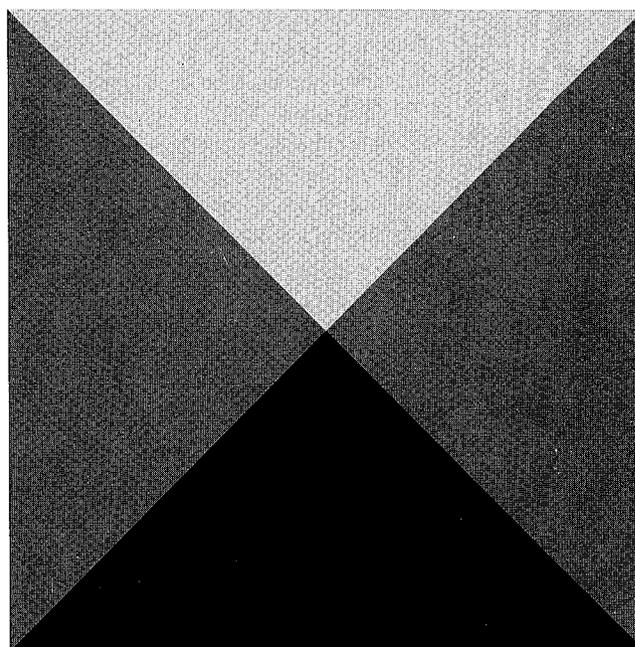
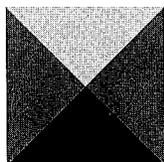


INSTITUT DE L'ÉNERGIE  
DES PAYS AYANT EN COMMUN  
L'USAGE DU FRANÇAIS



# Guide méthodologique du diagnostic énergétique dans les bâtiments

**CAHIER  
PRISME  
N° 2  
P-93-01**



**SOHEL ZARIFFA**

Mars 1993

INSTITUT DE L'ÉNERGIE DES PAYS  
AYANT EN COMMUN L'USAGE DU FRANÇAIS (IEPF)

---

## **PRISME**

PROGRAMME INTERNATIONAL DE SOUTIEN  
À LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE

# **GUIDE MÉTHODOLOGIQUE DU DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE DANS LES BÂTIMENTS**

SOHEL ZARIFFA

Les opinions exprimées dans le présent document n'engagent que l'auteur et ne reflètent pas nécessairement la position officielle de l'ACCT ou de l'IEPF.

**Institut de l'Énergie des Pays ayant en commun l'usage du Français (IEPF)**

**Dépôt légal - 1<sup>er</sup> trimestre 1993**

**Bibliothèque Nationale du Québec**

**Bibliothèque Nationale du Canada**

**ISBN: 2-9802908-8-2**

**Publication no P-93-01**

**Tirage : 500 exemplaires**

**Institut de l'Énergie des Pays ayant en commun l'usage du Français (IEPF)**

**56, rue St-Pierre, 3e étage, Québec (Québec) CANADA G1K 4A1**

**Téléphone: (1-418) 692-5727 - Telex: (21) 051-3024 - Télécopie: (1-418) 692-5644**

## L'INSTITUT DE L'ÉNERGIE DES PAYS AYANT EN COMMUN L'USAGE DU FRANÇAIS (IEPF)

L'Institut de l'Énergie des Pays ayant en commun l'usage du Français (IEPF) est issu des décisions prises lors du premier Sommet de la francophonie en janvier 1986. Il a été créé en décembre 1987 par la Conférence générale de l'Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT) à laquelle il se rattache comme organe subsidiaire.

Avec le mandat général d'assurer une collaboration technique entre les pays membres et de contribuer à l'approfondissement et au renforcement culturel francophone, l'IEPF remplit **quatre missions spécifiques**.

▪ **La formation** est une tâche prioritaire qui se traduit par différents types de séminaires en vue du perfectionnement des cadres oeuvrant dans le secteur de l'énergie : séminaires sur la planification énergétique; séminaires sur l'évaluation des projets, séminaires spécialisés (solaire, biogaz, bois-énergie, électrification rurale, etc).

▪ **L'information** est un secteur stratégique d'intervention de l'IEPF. Il s'agit d'établir un système d'informations qui permette à de nombreux organismes répartis sur cinq continents d'avoir accès en français aux données énergétiques de base. La revue *Liaison Énergie-Francophonie* publiée trimestriellement par l'Institut assure un échange permanent d'informations. L'Institut met aussi en place un réseau structuré d'échanges internationaux et développe une politique de publications ou de soutien à des ouvrages d'intérêt général.

▪ **La recherche et le transfert technologique** sont un domaine essentiel au développement. L'IEPF a mis l'accent sur trois préoccupations:

- assurer une complémentarité d'expertises dans l'espace francophone;
- viser à l'adaptation des techniques proposées;
- transmettre et diffuser une information technique par filières énergétiques.

▪ **La création et le renforcement de réseaux** complètent l'action de l'IEPF. La plupart des pays de la Francophonie disposent d'une multitude d'organismes, de centres de recherche, de sociétés d'État ayant vocation à trouver des réponses aux besoins énergétiques et aux principaux problèmes posés par la production et l'utilisation de l'énergie. L'IEPF a ainsi constitué plusieurs groupes techniques internationaux qui renforcent la concertation pour une problématique francophone de l'énergie.

Pour réaliser ces missions, l'IEPF a aussi progressivement mis en oeuvre un tissu de relations avec les principaux organismes internationaux qui sont au service du développement, tels la Banque Mondiale, les Nations-Unies, l'ONUDI, l'UNESCO, le PNUD, le PNUE, la Banque Africaine de Développement...

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
<b>1. INTRODUCTION</b>	
Le diagnostic énergétique : le coeur de tout programme de gestion de l'énergie .....	1
<b>2. LES PRÉ-REQUIS D'UN DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE .....</b>	<b>3</b>
2.1 Le bilan énergétique .....	3
2.2 Les caractéristiques d'occupation et d'exploitation .....	4
2.3 La facture énergétique .....	4
2.4 La connaissance des systèmes d'exploitation .....	5
<b>3. L'IDENTIFICATION DES GISEMENTS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE .....</b>	<b>7</b>
3.1 L'exploitation, l'entretien et l'optimisation des systèmes .....	7
3.2 Les normes d'exploitation .....	7
3.3 Les indices de consommation énergétique ICE .....	8
3.4 Dépistage de gisements d'économies d'énergie .....	9
<b>4. LES VOLETS DU DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE .....</b>	<b>11</b>
4.1 L'enveloppe du bâtiment .....	11
4.1.1 Les principales mesures d'économies d'énergie portant sur l'enveloppe du bâtiment .....	12
4.2 La mécanique du bâtiment (CVCA) .....	15
4.2.1 Les principales mesures d'économies d'énergie portant sur les systèmes de CVCA .....	15
4.3 La plomberie .....	19
4.3.1 Les principales mesures d'économies d'énergie portant sur la plomberie .....	19
4.4 Les installations électriques .....	20
4.4.1 Les principales mesures d'économies d'énergie des systèmes électriques .....	20
4.5 Les systèmes de gestion de bâtiments .....	22

<b>5. LA STRUCTURE DU RAPPORT</b> La description, le bilan, les normes et standards, les indices, les mesures, et les annexes .....	23
<b>6. LES MODALITÉS D'IMPLANTATION DES MESURES</b> L'explication, la priorisation, l'implantation, l'aide extérieure .....	25
<b>7. LE CONTRÔLE DES RÉSULTATS ET LES RÉAJUSTEMENTS .....</b>	<b>27</b>

**ANNEXE I:** Liste des équipements et outils nécessaires  
pour réaliser un diagnostic énergétique

**ANNEXE II:** Diagramme d'un cycle de gestion énergétique

# 1. INTRODUCTION

## *LE DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE: LE COEUR DE TOUT PROGRAMME DE GESTION DE L'ÉNERGIE*

Par définition, un diagnostic énergétique est une étude permettant d'établir l'inventaire des mesures d'économies d'énergie applicables à un édifice, tout en prenant soin de ne pas affecter la qualité de service et le niveau de confort. Pour ce faire, l'étude doit porter sur la consommation totale d'énergie, l'évolution des potentiels techniques et économiques et les recommandations d'implantation de mesures concrètes.

Il faut comprendre également qu'un **diagnostic énergétique** est le **coeur de tout programme de gestion énergétique**. Il doit être accompagné, en amont, par l'engagement de la direction de l'organisme envers une utilisation rationnelle de l'énergie, la nomination d'un responsable et la mise à sa disposition de certaines ressources, alors qu'en aval se retrouvent la mise en oeuvre des mesures et le contrôle des résultats.

Le diagnostic énergétique est une opération relativement simple à exécuter, surtout lorsqu'il s'agit d'édifices. Néanmoins, il faut le faire de façon ordonnée. Le présent document propose une méthodologie de travail simple et complète, qui a pour but de guider le conseiller technique (ingénieur ou technicien) dans la réalisation d'un diagnostic. Enfin, n'oublions pas que même si le diagnostic énergétique est une action ponctuelle, un programme de gestion de l'énergie par contre est un processus continu, qui s'intègre dans l'entretien régulier et l'exploitation du bâtiment, son enveloppe ou son équipement mécanique.

## 2. LES PRÉ-REQUIS D'UN DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE

### 2.1 LE BILAN ÉNERGÉTIQUE

Bien qu'un examen rapide et sommaire des lieux révèle, dans bien des cas, de nombreuses possibilités d'économiser l'énergie, il est quand même recommandé de faire le bilan énergétique complet du bâtiment. Le bilan énergétique représente la consolidation des consommations de toute forme d'énergie pour une période donnée (mois ou année). Il comprend également l'évaluation des valeurs unitaires de consommation, en fonction des unités de superficie brute de plancher de l'immeuble ou autres références, telles le nombre de lits, le nombre d'étudiants, etc. Son évaluation demeure un **pré-requis essentiel** pour réaliser l'analyse et le suivi d'un programme de gestion de l'énergie.

Le bilan énergétique complet consiste à faire l'évaluation totale du bâtiment et l'analyse de sa consommation énergétique. Les caractéristiques physiques de l'enveloppe ainsi que les divers systèmes électriques et mécaniques sont étudiés. Les factures d'énergie de toute catégorie (combustible, électrique, renouvelable, etc.) sont étudiées et compilées et on procède, dans la mesure du possible, à la ventilation de cette consommation entre les divers systèmes, soit le système de chauffage (incluant l'humidification), la climatisation (incluant la déshumidification), l'éclairage, la force motrice, les équipements et l'eau chaude de consommation, etc.

Enfin, il faut convertir toutes les unités de consommation en gigajoules, pour fins d'uniformisation et comparaison ( $GJ/m^2/an$ ) (les unités en  $kWh/m^2/an$  sont également fréquemment utilisées). La ventilation en pourcentage des différents consommateurs permet au responsable de l'analyse énergétique de mieux cibler les gisements offrant un bon potentiel, et de mieux évaluer ce dernier.

Connaître avec précision les quantités totales d'énergie utilisées dans un mois, comparer ces données avec celles des années précédentes ou celles des autres édifices de même nature, vérifier le résultat de l'application des mesures d'économies, quantifier les objectifs, déceler les déficiences importantes dans les systèmes électromécaniques, voilà autant d'usages avantageux des bilans énergétiques.

Enfin, n'oublions pas que dans un **contexte africain, il est indispensable d'intégrer** au bilan énergétique les données relatives aux **énergies traditionnelles** et ce, **surtout** en ce qui concerne les «**Petits Tertiaires**».

## **2.2 LES CARACTÉRISTIQUES D'OCCUPATION ET D'EXPLOITATION**

Toute comparaison de bilan énergétique, dans le sens d'indice de consommation unitaire, n'a aucune valeur s'il n'est pas accompagné de commentaires précis concernant le **contexte dans lequel les relevés de consommation sont effectués**. Il y a d'abord les caractéristiques d'occupation, c'est-à-dire les taux d'occupation (heures d'occupation) et le degré d'occupation (pourcentage occupé de la superficie brute de l'édifice). Il y a ensuite des commentaires relatifs aux données climatiques (degrés jours), au type d'activité tel bureau, stationnement, galerie et aussi du critère de conditionnement de l'air (température, humidité, du niveau d'éclairage, du taux de changement d'air, etc.).

Il faut également faire les ajustements qui s'imposent lorsqu'il y a substitution de formes d'énergie et conversion de systèmes de chauffage ou de climatisation; les facteurs d'efficacité n'étant pas les mêmes pour chaque forme d'énergie. On doit tenir compte également de tous changements de vocation de l'immeuble. Enfin, il doit y avoir des commentaires sur le mode d'exploitation de l'édifice et sur certaines pratiques d'entretien, réparation, vérification, nettoyage etc., qui peuvent toutes avoir un impact sur le bilan énergétique.

Sans les commentaires, il est très facile de mal interpréter certaines données historiques de consommation. Certains appellent cet exercice la normalisation ou encore l'ajustement.

## **2.3 LA FACTURE ÉNERGÉTIQUE**

Le mazout, l'électricité, le gaz (bois et charbon de bois dans certains pays) représentent les sources d'énergie les plus couramment utilisées dans les édifices. Le mode de facturation employé pour évaluer le coût d'une quantité d'énergie varie beaucoup selon la source. Il est important de bien comprendre les principes directs associés à chaque mode de facturation. Ceci permet une utilisation plus rationnelle et plus rentable de l'énergie.

Toute facturation doit être étudiée en fonction de tous les critères qui établissent le coût final de la consommation. La facture d'électricité s'avère néanmoins plus complexe que celle des autres formes d'énergies (en particulier l'huile, le charbon de bois). En effet, il faut tenir compte de la consommation, la puissance appelée, la puissance souscrite, le facteur de puissance, les taux horaires différenciés, les rabais tarifaires, etc. Dans une certaine mesure, le tarif du gaz naturel s'apparente à celui de l'électricité.

La tarification électrique fait qu'une économie de 10% sur la consommation d'énergie en kWh ne se traduira probablement pas par une économie de 10% sur la facturation. On peut même aller jusqu'à réduire la facturation sans réduire la consommation d'énergie.

## **2.4 LA CONNAISSANCE DES SYSTÈMES D'EXPLOITATION**

Un pré-requis indispensable à la mise en œuvre d'un programme de gestion d'énergie, c'est la bonne connaissance des composantes architecturales des systèmes mécaniques du bâtiment et de l'éclairage. Le responsable de l'exploitation ou «l'énergiste» doit donc être familier avec les différentes caractéristiques techniques des systèmes installés afin de déceler toute anomalie et implanter un programme d'entretien préventif adéquat. Les statistiques démontrent que plus de 50% des établissements passent à l'étape de l'implantation des mesures sans connaître leur bilan énergétique, pas plus que les systèmes qu'ils exploitent. Inutile de mentionner que les résultats sont désastreux.

### **3. L'IDENTIFICATION DES GISEMENTS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE**

#### **3.1 L'EXPLOITATION, L'ENTRETIEN ET L'OPTIMISATION DES SYSTÈMES**

En présumant que «l'énergiste» est familier avec les systèmes qu'il exploite tels que mentionnés dans le point précédent, qu'il applique un programme d'entretien préventif (contrôle, nettoyage, remplacement de filtres, lubrification, ajustement des courroies etc.), c'est déjà en soit une source d'économie d'énergie considérable.

Optimiser les systèmes afin d'utiliser les surplus de certaines zones pour combler le déficit d'autres est également un moyen de rationaliser la consommation. À l'intérieur d'une même zone, éviter les consommations énergétiques contradictoires, telles que chauffer et refroidir simultanément. Enfin, n'oublions pas que l'entretien préventif contribue à éviter des problèmes non énergétiques mais tout autant importants, tels que la qualité de l'air affecte la rentabilité des individus et des pertes surpassent très vite l'investissement requis pour un entretien préventif et régulier.

En fait, il est fréquent de trouver des économies substantielles tout simplement en s'assurant du bon fonctionnement des appareils, en évitant des situations telles que les volets d'air frais bloqués en position ouverte, des minuteries pour du délestage débranchées, des contrôleurs de charge et de facteur de puissance non opérationnels ou mal ajustés, des anticipateurs de température sur des thermostats mal ajustés, etc.

#### **3.2 LES NORMES D'EXPLOITATION**

Chaque pays adapte, en fonction de ses besoins, ressources et caractéristiques des normes d'exploitation qui lui sont propres. Le choix des normes d'exploitation ou standard a pour but d'assurer une qualité du milieu de travail et le bien-être des occupants. Ces normes servent à délimiter les niveaux d'éclairage, des températures ambiantes, les degrés d'humidité relatifs, les températures d'eau chaude de consommation, les quantités minimales d'air frais introduit dans l'édifice et, pour certains pays, les quantités d'eau sanitaire ou de consommation.

**L'utilisation de normes excessives ou le non-respect de certaines normes entraînent un gaspillage inutile de l'énergie.**

L'application de normes d'exploitation peut facilement entraîner dans certains cas de 5% à 15% d'économie sur la consommation énergétique totale selon le genre d'édifice. Généralement, l'investissement requis est récupérable à l'intérieur d'une année.

Étant donné que le changement de certaines normes d'exploitation touche le côté « perceptible » de l'économie d'énergie, on aura toujours avantage à sensibiliser les occupants avant toute modification. Dans le cas où l'intensité d'éclairage excéderait de façon significative les normes, il serait préférable de réaliser des essais dans certaines parties de l'édifice avant de généraliser l'exécution des changements nécessaires.

On conservera vis à vis de toutes les normes recommandées un esprit pratique, adoptant l'objectif fourni aux conditions particulières de l'immeuble touché. Afin de maintenir un rendement énergétique optimal, l'application des normes devra subir périodiquement une mise à jour en fonction des développements technologiques, des méthodes d'exploitation des immeubles et des changements de vocation des locaux. Il appartiendra à chaque groupe responsable d'effecteur la mise à jour au moment jugé opportun.

La vérification des normes est également importante lorsqu'il y a changement dans la vocation de certaines parties de l'édifice ou dans le taux d'occupation (exemple: un atelier qui devient un stationnement ou un entrepôt).

La remise en question de l'exploitation est nécessaire lorsque les plans d'utilisation des locaux sont modifiés ou permettent l'utilisation de normes différentes (exemple: les locaux non utilisés le soir, la nuit et les fins de semaines, des salles de congrès non exploitées, des chambres d'hôtel vacantes, des classes ou gymnases inoccupés pour de grandes périodes, etc.).

### **3.3 LES INDICES DE CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE (ICE)**

La comptabilité énergétique, c'est l'analyse systématique de la consommation et des coûts de l'énergie en vue de mieux en gérer l'utilisation des bâtiments. En d'autres mots, c'est le bilan énergétique puisqu'il s'agit en somme d'avoir des données précises où l'énergie est utilisée, à quelle fin et en quelle quantité.

Règle générale, les programmes de comptabilité énergétique permettent de calculer ce qu'on appelle des indices de consommation énergétique (ICE). Ces indices, exprimés généralement en kWh/m<sup>2</sup>/an, nous donnent un ordre de grandeur de la consommation énergétique par unité de superficie au cours d'une année par type d'édifice (bureau, école, hôpital, centre d'achat, etc.). On peut également prendre des indices en fonction du nombre d'élèves, du nombre de lits d'hôpital, etc. Cela permet de situer la performance de l'immeuble dans une catégorie donnée et par conséquent, nous indique a priori l'intérêt à réaliser un diagnostic plus poussé.

### **3.4 DÉPISTAGE DE GISEMENTS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE**

Après l'exploitation optimale des systèmes, le respect des normes et standards, la comparaison des indices de consommation, la sensibilisation des occupants et la planification de l'occupation, il ne reste plus que le dépistage de gisements d'économies d'énergie par des mesures spécifiques. Il peut s'agir de changements technologiques, de mesures spécifiques de modes d'exploitation ou de toutes autres recommandations généralement connues et dont leur faisabilité auront été validées.

La section qui suit dresse une liste non exhaustive de certaines recommandations parmi les plus populaires pour les cinq volets du diagnostic énergétique.

## 4. LES VOILETS DU DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE

### 4.1 L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

L'enveloppe du bâtiment se compose du toit, du plancher, des murs, des fenêtres et des portes, c'est-à-dire de tout ce qui sépare l'intérieur du bâtiment de l'extérieur. Cette enveloppe remplit plusieurs fonctions: elle protège l'intérieur contre les éléments climatiques; elle permet à la lumière solaire d'entrer (par les fenêtres); elle assure, dans certains cas, le renouvellement de l'air par aération (fenêtres) et infiltrations naturelles. Les systèmes mécaniques et l'énergie achetée ont pour rôle de combler la différence entre le niveau de confort que peut fournir l'enveloppe et celui dont ont effectivement besoin les occupants du bâtiment.

On peut donc dire que la qualité de l'enveloppe est un facteur primordial de l'énergie consommée pour le chauffage en saison froide et la climatisation en saison chaude, pour l'éclairage et pour la ventilation. L'amélioration du chauffage peut sensiblement réduire la demande d'énergie. Les infiltrations ou fuites d'air à travers l'enveloppe, sont souvent responsables des dégâts que produit l'humidité dans les divers constituants du bâtiment.

Il y a deux causes principales de dispersion de chaleur à travers l'enveloppe:

- le **transfert de chaleur** (par convection, conduction ou rayonnement): les principaux facteurs qui influencent le débit thermique à travers l'enveloppe sont la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, la résistance thermique de l'enveloppe et la superficie de cette dernière.

- les **infiltrations et fuites**: règle générale, l'air passe dans les zones de surpression, dont les températures sont plus élevées, ou les zones de dépression dont les températures sont moins élevées. Les trois facteurs qui ont un effet sur l'infiltration et les fuites sont: l'effet de cheminée, le vent et les facteurs d'ordre mécanique.

Pour ce faire, il existe deux moyens fondamentaux d'économiser l'énergie par modification de l'enveloppe, soit en augmentant l'étanchéité de l'air et en isolant.

#### **4.1.1 Les principales mesures d'économies d'énergie portant sur l'enveloppe du bâtiment**

##### **a) L'isolation:**

Bien qu'il soit généralement peu rentable de réisoler un bâtiment existant, l'augmentation de la valeur isolante peut s'avérer intéressante en cas de rénovation majeure. Les entretoits mal isolés, mais accessibles en sont un exemple.

##### **b) Le calfeutrage et les joints coupe-bise:**

Il faut vérifier l'état des coupe-bises de toutes les ouvertures qui peuvent se détériorer dans le temps. Il est également important de vérifier l'étanchéité entre le cadre des portes ou fenêtres et le bâtiment car c'est généralement de cet endroit que provient le gros des infiltrations; il s'agit alors de calfeutrer.

##### **c) Le vitrage double et vitrage triple:**

Un vitrage simple offre, en général, une résistance au flux thermique, par unité de surface, de 5 à 25 fois inférieur au mur adjacent. Le fait de doubler ou tripler le nombre de verre fera «grosso modo» doubler ou tripler sa résistance. Toutefois, les coûts d'un changement étant très dispendieux, une étude de faisabilité s'impose.

##### **d) Le plafond de basse émissivité:**

Dans le cas d'un aréna, un plafond ayant une température élevée par rapport à la glace agit comme radiateur. L'application d'un recouvrement à basse émissivité au plafond réduira grandement cet effet radiant.

##### **e) La rénovation des portes:**

Tout comme pour les fenêtres, certaines portes offrent une meilleure résistance thermique et possède un meilleur coupe-bise. L'utilisation de certains types de porte, tels que les portes à tourniquet, réduira grandement l'admission d'air lors de l'utilisation de celles-ci.

##### **f) L'aménagement des vestibules:**

Lorsqu'il y a une différence de pression importante entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment, un vestibule grâce à ces deux portes assure en tout temps une séparation entre les deux zones, évitant ainsi des déplacements d'air important à chaque utilisation.

**g) Les rideaux d'air:**

Il s'agit ici de conditionner l'air à la source d'infiltration plutôt que de conditionner toute une zone. En plus de la réduction des coûts d'infiltration, le confort des zones d'accès est grandement amélioré.

**h) Les rideaux à lanières:**

Utilisés surtout lorsqu'une circulation de motorisé doit exister entre deux zones ayant une différence de pression, les lanières diminuent le transfert climatique d'une zone à l'autre.

**i) Les contre-fenêtres et contre-portes:**

Spécialement utilisés pour doubler la résistance thermique d'une fenêtre ou d'une porte et en diminuer l'infiltration. Cet ajout peut, dans bien des cas, être plus économique que le changement des fenêtres ou des portes existantes.

**j) Les films pour fenêtre:**

Il s'agit d'ajouter sur une paroi du verre existant une pellicule ou film sélectif qui diminuera grandement le passage des infra-rouges entre l'intérieur et l'extérieur empêchant la chaleur d'entrer ou de sortir par radiation. Posé sur un verre ordinaire, un film sélectif aura «grosso modo» pour effet de doubler la résistance du verre simple et donc d'éviter le coût prohibitif de changement des fenêtres simples pour des fenêtres doubles.

**k) Les pare-soleil pour fenêtre:**

De façon à éviter les gains solaires par les fenêtres, il peut s'avérer économique d'ajouter des pare-soleil aux fenêtres, bloquant ainsi les rayons indésirables. Dans bien des cas, l'aspect architectural du bâtiment s'en trouvera amélioré.

**l) L'aménagement extérieur:**

Lors de la construction ou lors de rénovations majeures, il est possible d'orienter le bâtiment et de choisir les ouvertures en fonction de l'orientation solaire et des vents, de façon à optimiser le confort intérieur. Il est également possible d'ajouter des arbres qui couperont du vent et du soleil les parties du bâtiment, tout en apportant une valeur supplémentaire au paysage.

**m) L'aménagement intérieur:**

Il peut être intéressant d'aménager l'intérieur afin de profiter au maximum des gains solaires et de l'éclairage naturel.

#### **n) Les portes de garage:**

Lorsqu'on veut éviter au maximum le transfert thermique lors de l'ouverture des portes de garage, il est possible d'installer les mécanismes d'ouverture et de fermeture rapides des portes, de façon à minimiser le temps de transfert. Si les portes doivent rester ouvertes pour un déchargement, il est possible d'ajouter des coussins d'étanchéité ou des rideaux à lanières entre le véhicule et le bâtiment afin de diminuer les transferts d'air.

## **4.2 LA MÉCANIQUE DU BÂTIMENT (CVCA)**

Les systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA) ne devraient pas consommer plus d'énergie que la quantité nécessaire pour contrebalancer les gains et les pertes de chaleur réels d'un bâtiment et ce, tout en maintenant la température en degrés désirés pour qu'un surplus ou un manque de chauffage ou de climatisation ne survienne. Ils visent à assurer un apport donné d'air frais et une circulation d'air maintenue à une température, à un degré de propreté et à un taux d'humidité favorable à la santé ainsi qu'un confort des occupants. De plus, les systèmes doivent s'assurer de l'évacuation de l'air vicié, tout en limitant le rejet à l'extérieur de l'énergie de climatisation de l'air conditionné, de même que la chaleur et l'humidité utiles que renferme l'air évacué.

Les économies, liées au système CVCA, sont attribuables à la réduction de la quantité d'énergie utilisée pour le **déplacement de l'air et son conditionnement**. Outre le refroidissement de l'air, le conditionnement vise le chauffage, l'humidification, la déshumidification, le nettoyage et le déplacement de l'air. Ce dernier doit être réduit à un strict minimum en raison de l'énergie que nécessite le passage de l'air dans les conduits, les registres, les serpentins, les filtres, les aérateurs à lames, les diffuseurs et les grilles.

### **4.2.1 Les principales mesures d'économies d'énergie portant sur les systèmes de CVCA**

#### **a) Les commandes d'abaissement et de mise hors de fonction:**

En fait, il s'agit, pour les systèmes mécaniques, de répondre à un besoin. Si ce besoin change ou même disparaît, on peut alors abaisser des points de consigne et même arrêter les systèmes concernés. Ceci s'applique en particulier durant les périodes d'inoccupation (nuits, fin de semaines, etc.). Dans plusieurs cas, une simple réduction des débits d'air, tout en maintenant une qualité d'air suffisant durant les faibles achalandages, présente une solution intéressante. On utilise souvent, dans ces cas, des moteurs à deux vitesses.

#### **b) Récupération de l'énergie contenue dans l'air évacué:**

Pour des raisons de qualité de l'air, de l'air frais est introduit dans un bâtiment et donc de l'air est évacué par le fait même. Généralement, cet air évacué a déjà été chauffé ou climatisé; il s'agit, à l'aide d'un échangeur de chaleur, de récupérer la majorité de cette chaleur pour préchauffer l'air frais admis ou de la refroidir selon le cas.

**c) Ventilateur de déstratification:**

En hauteur, l'air froid et l'air chaud ont des densités différentes et s'ils ne sont pas mélangés par un mécanisme quelconque, il se produit une stratification de l'intérieur, ce qui fait que la température est plus élevée au plafond; ce phénomène est plus important dans les locaux où les plafonds sont élevés. Dans le cas où cette situation est indésirable, l'installation de ventilateur de déstratification peut s'avérer une solution économique.

**d) Réglage de la température:**

Dépendant des activités des occupants dans les divers locaux, des saisons de l'année, du taux d'humidité, du rayonnement solaire, des vitesses d'air intérieur, les zones de températures où le corps humain se sent à l'aise se déplacent; il est donc économique de varier les points de consigne intérieure en fonction de ces critères. On acceptera une température intérieure plus élevée durant les saisons chaudes et l'inverse pour les saisons froides.

**e) Purgeur de vapeur:**

La fonction d'un purgeur à vapeur est de s'assurer que toute l'énergie latente contenue dans la vapeur soit utilisée; elle ne doit laisser passer que l'eau ou les condensés de la vapeur. Des purgeurs laissant passer de la vapeur ne remplissent pas leur rôle et rendent donc inefficace la vapeur générée, en plus de réduire la capacité de l'équipement consommant la vapeur. Il est bien important d'avoir un programme d'entretien.

**f) Optimisation de la combustion:**

Une chaudière ou une fournaise fonctionnant correctement devrait utiliser l'énergie fournie par le combustible au maximum. Un des éléments essentiels est d'assurer une efficacité de combustion optimale par un ajustement de l'excès d'air aux brûleurs et par le choix des brûleurs. Il est facile et peu dispendieux de vérifier l'efficacité de combustion à l'aide d'instruments spécialisés.

**g) Générateurs d'air chaud à haut rendement:**

Lors de l'achat d'un appareil de chauffage d'air, il est essentiel de s'assurer d'un choix optimum d'efficacité en fonction des besoins et des modes d'exploitation de l'immeuble.

#### **h) Réglage du degré d'humidité:**

L'humidité est l'un des facteurs essentiels du confort des occupants. De plus, il existe une relation entre l'humidité et la température afin d'assurer un confort aux occupants. Par contre, l'humidification et la déshumidification comportent des coûts non négligeables, il est donc nécessaire de ne pas faire d'excès dans un cas comme dans l'autre.

#### **i) Transformation des systèmes CVCA:**

Plusieurs systèmes de CVCA ont été conçus en fonction de critères économiques de construction, de facilité de contrôle, mais qui sont plus énergivores (pensons aux systèmes à double gaines). Il y a lieu, dans plusieurs cas, de modifier soit le mode d'opération, soit carrément le système de distribution, afin d'optimiser l'utilisation de l'énergie.

Notons, de plus, que depuis quelques années sont apparues sur le marché des conceptions plus efficaces, telles que les boucles avec pompe à chaleur. De plus, il est possible d'utiliser l'air frais extérieur pour climatiser au lieu des compresseurs de réfrigération. En fonction de l'humidité et de la température, il y a lieu d'optimiser le débit d'air frais à l'aide de contrôle enthalpique.

#### **j) Chaleur et climatisation solaire:**

La chaleur solaire peut être utilisée passivement pour chauffer des pièces qui lui sont exposées ou activement pour chauffer l'eau domestique. La technologie à absorption peut fournir de la climatisation à partir du rayonnement solaire.

#### **k) Réservoir de stockage thermique:**

Il est possible de stocker de l'énergie thermique afin de couper, dans les périodes de pointe, la demande électrique, ou encore pour bénéficier de l'apport de gain solaire et les distribuer dans le temps en fonction des besoins.

#### **l) Conversion de l'alimentation:**

Les tarifs énergétiques fluctuant fréquemment, il peut devenir économique de changer d'approvisionnement d'énergie thermique, en particulier. Il peut également être intéressant d'utiliser deux sources à des périodes différentes dépendant des tarifs (pensons aux systèmes bi-énergie).

#### **m) Registre d'air frais:**

Le but de cette mesure est de mesurer la quantité d'air frais en fonction des besoins pour répondre à une qualité d'air intérieur, économisant ainsi par une quantité d'air traité inutilement.

#### **n) Isolation des tuyaux et conduits:**

Un bon système mécanique devrait acheminer l'énergie d'un point à un autre avec un minimum de perte. Les pertes thermiques des tuyaux et conduits peuvent être réduites à l'aide d'isolant. En plus, cela permet, dans bien des cas, de réduire les températures à la source et donc d'en augmenter l'efficacité. De plus, dans le cas de la vapeur ou de l'eau chaude, la sécurité du personnel en est accrue.

#### **o) Réglage des tirages dans les chaudières et dans les générateurs d'air chaud:**

Un tirage excessif, en plus d'augmenter l'excès d'air au brûleur et donc de réduire l'efficacité de combustion, peut entraîner des problèmes de stabilité de la flamme et réduira l'efficacité, d'où la nécessité de réglage des tirages. De plus, en période d'arrêt, les tirages prennent de l'air chaud de la salle des chaudières ou générateurs et l'évacuent à l'extérieur. Des mécanismes aux prises d'air des brûleurs peuvent éliminer ces pertes en coupant l'admission d'air. Il existe également des mécanismes de tirage moins énergivores.

#### **p) Récupération de la chaleur contenue dans les gaz brûlés:**

Lorsque les produits de combustion sont évacués par les cheminées, ils contiennent encore de 10 à 25% de l'énergie de combustion. Des récupérateurs permettent de récupérer une partie de cette énergie (économiseur pour la chaleur sensible de 3 à 5%, unité à condensation pour la chaleur sensible et latente de 8 à 15% d'économie).

#### **q) Pompe à chaleur:**

Dans un même édifice, il y a souvent un besoin simultané de froid dans une zone et de chaleur dans une autre. Une pompe à chaleur permet de prendre la chaleur de la zone à refroidir et de l'utiliser dans la zone à chauffer. Il est également possible de prendre une source de chaleur extérieure telle que l'air ou l'eau pour chauffer une zone à l'aide de la pompe à chaleur.

## **4.3 LA PLOMBERIE**

La plomberie englobe les installations servant à l'approvisionnement en eau, en air comprimé ou en vapeur, à son conditionnement et à son évacuation. Les mesures visant à réduire le chauffage, le refroidissement et l'utilisation de l'eau offrent toutes les possibilités d'économie.

### **4.3.1 Les principales mesures d'économies d'énergie portant sur la plomberie**

#### **a) Réduire le débit et la pression:**

On a souvent besoin soit d'un caloporteur pour chauffer ou refroidir dans une zone éloignée de la source ou encore une pression pour faire fonctionner correctement des appareils. L'énergie à fournir est directement proportionnelle à la pression et aux débits. Il est donc essentiel de se limiter au besoin. De plus, en cas de fuite, les pertes sont d'autant plus importantes que la pression est importante, autre raison pour limiter la pression au besoin.

#### **b) Réduire l'utilisation:**

En plus de limiter la puissance et l'énergie nécessaire pour fournir un certain débit dans le cas de l'eau, les coûts d'achats et de traitement sont alors abaissés. Pour diminuer un débit, il s'agit en général de le faire varier en fonction d'un paramètre d'exploitation (température...)

#### **c) Réduire les températures:**

Une réduction des températures du caloporteur réduit les pertes dans tout le réseau depuis l'appareil de montée en température jusqu'à l'utilisation, en passant par la tuyauterie. Un cas typique est la réduction de la température d'eau chaude domestique. Ici encore, il s'agit de limiter la température au besoin.

#### **d) Isoler:**

L'isolation de la tuyauterie s'avère une des mesures les plus rentables pour éviter les déperditions en chaleur par un réseau, tout en permettant d'utiliser la chaudière ou le réservoir d'eau chaude à une température plus basse et donc d'augmenter son efficacité.

## **4.4 LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES**

Souvent, plus de la moitié de l'énergie consommée dans un bâtiment provient d'une source électrique. L'électricité constitue une source d'énergie relativement coûteuse. Dans de nombreux cas, l'utilisation d'appareils et de méthodes, qui étaient encore acceptables il y a dix ans, n'est présentement plus justifiée en raison des progrès technologiques réalisés et des coûts actuels de l'énergie.

### **4.4.1 Les principales mesures d'économies d'énergie des systèmes électriques**

#### **a) Éclairage intérieur et extérieur:**

L'éclairage est souvent le plus gros consommateur d'énergie électrique. Il est heureusement le domaine qui a le plus évolué et permet, dans bien des cas, des économies importantes. Pensons aux lampes fluorescentes à haute efficacité, aux fluorescents compact en remplacement de l'incandescent, aux ballasts électroniques, à l'éclairage à la tâche, etc.

#### **b) Minuterie et cellule photo-électrique:**

Il s'agit, grâce à des minuteries et des cellules photo-électriques, de limiter l'éclairage électrique au besoin, donc d'en limiter la consommation aux périodes d'occupation et lorsque l'apport d'éclairage naturel est insuffisant.

#### **c) Moteurs à haut rendement:**

Depuis quelques années, sont apparus sur le marché des moteurs électriques dits à haut rendement. Ces derniers ont une meilleure efficacité, un meilleur facteur de puissance et sont généralement plus robustes car mieux conçus. A cause de leur coût un peu plus élevé, on limite généralement leur installation aux moteurs fonctionnant à l'année.

#### **d) Délestage et répartition des charges:**

Lorsqu'on analyse une facture électrique au tarif commercial, on se rend vite compte qu'il y a en fait deux coûts: un pour l'énergie consommée et l'autre pour la puissance maximum appelée. Ces deux coûts sont généralement du même ordre de grandeur; il y a donc intérêt à limiter la puissance appelée grâce au délestage ou à la répartition des charges.

**e) Correction du facteur de puissance:**

Lorsque le consommateur utilise plusieurs charges inductives (moteur, ballast d'éclairage, etc.), le courant utilisé est plus élevé pour une même énergie consommée et le fournisseur d'électricité pénalise le client car un courant élevé l'oblige à surdimensionner ses équipements. La solution générale est d'utiliser de façon contrôlée des capacités afin d'améliorer le facteur de puissance.

**f) Réduction de la puissance d'un moteur:**

Un moteur a des pertes qui, à toutes fins utiles, sont constantes, peu importe le régime: perte dans le fer, dans les roulements, dans le ventilateur de refroidissement (sauf les pertes dans le cuivre). Ces pertes sont d'autant plus importantes que le moteur est gros, il faut donc éviter d'installer inutilement des moteurs de puissance supérieure aux besoins.

**g) Minuterie et dispositif d'asservissement:**

Il s'agit de limiter l'utilisation des équipements (éclairage, CVCA, etc.) aux besoins. Il est à noter que ces périodes coïncident généralement avec des périodes hors pointe, donc les économies ne sont pas proportionnelles au temps d'arrêt. Toutefois, les économies générées font que ces techniques de contrôle sont des plus rentables.

**h) Contrôle de moteur à vitesse variable:**

Partout où des débits fluctuent dans le temps (air, saumure dans les arénas, etc.), il est intéressant de regarder l'économie pouvant être réalisée en asservissant aux besoins la puissance appelée au moteur, évitant ainsi les pertes inutiles inhérentes au mécanisme de modulation telles que les volets modulants.

**i) Système de réfrigération par compresseur:**

Dans quelque cas, il est peut rentable d'utiliser des machines à absorption pour climatiser. Il y a intérêt à utiliser des systèmes à compresseur qui demandent de trois à cinq fois moins d'énergie électrique.

#### **4.5 LES SYSTÈMES DE GESTION DE BÂTIMENTS**

Les systèmes de gestion de bâtiments (SBG) commandent et contrôlent de façon manuelle ou électronique (dépendant de l'âge du bâtiment, de la technologie utilisée) les systèmes de communication, de protection contre l'incendie et de sécurité, aussi bien que le matériel de CVCA, la plomberie, les installations électriques, l'ordonnancement des travaux d'entretien et la gestion de stock. Les systèmes de gestion de l'énergie (SGE) commandent et contrôlent tout ce qui consomme de l'énergie dans un bâtiment, à savoir le matériel de CVCA, les installations électriques et la plomberie. Un système commandé par ordinateur peut être utilisé seul ou combiné à un SGE ou à un SGB.

L'économie provient du fait que l'énergie n'est utilisée qu'en fonction des besoins en réalisant des plans d'utilisation des équipements et en modifiant des points de consigne.

## 5. LA STRUCTURE DU RAPPORT

Un rapport doit comprendre les cinq sections suivantes:

1. Une **description du bâtiment**, qui est en quelque sorte une photographie du bâtiment sous plusieurs angles pour son identification et pour l'appréciation de la situation.

En plus, il faut joindre une description sommaire de ses caractéristiques architecturales ainsi que des équipements consommateurs tels que les systèmes électro-mécaniques, l'éclairage, les chaudières, etc.

2. Le **bilan énergétique** et sa comparaison avec des installations semblables ainsi que l'analyse des différentes factures.

3. Les **références** aux normes standard et indices de consommation pour identifier les premiers gisements d'économies d'énergie.

4. La **liste des mesures d'économies d'énergie**: chaque mesure devrait contenir, autant que possible, les éléments suivants :

- description et problématique de la mesure;
- données de base (mesures sur place et données fournies par le client), hypothèses, phénomènes physiques considérés;
- algorithme de calcul, méthode abrégée ou empirique utilisée;
- évaluation du potentiel des besoins pour quantifier l'énergie récupérée utilisable en fonction de l'efficacité technique de la mesure proposée;
- impact de cette mesure autre qu'énergétique, tel que confort, qualité de l'air, etc.;
- indication de la rentabilité de cette mesure, soit calculée ou typique pour des installations semblables.

5. Enfin, en annexes au rapport, il est généralement très utile d'y retrouver un tas d'informations des plus pertinentes. Ces informations sont habituellement mises en annexe de façon à ne pas alourdir le texte principal. On y retrouve donc des informations d'ordre général ou très spécialisées telles que:

- des articles techniques sur les sujets du rapport principal;
- des produits disponibles sur le marché ou par catalogue;
- des cas semblables réalisés ailleurs;
- des programmes de subvention existants;
- des noms de firmes d'experts-conseils, de contracteurs ou de personnes ressources oeuvrant dans le domaine;
- des calculs trop élaborés pour insertion dans le rapport lui-même;
- une liste d'outils spécialisés pouvant aider le gestionnaire ou les opérateurs, tels que revues spécialisées, guides techniques, logiciels, etc.

N.B. Dans de nombreuses méthodologies, on utilise des formulaires préconçus afin de faciliter le travail. Il s'agit d'élaborer et de concevoir des formulaires qui répondent le mieux à vos besoins et à votre environnement et à les normaliser.

## 6. LES MODALITÉS D'IMPLANTATION DES MESURES

Il y a fondamentalement **trois étapes** à suivre à ce stade-ci:

- Tout d'abord, il faut que l'auteur du diagnostic **dépose, commente et explique très clairement le contenu du rapport** à la personne concernée (l'énergiste ou le gestionnaire de l'immeuble) afin de s'assurer de la bonne compréhension du rapport.

- Il faut ensuite **accorder un ordre de priorité des mesures d'économies d'énergie à implanter** en fonction de l'urgence et de l'importance de certaines mesures, de la disponibilité des ressources techniques ou financières ou tout autre critère défini par le bénéficiaire.

- Finalement, il faut **passer à l'action**. Les mesures qu'on appelle généralement «low cost - no cost» sont faciles à implanter et peu coûteuses. Elles peuvent donc être réalisées par le personnel en place. Pour certaines mesures plus complexes et onéreuses, le recours à une firme d'experts-conseils ou à un contracteur spécialisé en la matière est recommandé.

## **7. LE CONTRÔLE DES RÉSULTATS ET LES RÉAJUSTEMENTS**

Règle générale, on ne peut gérer ce qu'on ne peut mesurer. Comme nous l'avons mentionné plus tôt dans ce document, un programme de gestion de l'énergie est un processus continu et, à cet effet, le «feed back» revêt une importance capitale.

La validation des données ou la rétro-information sur les résultats des mesures est de première importance pour déterminer le succès de celles-ci. La validation sert à réajuster, poursuivre ou annuler certaines mesures.

Les bilans énergétiques, les indices de consommation, la comptabilité énergétique sont quelques-unes des techniques de rétro-information grandement utilisées.

La tenue de statistiques sur les recommandations et les économies estimées permet à long terme de réaliser un certain suivi et un estimé du potentiel d'économie d'énergie existant.

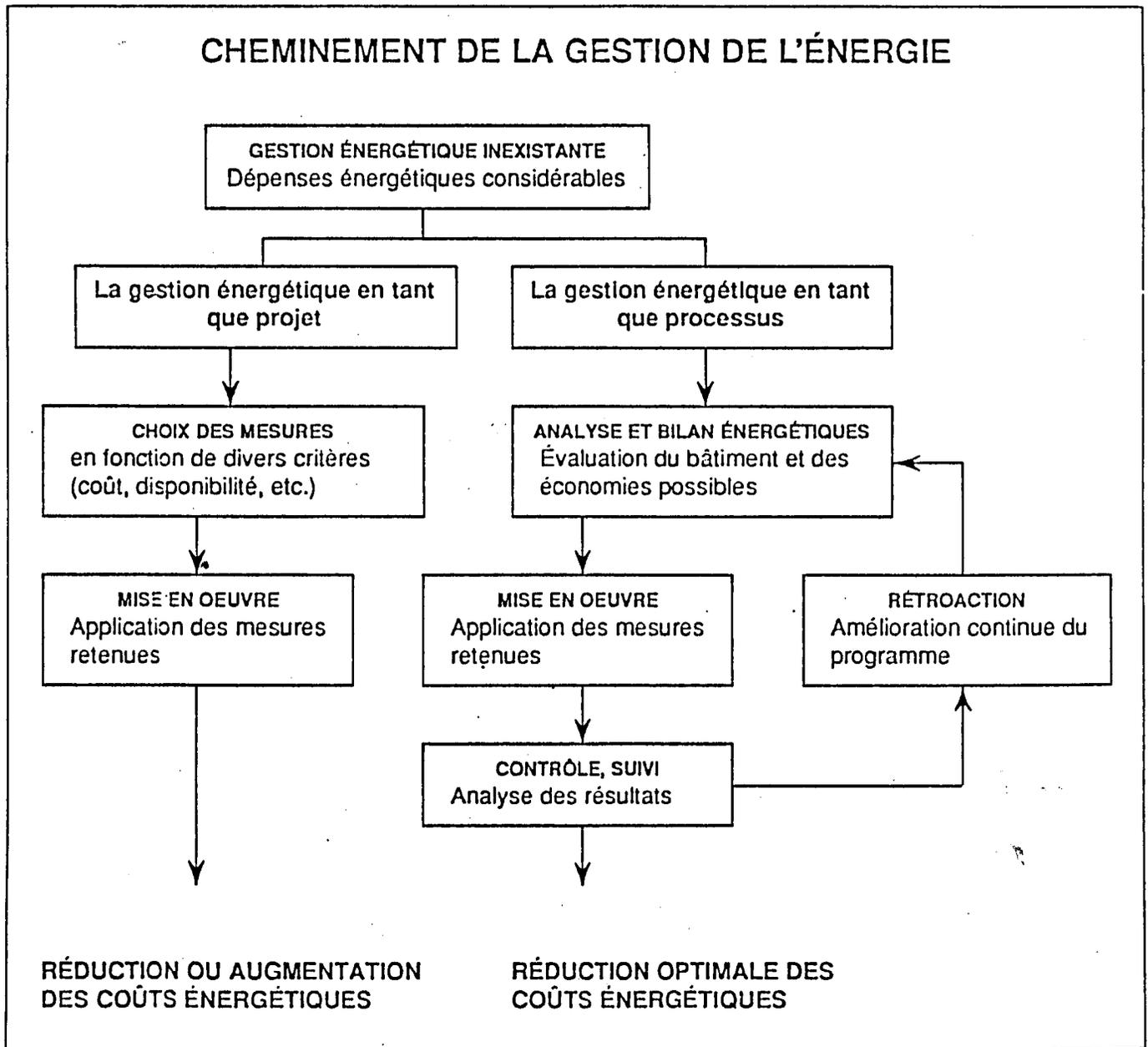
## ANNEXE I

### LISTE DES ÉQUIPEMENTS ET OUTILS NÉCESSAIRES POUR RÉALISER UN DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE

DESCRIPTION DE L'APPAREIL	USAGE
INDICATEUR D'INTENSITÉ LUMINEUX	Vérifier la conformité ou l'excès d'éclairage
RUBAN À MESURER (MANUEL OU ÉLECTRONIQUE)	Dimensionnement de certains locaux et équipements
THERMOMÈTRE (DIGITAL OU ANALOGIQUE)	Température des locaux, du gaz des cheminés, des colporteurs,...
MULTIMÈTRE	Voltage et ampérage
CALCULATEUR DE DÉBIT D'AIR	Mesure la qualité d'air frais, les débits des gaines de diffuseurs
VALISE D'OUTILS	Permet l'ouverture de certains coffres de puissance électrique ou de contrôle, ou pour permettre du mesurage sur de l'équipement mécanique
ANALYSEUR DE FUMÉE	Test de combustion
DÉTECTEUR D'INFRA-ROUGE	Qualité de l'isolation d'équipement, entretien, fuites de chaleur
CAPTEUR DU DÉBIT DE CHALEUR	Connaître la valeur de résistance des murs et des fenêtres de l'édifice et de certains réservoirs
PSYCHROMÈTRE	Connaître le taux d'humidité
ENREGISTREUR DE PUISSANCE	Connaître l'évolution de l'appel de puissance ainsi que sa crête maximum

ANNEXE 11

DIAGRAMME D'UN CYCLE DE GESTION ÉNERGÉTIQUE



## CYCLE DE LA GESTION ÉNERGÉTIQUE

