restauration,
 - équipements de cuisine et restaurant,
 - équipements de distribution d'essence,
 - etc.

Des dispositions peuvent être prises pour réduire la puissance et/ou les durées d'exploitation par l'introduction d'éléments de commande et de régulation adéquats :

- exemple de l'escalator : réduction ou réglage de la vitesse pour abaisser puissance et consommation;
- exemple de l'ascenseur : les ascenseurs à câbles avec contrepoids demandent moins de puissance et d'énergie et engendrent ainsi des coûts moins élevés que les ascenseurs hydrauliques.



5.7.4 Alimentation en électricité et installations de distribution

Utiliser l'électricité rationnellement signifie aussi ne pas charger le réseau fournisseur d'appels de puissance inutiles :

- limitation de puissance et surveillance des pointes par des dispositions techniques en vue d'abaisser :
 - la puissance raccordée (facteur de simultanéité),
 - la puissance de pointe demandée,ce qui diminue également les frais d'exploitation.
- compensation de l'énergie réactive pour décharger le réseau et les transformateurs et éviter des coûts liés à l'excédent d'énergie réactive.

Installation pour l'alimentation sans coupure en électricité (ASC) et groupe de secours :

- la disponibilité du réseau d'électricité en Suisse étant élevée, il s'agit d'analyser de manière critique la nécessité de recourir à des équipements ASC. La décision intervient après une analyse des risques (une statistique des perturbations peut être fournie par le distributeur) et la comparaison des coûts avec/sans installation ASC.

Distribution électrique

- raccordement de l'immeuble, év. avec station de transformation privée ;
- distribution principale vers les distributions secondaires et tableaux ;
- équipements de mesure (compteurs industriels, privés) ;
- secteurs d'éclairage avec ordonnancement des luminaires, emplacement et désignation des interrupteurs, etc.

Marche à suivre pour l'étude et la documentation

- demande de raccordement au Service d'électricité ;
- utilisation de l'électricité selon les prescriptions en vigueur, par exemple selon la Recommandation SIA 380/4 « L'énergie électrique dans le bâtiment », etc.



6. Exploitation et entretien

6.1 Organisation

Les responsabilités pour l'exploitation et l'entretien des installations doivent être clairement définies par le maître d'ouvrage, pour que les installations soient exploitées correctement du point de vue énergétique (fig. 3.2). Ainsi on distinguera les postes suivants :

- préposé aux énergies ;
- gérant de succursale, concierge.

L'exploitation et l'entretien de la chaufferie peut être par exemple « décentralisée » chez l'exploitant (gérant, concierge), alors que les installations de production de froid et de récupération de chaleur doivent être prises en charge exclusivement par le service technique « centralisé », c'est-à-dire confiées à des spécialistes, choisis par le préposé à l'énergie, appelés à modifier des réglages et à exécuter des travaux d'entretien.

Les responsables de l'exploitation et de l'entretien reçoivent, au cours de la phase de mise en exploitation, toutes les **instructions** et **documents** nécessaires. Durant la première à la deuxième année d'exploitation, l'ingénieur en énergie les soutient dans l'optimisation de l'exploitation. Ils sont ensuite en mesure, après la réception de garantie, d'assurer seuls l'exploitation et l'entretien, ou de confier ces tâches à des entreprises externes.



6.2 Bouclement du projet et mise en exploitation

Au terme des travaux a lieu la mise en exploitation des installations individuelles (par exemple sous la direction des ingénieurs spécialisés) et la réception du système global (sous la direction de l'ingénieur en énergie).

C'est à cette occasion que sont remises au maître d'ouvrage les installations et la documentation complète y relative.

Mise en exploitation

- Essais de fonctionnement des installations une à une et premiers réglages par l'entrepreneur.
- Protocole de mise en exploitation avec réglages, consignes et heures d'enclenchement.

Instruction de l'exploitant

Afin d'assurer un usage énergétiquement correct des installations, le personnel d'exploitation est instruit sur les relevés, les réglages et les manipulations à effectuer. Cette démarche est complétée par la délimitation des devoirs et compétences du personnel d'exploitation, des travaux d'entretien et de maintenance qui lui sont attribués, qui peuvent ou doivent être confiés à des spécialistes externes.

Plus la régulation est simple (facilité de supervision) et son conseiller compétent et motivé, plus les installations fonctionnent de manière économique.

Désigner et instruire les remplaçants !

Remise des installations et de la documentation complète au maître d'ouvrage :

La documentation destinée au maître d'ouvrage est assemblée par l'ingénieur en énergie. Les divers documents tels que :

- mise en exploitation et protocole de réception ;
- schémas et plans de révision ;
- instructions de service ;
- plans d'entretien et de maintenance ;
- contrats de service ;
- liste des contrôles officiels ;
- documents de comptabilité énergétique ;
- etc.

sont réalisés par les fournisseurs d'installations et les ingénieurs spécialisés.

L'ingénieur en énergie complète et structure la documentation selon un système uniforme assurant au maître d'ouvrage une vue d'ensemble et facilité de consultation.

Avec la remise d'une documentation exhaustive, il faut aussi assurer la disponibilité et la mise à jour permanente des documents.



Réception

- réception en bonne et due forme, dans son intégralité ;
- contrôle des fonctions ;
- essai et procès verbal des mesures de puissance ;
- tenue des protocoles de réception ;
- la réception a lieu sous la direction de l'ingénieur en énergie, y participent les ingénieurs spécialisés, les entrepreneurs et le maître d'ouvrage (par exemple chef de projet et préposé à l'énergie).

Optimisation de l'exploitation (et garantie des travaux)

Une réception effectuée en bonne et due forme n'est pas une garantie suffisante pour une exploitation optimale, elle n'est qu'une situation momentanée. Pour que la consommation d'énergie puisse être contrôlée et optimisée, les installations doivent être observées, mesurées, ajustées durant une à deux années d'exploitation.

Simultanément, les défauts constatés (travaux de garantie) seront rectifiés et le personnel d'exploitation apprend par la pratique à connaître ses installations.

Comptabilité énergétique

Saisie :

- relevés par le personnel d'exploitation (par exemple mensuels) ou
- relevés automatisés.

Traitement :

- par magasin, comparaison avec les périodes précédentes (sur plusieurs années) ;
- groupe de magasins, comparaison entre magasins de catégorie semblable (relevé périodique) ;

Rapport :

- à l'intention du gérant du magasin (en relevant les éléments positifs) pour l'information et la motivation du personnel ;
- information de la direction d'entreprise, par exemple au moyen du diagramme en cascade, afin de mettre en évidence les besoins et les réponses à apporter, en se référant aux principes du programme d'action « Énergie et environnement ».



7. Rentabilité

La construction, l'exploitation et la maintenance selon un bilan énergétiquement correct des surfaces de vente sont liées à des questions d'ordre budgétaire. Dans le commerce d'alimentation, exposé à une intense concurrence, la rentabilité de l'investissement est une question de « survie ». Un calcul de rentabilité sérieux est indispensable à toute décision opportune.

Ainsi il s'agit de montrer :

- à quelle phase du projet ce calcul doit intervenir et quelles hypothèses économiques prendre en commun avec le responsable de la construction ;
- ce que le responsable de la construction peut attendre d'un calcul de rentabilité.

7.1 La rentabilité comme critère de décision dans la phase d'étude et d'avant-projet

Dans la phase d'étude et d'avant-projet l'ingénieur en énergie élabore dans le cadre du concept énergétique et en collaboration avec le maître d'ouvrage et l'architecte, les possibilités et variantes envisageables (§ 3.2.1). Le calcul de rentabilité des diverses variantes fait partie intégrante du concept énergétique, il est du ressort de l'ingénieur en énergie. Dans le calcul de rentabilité, le responsable de la construction doit trouver les apports et les coûts annuels des investissements. Au préalable, les hypothèses de base suivantes doivent être convenues entre le responsable de la construction et l'ingénieur en énergie :

- niveau du taux d'intérêt ;
- durée d'utilisation ;
- calcul des coûts d'exploitation et de maintenance ;
- prix de l'énergie ;
- taux de croissance des prix.

La publication « RAVEL – Un investissement futé » peut apporter des éléments utiles à l'élaboration de ces hypothèses de base, et les remarques qui suivent en faciliteront la discussion :

A) Niveau du taux d'intérêt

Pour les investissements étroitement liés au commerce dans le secteur alimentaire, le taux d'intérêt exigé, à juste titre, est supérieur au taux hypothécaire. Cela est-il aussi valable pour les investissements consentis pour une construction ou transformation présentant un bilan énergétique correct ? Non, en règle générale. Au contraire des investissements étroitement liés au commerce, les investissements en faveur d'une construction énergétiquement correcte comportent un risque inférieur : les coûts et avant tout la plupart du temps les gains peuvent être calculés de manière relativement exacte. C'est la raison pour laquelle, dans la majorité des cas, il est opportun pour de tels investissements de calculer avec un taux valable pour le capital emprunté ou le taux hypothécaire.



B) Le choix de la durée d'utilisation

Le choix de la durée d'utilisation doit correspondre à la durée réelle d'utilisation. Celle-ci peut, soit être indiquée par les constructeurs, soit relever d'expériences vécues.

C) Le calcul des coûts d'exploitation et de maintenance, resp. des économies

Pour le calcul détaillé, l'ingénieur en énergie recevra du responsable de la construction et du maître d'ouvrage les documents suivants :

- rénovation : coûts enregistrés jusqu'à ce jour pour l'exploitation et l'entretien (personnel et matériel, le plus en détail possible) ;
- nouvelle construction : coût horaire du personnel (év. différencié selon personnel technique et autres).

Sur la base de ces données, l'ingénieur en énergie pourra calculer les économies particulières, resp. les coûts résultant de l'exploitation et de l'entretien.

D) Définition des prix de l'énergie

Les prix de l'énergie diffèrent d'un cas à l'autre. Le prix du mazout dépend des quantités achetées, les énergies livrées par raccordement extérieur – électricité, gaz naturel, chaleur à distance – sont soumises à des tarifs très divers et différenciés.

L'ingénieur en énergie doit connaître :

- le prix actuel du mazout ;
- taxe de raccordement, taxe de base, taxe de puissance et prix de consommation des énergies livrées par raccordement extérieur.

E) Taux de croissance des prix

Des propositions pour le choix du renchérissement des prix pour l'énergie, l'exploitation et l'entretien peuvent être prélevées dans le manuel « RAVEL – Un investissement futé ». Il importe de prendre aussi en considération le renchérissement pour d'autres éléments restants, s'il est fait usage de taux d'intérêt nominaux (par exemple de 7 %).

De cette manière, les frais de personnel et de matériel suivront au moins le renchérissement. Ne pas prendre en compte ce renchérissement peut conduire à des erreurs de décision – des investissements à capitaux élevés apparaissent moins intéressants qu'ils ne le sont réellement.



7.2 Qu'offre un calcul de rentabilité?

Le calcul de rentabilité offre avant tout des critères de décision lors du choix de variantes et en cas de rénovation. Il doit livrer les résultats suivants :

- Coûts d'investissement.
- Coûts annuels :
 - coûts annuels des capitaux,
 - coûts annuels de l'énergie,
 - coûts annuels d'exploitation et d'entretien.

En cas de rénovation, il faut calculer les économies suivantes :

- Economies annuelles :
 - économie annuelle des frais d'énergie,
 - économie annuelle des frais d'exploitation et d'entretien.

Il importe de constater que, dans le calcul des économies et des coûts annuels pour l'énergie, l'exploitation et l'entretien, la croissance des prix est prise en compte par ce qui est appelé « facteur de correction moyen ». L'analyse de sensibilité offre également des informations utiles. Elle permet d'analyser l'influence de modifications des hypothèses de base sur le résultat du calcul de rentabilité.

Avec les prix de l'énergie actuellement relativement bas, les seules économies des coûts d'énergie n'incitent pas souvent à investir dans ce secteur. Les économies d'autres frais, soit d'exploitation et d'entretien, jouent un rôle plus important.

Des projets bien conçus et présentant un bilan énergétique correct sont à même d'entraîner d'autres économies (coûts d'installations inférieurs, empiètement réduit) par le renoncement à toute installation inutile ou en éliminant le surdimensionnement. Conjuguées, toutes ces économies conduisent dans de nombreux cas à des solutions économiques.

Association de soutien



Energie 2000
Secteur arts et métiers
