

# Prestation E

# Exemple

**Sommaire :**

<b>But et objectifs :</b> .....	<b>2</b>
<b>Définitions :</b> .....	<b>2</b>
<b>Caractéristiques du site et du bâtiment :</b> .....	<b>3</b>
<b>Caractéristiques des éléments d'enveloppe :</b> .....	<b>3</b>
<b>Surface de référence énergétique :</b> .....	<b>3</b>
<b>Détermination de l'indice de dépense d'énergie :</b> .....	<b>4</b>
<b>Analyse quantitative des déperditions thermiques du bâtiment:</b> .....	<b>4</b>
<b>Caractéristiques spécifiques du bâtiment :</b> .....	<b>5</b>
<b>Introduction aux scénarios :</b> .....	<b>5</b>
<b>Scénario I :</b> .....	<b>6</b>
<b>Scénario II :</b> .....	<b>7</b>
<b>Scénario III :</b> .....	<b>8</b>
<b>Scénario IV:</b> .....	<b>9</b>
<b>Scénario V:</b> .....	<b>10</b>
<b>Synthèse :</b> .....	<b>11</b>
<b>Remarques et conseils:</b> .....	<b>11</b>

### **But et objectifs :**

Cette étude a pour but de décrire et caractériser, au point de vue énergétique, le bâtiment X. Elle permet d'appréhender de façon globale et ponctuelle le comportement de celui-ci en fonction de son utilisation et des conditions climatiques du site. Les informations issues de ce document permettent de dresser un diagnostic sur la "santé énergétique" du bâtiment, de déterminer les objectifs et les priorités afin d'établir une stratégie d'amélioration de l'enveloppe et des installations techniques.

L'élaboration des scénarios, concernant l'amélioration de l'enveloppe des bâtiments et des installations techniques, en fonction des caractéristiques du site et de la faisabilité technique, permet de déterminer :

- les gains énergétiques (diminution de la consommation engendrée par les assainissements).
- les coûts d'investissements.
- les coûts en terme de centimes par kilowattheures économisés.
- la puissance thermique à installer dans le bâtiment pour couvrir les besoins de chaleur.
- la production de CO<sub>2</sub> liée au chauffage des bâtiments.

L'ensemble des simulations est effectué à l'aide des logiciels certifiés Lesosai et Lesokai.

**Ce document est un outil décisionnel qui permettra, au maître de l'ouvrage, de choisir en toute connaissance de causes les différentes options pour l'assainissement du bâtiment.**

### **Définitions :**

#### **Indice de dépense d'énergie (IDE) :**

L'indice de dépense d'énergie (IDE) est un moyen de porter un jugement sur un bâtiment d'après le critère de la consommation d'énergie. Il représente la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer un mètre carré de l'immeuble pendant un an. Il permet de comparer sa consommation par rapport à différents types de bâtiments témoins et ainsi de juger de l'urgence des mesures à prendre pour économiser l'énergie.

L'indice de dépense d'énergie (IDE) est exprimé en MJ/m<sup>2</sup>.an ou kWh/ m<sup>2</sup>.an.

#### **Surface de référence énergétique (SRE) :**

La surface de référence énergétique (SRE) correspond à la somme de toutes les surfaces de plancher des locaux chauffés ou climatisés. Il s'agit des surfaces brutes de plancher, c'est-à-dire mesurées par l'extérieur des murs.

Ne sont pas pris en compte dans le calcul de la SRE, les buanderies, étendages, soutes à combustibles et garages.

#### **Valeur U des éléments de construction :**

Le flux de chaleur est toujours dirigé des températures les plus élevées vers les températures les plus basses. Les éléments de construction tels que planchers, parois, dalles, toits, fenêtres et portes opposent une certaine résistance aux échanges thermiques. Le flux de chaleur qui traverse un élément est défini par le coefficient de transmission de chaleur U (valeur U).

Lorsque la valeur U diminue, les besoins d'énergie pour le chauffage baissent proportionnellement et les températures superficielles augmentent. Il en résulte une amélioration sensible du confort de l'habitat et une réduction des risques de condensation à la surface des éléments.

**Caractéristiques du site et du bâtiment :**

Altitude du site :	790 m
Catégorie d'ouvrage (selon norme SIA 380/1) :	III (administratif), IX (Industrie)
Température intérieure :	20°C - 18°C
Région climatique (selon norme SIA 381/2) :	Jura occidental
Station Météo (selon norme SIA 381/2) :	La Chaux-de-Fonds
Température extérieure minimale (selon norme SIA 381/2) :	-10°C
Jour de chauffage par année (selon norme SIA 381/2) :	258 jours

**Caractéristiques des éléments d'enveloppe :**

	Valeur U actuelle (W/m <sup>2</sup> .K)
Toiture	0.35
Façades	0.35
Dalle contre terrain	2.5
Fenêtres (vitrage et cadre)	1.7 – 1.9

**Surface de référence énergétique :**

Zone administration :	229.5 m <sup>2</sup>
Zone industrie :	353.2 m <sup>2</sup>
Total :	951.8 m <sup>2</sup>

**Détermination de l'indice de dépense d'énergie :**

Consommation liée au chauffage du bâtiment : 104'169 kWh/an → 10'416 m<sup>3</sup> de gaz  
 Consommation liée à la production d'eau chaude sanitaire : 1'000 kWh/an → 100 m<sup>3</sup> de gaz  
 Consommation du bâtiment : 105'169 kWh/an → **10'516 m<sup>3</sup> de gaz**  
 Production de CO2 liée au chauffage et la production d'eau chaude sanitaire : **21'032 kg/an**  
 Surface de référence énergétique : 951.8 m<sup>2</sup>

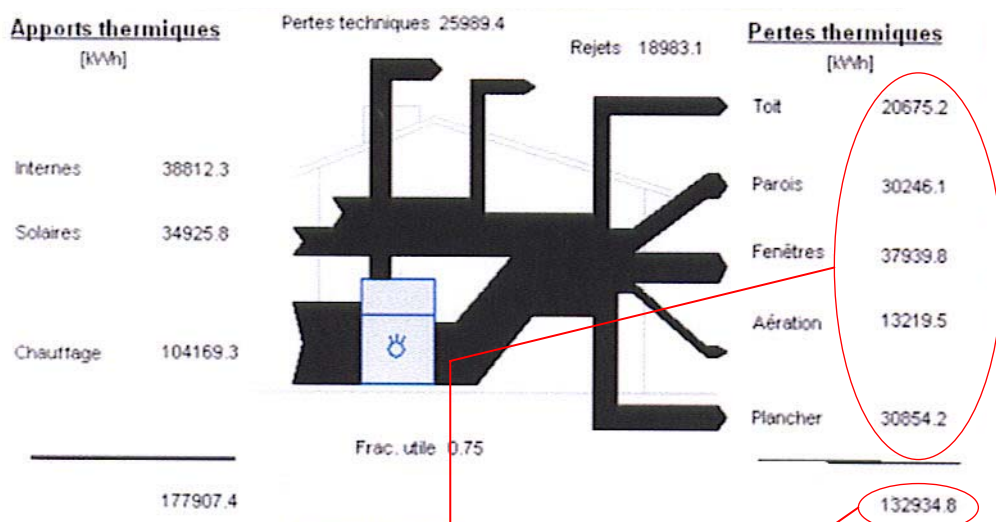
IDE<sub>actuel</sub> = **110.5 kWh/m<sup>2</sup>.an** → 11 m<sup>3</sup> de gaz /m<sup>2</sup>.an

IDE<sub>bât. temoins</sub> = 60.9 kWh/m<sup>2</sup>.an → 6.1 m<sup>3</sup> de gaz /m<sup>2</sup>.an

**Le bâtiment consomme 1.8 fois plus qu'un bâtiment similaire (en moyenne suisse).**

**Analyse quantitative des déperditions thermiques du bâtiment:**

Le diagramme de Sankey, ci-dessous, permet de quantifier les pertes thermiques par élément de construction, pour les installations techniques ainsi que pour l'aération. Cette simulation met en évidence les points faibles du bâtiment.



Eléments de construction	Pertes thermiques par secteurs (kWh)	Pertes thermiques par secteurs (%)
Toiture	20'675	15.55
Parois/Façades	30'246	22.75
Fenêtres & Aération	51'159	38.48
Plancher	30'854	23.21
<b>Total</b>	<b>132'934</b>	<b>100</b>

**Caractéristiques spécifiques du bâtiment :****Apports thermiques du bâtiment :**

Les apports thermiques dans le bâtiment proviennent pour :

- **58.5 %** des apports du système de production de chaleur.
- **19.6 %** des apports solaires passifs.
- **21.8 %** des apports internes.

**Pertes thermiques du bâtiment :**

Les pertes thermiques liées à l'enveloppe du bâtiment se situent principalement au niveau :

- des fenêtres et du renouvellement d'air **38.48%**
- des planchers contre terrain **23.2 %**
- des façades **22.75%**
- de la toiture **15.5%**

**Introduction aux scénarios :**

Les scénarios suivants seront élaborés dans cette étude :

- changement des fenêtres.
- Isolation et assainissement des façades par la pose de 10 cm supplémentaires de laine minérale.
- Isolation et assainissement de la toiture par pose de 15 cm supplémentaires d'isolation organique.
- Modification et amélioration de l'installation de production et distribution de chaleur pour le chauffage du bâtiment.
- Prise en compte de l'ensemble des assainissements et des modifications d'installations techniques.

L'amélioration de l'isolation de la dalle contre terrain nous semble techniquement difficile à réaliser et entraînerait des coûts trop importants. C'est la raison pour laquelle, nous n'étudions pas dans ce rapport, l'assainissement de cet élément de l'enveloppe du bâtiment malgré le fait que les déperditions thermiques qui y sont liées représentent 23 % de la déperdition totale.

Les scénarios élaborés ci-après sont liés à des investissements. Une partie de ces investissements est propre aux économies d'énergie alors que l'autre est liée à l'entretien du bâtiment et au renouvellement normal des installations.

Dans le calcul des coûts, les hypothèses suivantes sont admises :

- pour les mesures propres à l'enveloppe du bâtiment, les annuités sont de 7.4% (4% sur 30 ans).
- pour les installations techniques, les annuités sont de 8% (5% sur 20 ans)

**Scénario I :**

Changement des fenêtres et travaux annexes (modification des caissons de stores).

Aspects techniques et gains énergétiques :

Valeur U actuelle de l'élément : vitrage : 1.7 W/m<sup>2</sup>.K cadre: 1.9 W/m<sup>2</sup>.K

Valeur U future de l'élément : vitrage : 1.1 W/m<sup>2</sup>.K cadre: 1.3 W/m<sup>2</sup>.K

	kWh	m <sup>3</sup> de gaz	%	kg	kWh/m <sup>2</sup> .an
Gain énergétique	13'537	1'354	12.8	-	-
Consommation du bâtiment	91'632	9'163	-	-	-
Indice de dépense d'énergie IDE <sub>sce.IV</sub>	-	-	-	-	96.3
Production de CO <sub>2</sub>	-	-	-	18'320	-

Puissance thermique à installer pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire : 30 kW

Aspects financiers :

Coûts financiers engendrés par la rénovation:

Surface de l'élément rénové : 180 m<sup>2</sup>

Changement des fenêtres (1'000.-/m<sup>2</sup>): 180'000.-

**Coût total de la rénovation : 180'000.-**

Annuités : 4% sur 30 ans	10'440.-
Annuités pour les travaux liés à l'isolation <sup>1</sup> : 4% sur 30 ans	1'044.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation* :	1'062.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation <sup>†</sup> :	2'124.-

**Le prix du kWh économisé est de : 7.7 cts**

<sup>1</sup>) Le calcul des investissements pour ces travaux est délicat puisque seul un façadier est à même de faire une offre crédible. Dans notre hypothèse de travail, nous avons admis un investissement moyen de 1'000.-/m<sup>2</sup>.

L'investissement consenti pour le changement des fenêtres est à effectuer principalement pour résoudre des problèmes d'infiltration d'eau et des problèmes de confort. Selon nos estimations, seul environ 10 % de l'investissement est à mettre sur le compte des économies d'énergie, soit 18'000.-.

\* Prix du gaz : 7.85 cts/kWh (tarif B) + taxe d'abonnement (10.76.-/mois)

† Evolution du prix du gaz : 15.7 cts/kWh

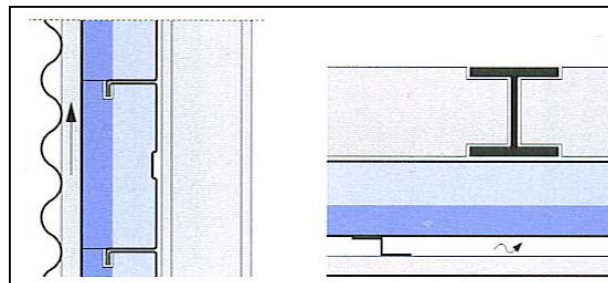
**Scénario II :**

Isolation et assainissement des façades par la pose de 10 cm de laine minérale.

Aspects techniques et gains énergétiques :

Valeur U actuelle de l'élément : 0.35 W/m<sup>2</sup>.K

Valeur U future de l'élément : 0.2 W/m<sup>2</sup>.K



	kWh	m <sup>3</sup> de gaz	%	kg	kWh/m <sup>2</sup> .an
Gain énergétique	11'633	1'163	11.1	-	-
Consommation du bâtiment	93'536	9'354	-	-	-
Indice de dépense d'énergie IDE <sub>sce.IV</sub>	-	-	-	-	98.3
Production de CO <sub>2</sub>	-	-	-	18'708	-

Puissance thermique à installer pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire : 33 kW

Aspects financiers :

Coûts financiers engendrés par la rénovation:

Surface de l'élément rénové : 245.8 m<sup>2</sup>

Isolation, assainissement des façades et travaux annexes (350.-/m<sup>2</sup>): 86'000.-

**Coût total de la rénovation : 86'000.-**

Annuité : 4% sur 30 ans	4'988.-
Annuités pour les travaux liés à l'isolation <sup>1</sup> : 4% sur 30 ans	997.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation*	913.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation <sup>†</sup>	1'826.-

**Le prix du kWh économisé est de : 8.5 cts**

<sup>1</sup>) Les investissements consentis pour l'assainissement des façades seront réalisés en grande partie pour des raisons d'entretien. Seuls environ 20 % de l'investissement est à mettre sur le compte des économies d'énergie, soit 17'200.-.

\* Prix du gaz : 7.85 cts/kWh (tarif B) + taxe d'abonnement (10.76.-/mois)

<sup>†</sup> Evolution du prix du gaz : 15.7 cts/kWh

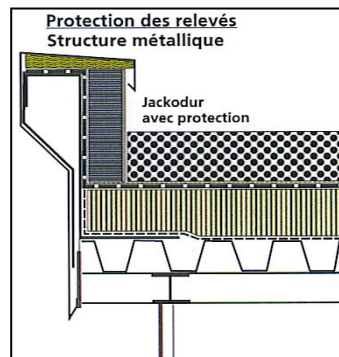
### Scénario III :

Isolation et assainissement de la toiture par pose de 15 cm supplémentaires d'isolation organique ou matériau équivalent.

#### Aspects techniques et gains énergétiques :

Valeur U actuelle de l'élément : 0.35 W/m<sup>2</sup>.K

Valeur U future de l'élément : 0.15 W/m<sup>2</sup>.K



	kWh	m <sup>3</sup> de gaz	%	kg	kWh/m <sup>2</sup> .an
Gain énergétique	14'092	1'409	13.4	-	-
Consommation du bâtiment	91'077	9'108	-	-	-
Indice de dépense d'énergie IDE <sub>sce.IV</sub>	-	-	-	-	95.7
Production de CO <sub>2</sub>	-	-	-	18'214	-

Puissance thermique à installer pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire : 32 kW

#### Aspects financiers :

Coûts financiers engendrés par la rénovation :

Surface de l'élément rénové : 578 m<sup>2</sup>

Isolation, assainissement de la toiture et travaux annexes (140.-/m<sup>2</sup>): 81'000.-

**Coût total de l'assainissement: 81'000.-**

Annuité : 4% sur 30 ans	4'698.-
Annuités pour les travaux liés à l'isolation <sup>1</sup> : 4% sur 30 ans	704.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation * :	1'106.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation <sup>†</sup> :	2'212.-

**Le prix du kWh économisé est de : 4.9 cts**

<sup>1</sup>) Les travaux sont réalisés en grande partie pour résoudre tous les problèmes futurs d'infiltration ainsi que les écoulements. La part propre aux économies d'énergie est, selon nos estimations, réduite à 15 % de l'investissement soit 12'150.-.

\* Prix du gaz : 7.85 cts/kWh (tarif B) + taxe d'abonnement (10.76.-/mois)

<sup>†</sup> Evolution du prix du gaz : 15.7 cts/kWh

**Scénario IV:**

Modification et amélioration de l'installation de production et distribution de chaleur pour la chauffage du bâtiment.

Aspects techniques et gains énergétiques :

Implantation d'une chaudière à gaz à condensation (meilleur rendement :  $\eta \approx 90\%$ ).

Implantation d'une installation de ventilation avec récupération de chaleur.

	kWh	m <sup>3</sup> de gaz	%	kg	kWh/m <sup>2</sup> .an
Gain énergétique	33'124	3'312	31.4	-	-
Consommation du bâtiment	72'045	7'205	-	-	-
Indice de dépense d'énergie IDE <sub>sce.IV</sub>	-	-	-	-	75.7
Production de CO <sub>2</sub>	-	-	-	14'408	-

Puissance thermique à installer pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire : 33 kW

Aspects financiers :

Coûts financiers engendrés par la rénovation :

Changement de la chaudière et travaux annexes (chaudière à gaz à condensation)	10'000.-
Mise en place d'un système de ventilation des locaux avec récupération de chaleur	50'000.-
<b>Coût total de l'assainissement:</b>	<b>60'000.-</b>

Annuités (installation techniques): 5% sur 20 ans	4'800.-
Annuités liés aux économies d'énergie (installation technique) <sup>1</sup> : 5% sur 20 ans	3'840.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation* :	2'600.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation <sup>†</sup> :	5'200.-

**Le prix du kWh économisé est de : 11.5 cts**

<sup>1</sup>) l'implantation d'une installation de ventilation avec récupération de chaleur permettra de valoriser les apports de chaleurs internes liés au fonctionnement des machines de production.

La part propre aux économies d'énergie est, selon nos estimations, de 80% de l'investissement soit 48'000.-.

\* Prix du gaz : 7.85 cts/kWh (tarif B) + taxe d'abonnement (10.76.-/mois)

<sup>†</sup> Evolution du prix du gaz : 15.7 cts/kWh

**Scénario V:**

Prise en compte de l'ensemble des modifications.

**Aspects techniques et gains énergétiques :**

Changement des fenêtres, assainissement et isolation des façades et de la toiture, amélioration des installations techniques.

	kWh	m <sup>3</sup> de gaz	%	kg	kWh/m <sup>2</sup> .an
Gain énergétique	58'637	5'864	55.8	-	-
Consommation du bâtiment	46'532	4'653	-	-	-
Indice de dépense d'énergie IDE <sub>sce.IV</sub>	-	-	-	-	48.9
Production de CO <sub>2</sub>	-	-	-	9'306	-

Puissance thermique à installer pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire : 25 kW

**Aspects financiers :**

Coûts financiers engendrés par la rénovation :

Changement des fenêtres (1'000.-/m <sup>2</sup> ):	180'000.-
Isolation, assainissement des façades et travaux annexes (350.-/m <sup>2</sup> ):	86'000.-
Isolation, assainissement de la toiture et travaux annexes (140.-/m <sup>2</sup> ):	81'000.-
Amélioration et modification des installations techniques :	60'000.-

**Coût total de l'assainissement: 407'000.-**

Annuités (enveloppe du bâtiment): 4% sur 30 ans	20'126.-
Annuités (installation techniques): 5% sur 20 ans	4'800.-
<b>Total des annuités</b>	<b>24'926.-</b>
Annuités pour les travaux liés à l'isolation : 4% sur 30 ans	2'745.-
Annuités liés aux économies d'énergie (installation technique) : 5% sur 20 ans	3'840.-
<b>Total des annuités économies d'énergie</b>	<b>6'585.-</b>
Gain financier annuel lié à diminution de consommation* :	4'603.-
Gain financier annuel lié à diminution de consommation† :	9'206.-

**Le prix du kWh économisé est de : 11.2 cts**

\* Prix du gaz : 7.85 cts/kWh (tarif B) + taxe d'abonnement (10.76.-/mois)

† Evolution du prix du gaz : 15.7 cts/kWh

### Synthèse :

Cette étude énergétique montre que le bâtiment étudié présente un potentiel non négligeable d'économies d'énergie.

L'isolation et l'assainissement de la toiture et des façades, le changement de fenêtres ainsi que le changement des installations techniques et l'implantation d'une installation de ventilation avec récupération de chaleur permettront de **diminuer de l'ordre de 55 % la consommation** liée au chauffage du bâtiment et à la production d'eau chaude sanitaire pour un **coût d'investissement de l'ordre de 407'000.-** .

La part propre des investissements liés aux économies d'énergie représente, pour l'ensemble de la rénovation 95'350.- soit environ 23 % du total des investissements.

Le prix du kWh économisé est de 11.2 cts (coût prenant en compte seulement la partie de l'investissement propre aux économies d'énergie).

Cet assainissement de l'enveloppe du bâtiment et des installations techniques aura pour effets :

- d'augmenter le confort d'utilisation des locaux en augmentant les températures superficielles des éléments de construction (toiture, dalle et parois contre locaux non chauffés) et en diminuant de façon sensible les phénomènes de courants d'air.
- de diminuer la puissance des installations de production de chaleur à installer dans le bâtiment à 25 kW.
- de diminuer de façon significative la dépense énergétique du bâtiment, de 10'500 m<sup>3</sup>/an de gaz à 4'600 m<sup>3</sup>/an de gaz.
- de réduire votre dépendance énergétique vis-à-vis des agents énergétiques fossiles (gaz).
- de réduire votre impact sur l'environnement en diminuant les rejet de CO<sub>2</sub> de 21 tonnes/an à 9 tonnes/an.

### Subventions et aides financières :

Nous vous rappelons que les investissements liés à la rénovation des bâtiments permettant une utilisation rationnelle de l'énergie, sont déductibles des impôts. (Prendre contact avec l'Office cantonal des contributions)

### Remarques et conseils:

Les estimations financières permettent de comparer les coûts engendrés pour les options étudiées. Il sera cependant nécessaire d'établir des cahiers des charges précis pour chaque point de l'assainissement afin de connaître le montant de la rénovation en fonction des options choisies.

#### Intervention sur l'enveloppe du bâtiment :

Ces interventions, faisant référence à une réflexion globale sur l'enveloppe du bâtiment et sa durabilité à moyen terme, doivent faire l'objet d'un mandant à un architecte.

#### Intervention sur les installations techniques :

Les interventions et modifications à faire sur les installations techniques doivent être confiées à un bureau d'ingénieurs chauffage. Le bureau ExoTherm reste à votre entière disposition pour la réalisation d'un tel projet ainsi que pour le suivi énergétique et l'optimisation des réglages des installations durant les deux premières années de mise en service.