

1. Analyse en énergie

1.2 Analyses de faisabilité technico-économique

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Département de génie mécanique

Tanguy Lunel, M. Sc.A.

Introduction

- Lorsque vous aurez tout d'abord estimé la faisabilité physique ou technique d'un projet (voir T1.1), fatalement, si vous désirez l'implanter, il faudra le financer.
- Pour arriver à financer un projet, il faut en déterminer la **faisabilité technico-économique**.
- À partir des performances techniques estimées ou mesurées, il faut pouvoir convaincre un client de la rentabilité d'un projet.

Introduction

- Client: privé, public et interne.
 - Le terme client est appliqué ici au sens le plus large – toute personne ou entité qui désire réaliser un projet et vous en confier le mandat.
- Rentabilité: économique, environnementale et sociale.
 - Le terme rentabilité ne se limite pas aux retombées de nature économique.
 - La pondération des critères de rentabilité des projets est de moins en moins calculée de la sorte; 100%,0% et 0%.
 - Il reste du chemin à parcourir et il faut s'attarder à la rentabilité économique qui fait l'objet de cette présentation; l'évaluation de la faisabilité économique.

Introduction



ENR2020

- Des analyses de faisabilité, d'implantation d'énergies renouvelables ou d'efficacité énergétique, peuvent être effectuées pour les secteurs
 - Résidentiel
 - Commercial et institutionnel
 - Industriel
- Ici, le propos, par ailleurs très général et applicable dans une vaste gamme de projets, se limite au chauffage
 - Pourquoi?

Introduction

- Secteur résidentiel

80% → Chaleur

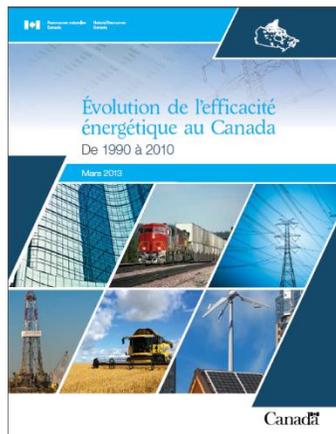
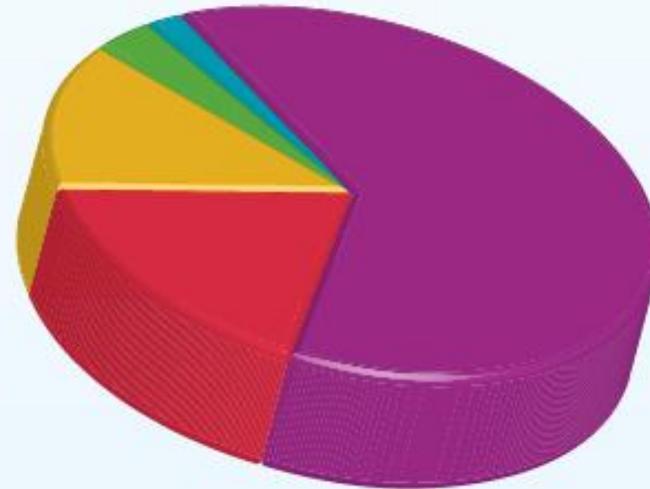


Figure 3.3 – Répartition de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel selon l'utilisation finale, 2010



Questions

- Pourquoi consulter les factures d'énergie ?
- Comment lire une facture d'électricité ?
- Quels types de factures doit-on demander au client ?
- Qu'est-ce qui rend plus compliqué le chauffage électrique lorsqu'il s'agit d'estimer les coûts de chauffage ?
- Comment faire une première analyse de faisabilité?

Introduction

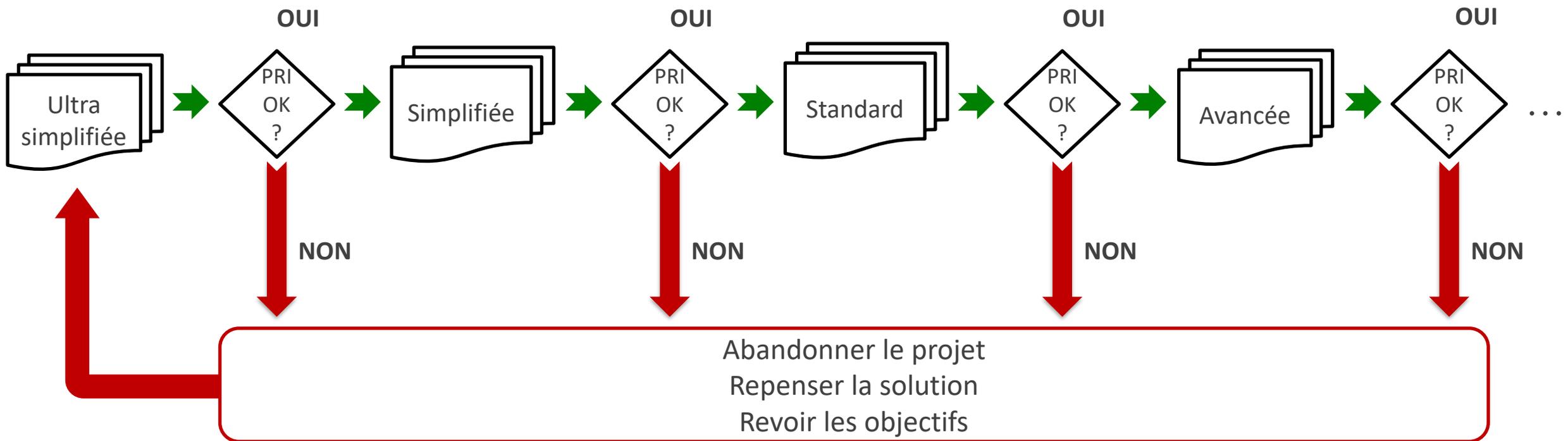
- L'une des premières choses à faire pour le compte d'un client qui désire :
 - effectuer des travaux d'efficacité énergétique
 - implanter une solution de production d'énergie renouvelable
- consiste à faire une étude de faisabilité afin de lui indiquer qu'elle serait la période de retour sur son investissement (PRI).
- Qu'est-ce qui est raisonnable comme PRI?
 - Il y a une infinie de réponses possibles entre 1 an et 15 ans, le plus souvent.

Introduction

- Il faut au départ limiter l'investissement en temps pour effectuer l'analyse;
- On procède donc d'abord en **trois étapes** préliminaires avant d'aborder l'étude qui demande davantage de ressources;
- Puis, si le client trouve que la PRI estimée **grossièrement** correspond à ce qu'il peut envisager...
- ...on passe à une analyse de faisabilité plus complète.

Introduction

- La procédure est incrémentale
- Les méthodes employées sont de plus en plus complexes, mais aussi plus précises



Plan de la présentation

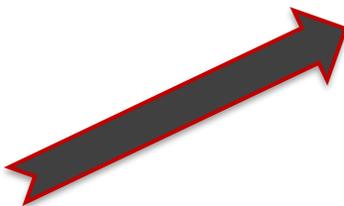
- Lire une facture d'énergie
- Période de Retour sur Investissement (PRI) :
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - Méthode ultra-simplifiée
 - Méthode simplifiée
 - Méthode standard
- Analyse de faisabilité avancée :
 - Actualisation des Valeurs, VAN, TRI, PRI

Plan de la présentation

- ***Lire une facture d'énergie***
- Période de Retour sur Investissement (PRI) :
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - Méthode ultra-simplifiée
 - Méthode simplifiée
 - Méthode standard
- Analyse de faisabilité avancée :
 - Actualisation des Valeurs

Facture d'électricité

Consommation



DÉTAIL DE LA CONSOMMATION

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Numéro de compteur : G4SH1234567

Nouveau relevé	Relevé précédent	Différence	Multiplieur	Consommation
08478	- 08146	= 332	x 80	= 26 560 kilowattheures (kWh)
0,952			x 80	= 76,1 kilowatts (kW)
0,957			x 80	= 76,5 kilovoltampères (kVA)

Puissance



DÉTAIL DE LA PUISSANCE

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Puissance minimale	49,5 kilowatts (kW)
Puissance réelle	76,1 kilowatts (kW)
Puissance apparente	76,5 kilovoltampères (kVA)
90 % de la puissance apparente	68,9 kilowatts (kW)

Facteur de puissance : 99,5 % Facteur d'utilisation : 46,9 %.

Facturation



DÉTAIL DES COÛTS DE L'ÉLECTRICITÉ - TARIF DOMESTIQUE DP

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Puissance à facturer	76,1 kW	
Puissance prévue par le tarif	- 50,0 kW	
Coût de la puissance facturée	26,1 kW x Montant \$ x 31 j ÷ 30	Montant \$

Consommation totale	26 560 kWh	
Jusqu'à X XXX kWh par mois	1 240 kWh x Montant \$	Montant \$
Le reste des kWh	25 320 kWh x Montant \$	Montant \$
Total partiel		Montant \$
TPS (X %)		Montant \$
TVQ (X %)		Montant \$
Total		Montant \$

Facture d'électricité

Calcul de la puissance :

Hydro-Québec facture le maximum entre :

- La puissance minimale : 65% du plus grand appel de puissance pendant l'hiver
- Le plus grand appel de puissance réelle
- 90% du plus grand appel de puissance apparente

Moins la puissance souscrite

Remarque : le facteur de puissance et facteur d'utilisation peuvent servir à améliorer l'efficacité énergétique.

DÉTAIL DE LA CONSOMMATION

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Numéro de compteur : G4SH1234567

Nouveau relevé	Relevé précédent	Différence	Multiplieur	Consommation
08478	- 08146	= 332	x 80	= 26 560 kilowattheures (kWh)
0,952			x 80	= 76,1 kilowatts (kW)
0,957			x 80	= 76,5 kilovoltampères (kVA)

DÉTAIL DE LA PUISSANCE

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Puissance minimale	49,5 kilowatts (kW)
Puissance réelle	76,1 kilowatts (kW)
Puissance apparente	76,5 kilovoltampères (kVA)
90 % de la puissance apparente	68,9 kilowatts (kW)

Facteur de puissance : 99,5 % Facteur d'utilisation : 46,9 %.

DÉTAIL DES COÛTS DE L'ÉLECTRICITÉ - TARIF DOMESTIQUE DP

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Puissance à facturer	76,1 kW	
Puissance prévue par le tarif	- 50,0 kW	
Coût de la puissance facturée	26,1 kW x Montant \$ x 31 j ÷ 30	Montant \$

Consommation totale	26 560 kWh	
Jusqu'à X XXX kWh par mois	1 240 kWh x Montant \$	Montant \$
Le reste des kWh	25 320 kWh x Montant \$	Montant \$
Total partiel		Montant \$
TPS (X %)		Montant \$
TVQ (X %)		Montant \$
Total		Montant \$

Facture d'électricité

Facturation de la puissance :

Hydro-Québec facture la puissance qui dépasse celle prévue par le tarif. Ici le tarif prévoit 50kW.

Facturation de l'énergie consommée:

Hydro-Québec facture par tranche : au-delà d'un certain seuil (les 40 premiers kWh/j, par exemple), le prix du kWh augmente. Plus on consomme, plus on paie cher le kWh.

DÉTAIL DE LA CONSOMMATION

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Numéro de compteur : G4SH1234567

Nouveau relevé	Relevé précédent	Différence	Multiplieur	Consommation
08478	- 08146	= 332	x 80	= 26 560 kilowattheures (kWh)
0,952			x 80	= 76,1 kilowatts (kW)
0,957			x 80	= 76,5 kilovoltampères (kVA)

DÉTAIL DE LA PUISSANCE

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Puissance minimale	49,5 kilowatts (kW)
Puissance réelle	76,1 kilowatts (kW)
Puissance apparente	76,5 kilovoltampères (kVA)
90 % de la puissance apparente	68,9 kilowatts (kW)

Facteur de puissance : 99,5 % Facteur d'utilisation : 46,9 %.

DÉTAIL DES COÛTS DE L'ÉLECTRICITÉ – TARIF DOMESTIQUE DP

Du jj mm aaaa au jj mm aaaa (31 jours)

Puissance à facturer	76,1 kW	
Puissance prévue par le tarif	- 50,0 kW	
Coût de la puissance facturée	26,1 kW x Montant \$ x 31 j ÷ 30	Montant \$

Consommation totale	26 560 kWh	
Jusqu'à X XXX kWh par mois	1 240 kWh x Montant \$	Montant \$
Le reste des kWh	25 320 kWh x Montant \$	Montant \$
Total partiel		Montant \$
TPS (X %)		Montant \$
TVQ (X %)		Montant \$
Total		Montant \$

Facture d'électricité

- Si la facture d'énergie est combinée*, c'est un peu plus difficile de déterminer la part de chauffage d'une facture
 - Pourquoi ?
- La consommation visible sur la facture regroupe alors tous les appareils d'un foyer (ballon d'eau chaude, électroménagers, lampes, ordinateurs...)
 - Il est alors difficile d'estimer la part imputable au chauffage seul.

* Une facture combinée comporte les charges de chauffage ainsi que toutes les autres charges

Facture de combustible

- Coût du combustible (gaz naturel)



Société en commandite Gaz Métro

Service à la clientèle

info@gazmetro.com
 En semaine 8 h à 18 h
 (514) 598-3535 ou 1 800 361-0564 711

En cas d'ODEUR DE GAZ

911 ou 1 800 361-8003 711

Facture émise le 21 NOVEMBRE 2017
Pour la période du 21 OC 2017 au 21 NO 2017
Facture n° 760001184742
Services rendus à

Numéro de compte

Tarif D₁ : Service général



Historique de consommation

Période du	au	Nombre de jours	Volume (m ³)	Montant* (\$)
22 OC 2016	22 NO 2016	32	2 172 R	1 264,67
23 NO 2016	20 DE 2016	28	10 276 R	5 169,48
21 DE 2016	24 JA 2017	35	5 547 R	3 080,78
25 JA 2017	21 FE 2017	28	8 120 R	4 340,47
22 FE 2017	21 MR 2017	28	2 096 R	1 225,02
22 MR 2017	20 AL 2017	30	5 826 R	3 094,43
21 AL 2017	23 MA 2017	33	1 702 R	1 037,14
24 MA 2017	20 JN 2017	28	1 740 R	1 040,34
21 JN 2017	21 JL 2017	31	342 R	254,25
22 JL 2017	22 AU 2017	32	1 889 R	1 096,60
23 AU 2017	21 SE 2017	30	1 050 R	656,75
22 SE 2017	20 OC 2017	29	2 075 R	1 191,10
21 OC 2017	21 NO 2017	32	6 674 R	3 434,22

Total de l'année courante

23 NO 2016	21 NO 2017	364	47 337	25 620,58
------------	------------	-----	--------	-----------

Total de l'année précédente

21 NO 2015	22 NO 2016	368	45 892	30 016,50
------------	------------	-----	--------	-----------

Calcul du montant à payer

Détails du solde précédent	Montant(s) dû(s)
Solde facture précédente - émise le 20 OC 2017	1 191,10 \$
Paielement reçu le 09 NO 2017 - Merci	1 191,10 \$ _{cr}

Solde précédent **0,00 \$**

Détails du montant courant

Montant facturé pour la période du 21 OC 2017 au 21 NO 2017	
Volume facturé: 6 674 m ³ (voir verso)	2 986,92 \$
TPS (Gaz Métro n° 121411813)	149,35 \$
TVQ (Gaz Métro n° 1010997280)	297,95 \$
Total	3 434,22 \$

Facture de combustible

- Coût du combustible (gaz naturel)



Pensez à entretenir vos appareils

Confiez l'entretien de vos appareils à gaz naturel à des professionnels certifiés, tels que Gaz Métro Plus ou un Partenaire certifié Gaz Métro.

gazmetro.com

Montant courant - Échéance 08 DÉCEMBRE 2017 3 434,22 \$

Montant total à payer 3 434,22 \$

Informations supplémentaires au verso. Copie à conserver pour vos dossiers.

Détacher et retourner avec votre paiement.



07812540008 0000343422 1

Numéro de compte

Société en commandite Gaz Métro

Services rendus au

S
S

000855

Solde précédent 0,00 \$

Date d'échéance 8 DÉCEMBRE 2017 Montant courant 3 434,22 \$

Montant total à payer

3 434,22 \$

Montant payé

018670001

96

Facture de combustible

- Coût du combustible (gaz naturel)

A Calcul du volume facturé

Selon le relevé réel au 21 NO 2017

N° de l'appareil de mesurage	Date relevé courant/précédent	Relevé courant/précédent	Volume	Facteur de conversion 100 pi³	Facteur de correction m³ (pression)	Multiplicateur	Volume (m³)	Facteur de correction (pouvoir calorifique)	Volume facturé (m³)
36575124	21 NO 2017 / 21 OC 2017	60679 - 59287	= 1392	X 2,826235	X 1,675672	X 1	= 6592	X 38,358 / 37,890	= 6674

B Détail du calcul du montant facturé

	Volume	Taux	Montant(s)	
Gaz naturel fourni				
Gaz naturel destiné à alimenter les appareils à l'adresse de service	6 674 m³	X 12,23839 ¢/m³ =	816,79 \$	27%
Transport				
Acheminement du gaz naturel jusqu'au territoire de Gaz Métro	6 674 m³	X 3,80806 ¢/m³ =	254,15 \$	9%
Équilibrage				
Gestion des variations entre les volumes d'hiver et d'été	6 674 m³	X 5,46500 ¢/m³ =	364,73 \$	12%
Ajustements reliés aux inventaires				
Fluctuation des prix et coûts pour le maintien du ou des inventaires	6 674 m³	X 0,69823 ¢/m³ =	46,60 \$	2%
Système de plafonnement et d'échange de droit d'émission				
Coût de droit d'émission relatif à la combustion du gaz naturel	6 674 m³	X 3,48187 ¢/m³ =	232,38 \$	8%
Distribution : Tarif D₁ - Service général décision D-2017-109				
Acheminement du gaz naturel dans le réseau de Gaz Métro jusqu'à l'adresse de service				
Frais de base pour 1 compteur(s)	32 jours	X 131,52800 ¢/jour =	42,09 \$	
Prix au volume facturé	30 premiers m³/jour	X 32 jours X 960 m³ X 27,09500 ¢/m³ =	260,11 \$	
	70 m³/jour suivants	X 32 jours X 2 240 m³ X 18,50200 ¢/m³ =	414,44 \$	
	Les autres m³	X 3 474 m³ X 15,99400 ¢/m³ =	555,63 \$	
Total de la distribution			1 272,27 \$	43%

Facture de combustible

- Coût du combustible (propane)

DATE	DEBUT 23/12/16	08:16:20
	FIN 23/12/16	08:34:49
PLAN D'URGENCE TRANSPORTS CANADA N° DE RÉFÉRENCE 2-1220	# ACCES - LIVR. NON CEDULEE	1513243.
LES RÉSERVOIRS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE BELL-GAZ LTÉE	VOL. NET LITRES AU DEBUT	0.0
	VOL. NET LITRES A LA FIN	2701.3
CONDITIONS: Net 10 jours de la date de la facture. Pénalité de 2% par mois, (24% par année) composé mensuellement, appliquée à tout montant impayé à l'échéance, plus les frais de perception, s'il y a lieu. Ce taux peut changer en tout temps.	# BILLET	2340.
	# VENTE	2332.
	# CAMION	607.
	# DU CHAUFFEUR	7064.
	CODE DE PRODUIT	1
PROCHAINE LIVRAISON	PRODUCT DESCRIPTION	PROPANE EN VRAC
	PRIX AU LITRE	\$.4589
	TOTAL AVANT TAXES	\$ 1239.63
	TPS % 5.0000	\$ 61.98
	TVQ % 9.9750	\$ 123.65
	TOTAL DES TAXES	\$ 185.63
	PRIX TAXE INCL.	\$ 1425.26
	TOTAL A PAYER	\$ 1425.26
N° T.P.S.: 898089263	54.03	
N° T.V.Q.: 1019630516	1391.23	
FACTURE	35809-51943	
N° DE FACTURE 389209	VOLUME CORRIGÉ À 15° C	

LE PRIX AU LITRE EST SUJET À CHANGEMENT SANS PRÉAVIS.

DATE	CODE CLIENT	1513243
	CAMION	05-06
	CHAUFFEUR	7083
PLAN D'URGENCE TRANSPORTS CANADA N° DE RÉFÉRENCE 2-1220	DEBUT 01/17/17	13:53:03
	FIN 01/17/17	14:03:28
LES RÉSERVOIRS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE BELL-GAZ LTÉE	# ACCES	1.
CONDITIONS: Net 10 jours de la date de la facture. Pénalité de 2% par mois, (24% par année) composé mensuellement, appliquée à tout montant impayé à l'échéance, plus les frais de perception, s'il y a lieu. Ce taux peut changer en tout temps.	VOL. NET LITRES AU DEBUT	0.0
	VOL. NET LITRES A LA FIN	828.7
	VOLUME CORRIGÉ À 15° C	
	# BILLET	25856.
	# VENTE	25619.
	# CAMION	5.
	# COMPTEUR	1.
	CODE DE PRODUIT	1.
	PRODUIT: PROPANE	LPG
	* PLUSIEURS LIVRAISONS AU MEME ENDROIT *	
PROCHAINE LIVRAISON	Propane en vrac	
	828.70 X \$0.4735	\$392.39
	TOTAL AVANT TAXES	\$392.39
	TPS 0.050000	\$19.62
	TVQ 0.099750 #2	\$39.14
	TOTAL	\$451.15
N° T.P.S.: 898089263	03877-49255	
N° T.V.Q.: 1019630516	VOLUME CORRIGÉ À 15° C	
FACTURE		
N° DE FACTURE 394432		

LE PRIX AU LITRE EST SUJET À CHANGEMENT SANS PRÉAVIS.

Facture d'électricité

- Facture d'électricité combinée, exemple résidentiel 2017



Facture

Numéro de client

Numéro de compte

Numéro de contrat

Page
1 de 1

Calcul de votre consommation pour la période du 2017-10-16 au 2017-11-15

Compteur	Relevés		Différence	Multiplicateur	Consommation
	Nouveau	Précédent			
G4SH0021893	03636	03524	112	80	8 960 kWh R
	0,466			80	37,2 kW** R
	0,506			80	40,4 kVA*** R

R : Réel E : Estimé ** Puissance réelle *** Puissance apparente

À titre d'information

Facteur de puissance	92,1 %
Facteur d'utilisation	32,4 %

Les branches d'arbres trop longues causent souvent des pannes. Ne les coupez surtout pas vous-même, car vous pourriez vous électrocuter. Pour effectuer une demande d'élagage/abattage, rendez-vous au hydroquebec.com/arbres ou communiquez avec les services à la clientèle.

État de votre compte au 16 novembre 2017

Paiement effectué le 6 novembre 2017. Merci.

- 955,08\$

Montant en souffrance	0,00 \$
Montant de la présente facture	896,95 \$
Montant total de votre compte	896,95 \$

Facture du 16 novembre 2017

Pour la période du 2017-10-16 au 2017-11-15 au tarif domestique D pour 31 jour(s)

Redevance d'abonnement (Voir la définition au verso.)	31 jour(s) x 0,4064 \$	12,60 \$
Puissance apparente	40,4 kVA	
90 % de la puissance apparente	36,4 kW	
Puissance réelle	37,2 kW	
Consommation	8 960 kWh	
Les 33 premiers kWh par jour	1 023 kWh x 0,0582 \$	59,54 \$
Le reste de la consommation	7 937 kWh x 0,0892 \$	707,98 \$
	Sous-total	780,12 \$
N° TPS : 11944 9775 RT0001	TPS (5,0 %)	39,01 \$
N° TVQ : 1000042605 TQ0020	TVQ (9,975 %)	77,82 \$
➔ Ce montant sera prélevé le 7 décembre 2017.		896,95 \$

Cette consommation électrique est celle du client qui chauffe au GN.

Facture d'électricité

- Facture d'électricité combinée, exemple résidentiel 2017

Services à la clientèle

CP 11003 SUCC CENTRE VILLE
Montréal QC H3C 4T3
www.hydroquebec.com

Facturation et service : 1 888 385 7252

Télécopieur : 1 888 448 6170
Pannes et bris : 1 800 790 2424
Efficacité énergétique : 1 800 363 7443



012510

56

(G)

Consommations antérieures

Du	Au	Jours	kWh	Moyenne kWh / j (taxes comprises)	Montant
2017-04-16	2017-05-15	30	7 440 R	248	741,76 \$
2017-05-16	2017-06-15	31	11 600 R	374	1 167,70 \$
2017-06-16	2017-07-15	30	9 280 R	309	930,47 \$
2017-07-16	2017-08-15	31	5 840 R	188	576,97 \$
2017-08-16	2017-09-15	31	13 040 R	421	1 315,38 \$
2017-09-16	2017-10-15	30	9 520 R	317	955,08 \$
Total		183	56 720	310	5 687,36 \$
2017-10-16	2017-11-15	31	8 960 R	289	896,95 \$

Détacher ce coupon et retourner avec votre paiement.
Cette facture peut être réglée dans les établissements financiers autorisés.

Payer en retard entraîne des frais d'administration calculés au taux mensuel de 1,2 % (14,4 % par année) à partir de la date d'échéance.

Conserver cette partie pour vos dossiers.
Renseignements importants au verso.

R : Réel E : Estimé

Ne pas agraffer. Merci.

Numéro de compte

299 027 410 768

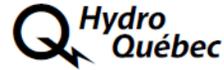
➔ Ce montant sera prélevé le 7 décembre 2017.

896,95 \$

La consommation varie de manière particulière !

Facture d'électricité

- Facture d'électricité combinée (exemple résidentiel 2019)



Numéro de compte Numéro de facture Numéro de client Page

DÉTAIL DE LA CONSOMMATION
Du 2 août 2019 au 30 septembre 2019 (60 jours)

Numéro de compteur

Nouveau relevé	Relevé précédent	Différence	Consommation
18465	- 16562	= 1903	= 1 903 kilowattheures (kWh)

DÉTAIL DES COÛTS – TARIF DOMESTIQUE D
Du 2 août 2019 au 30 septembre 2019 (60 jours)

	1 903 kWh	
Consommation totale	1 903 kWh	
Jusqu'à 40 kWh par jour	1 903 kWh x 0,0608 \$	115,70 \$
Frais d'accès au réseau	60 j x 0,4064 \$	24,38 \$
Total partiel		140,08 \$
TPS (5,0 %)		7,00 \$
TVQ (9,975 %)		13,97 \$
Total des coûts de l'électricité		161,05 \$

Comparaison à l'an dernier

Du 2018-07-27 au 2018-09-26	Du 2019-08-02 au 2019-09-30
62 jours	60 jours
2 154 kWh	1 903 kWh
34,7 kWh/j	31,7 kWh/j
18 °C	16 °C
175,34 \$	161,05 \$

Vous avez consommé moins, en moyenne, par jour. Plus d'info ? Voyez le portrait de votre consommation dans votre Espace client.

HISTORIQUE DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Du	Au	Jours	kWh	Moyenne (kWh/j)	Temp. ext. moyenne	Montant (taxes comprises)
2019-08-02	2019-09-30	60	1 903 Réelle	31,7	16 °C	161,05 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1 749 Réelle	29,6	19 °C	149,84 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	3 763 Réelle	59,7	7 °C	339,65 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	7 398 Réelle	125,4	-8 °C	725,07 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	9 788 Réelle	150,6	-10 °C	970,36 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	5 519 Réelle	87,6	2 °C	524,44 \$
TOTAL		369	30 120			2 870,41 \$

Facture d'électricité

- Facture d'électricité combinée (exemple résidentiel 2019)

DÉTAIL DE LA CONSOMMATION
Du 2 août 2019 au 30 septembre 2019 (60 jours)

Numéro de compteur : G9SJ3257334

Nouveau relevé	Relevé précédent	Différence	Consommation
18465	- 16562	= 1903	= 1 903 kilowattheures (kWh)

DÉTAIL DES COÛTS – TARIF DOMESTIQUE D
Du 2 août 2019 au 30 septembre 2019 (60 jours)

Consommation totale	1 903 kWh	
Jusqu'à 40 kWh par jour	1 903 kWh x 0,0608 \$	115,70 \$
Frais d'accès au réseau	60 j x 0,4064 \$	24,38 \$
Total partiel		140,08 \$
TPS (5,0 %)		7,00 \$
TVQ (9,975 %)		13,97 \$
Total des coûts de l'électricité		161,05 \$



Le tarif D bas en 2019 était de 0,0608\$/kWh (1ere tranche)

Le tarif D haut en 2019 était de 0,0938\$/kWh (2^e tranche)

Le seuil de changement tarifaire en 2019 était de 40 kWh/j en moyenne sur la période

Les frais d'accès au réseau ou redevance d'abonnement en 2019 étaient de 0,4064\$/j

Facture d'électricité

- Facture d'électricité combinée (exemple résidentiel, 2019)

HISTORIQUE DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Du	Au	Jours	kWh	Moyenne (kWh/j)	Temp. ext. moyenne	Montant (taxes comprises)
2019-08-02	2019-09-30	60	1 903 Réelle	31,7	16 °C	161,05 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1 749 Réelle	29,6	19 °C	149,84 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	3 763 Réelle	59,7	7 °C	339,65 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	7 398 Réelle	125,4	-8 °C	725,07 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	9 788 Réelle	150,6	-10 °C	970,36 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	5 519 Réelle	87,6	2 °C	524,44 \$
TOTAL		369	30 120			2 870,41 \$

- Comment estimer la part de chauffage?

Facture d'électricité

- Facture d'électricité combinée (exemple résidentiel, 2019)

Comparaison à l'an dernier

Du 2018-07-27 au 2018-09-26	Du 2019-08-02 au 2019-09-30
62 jours	60 jours
2 154 kWh	1 903 kWh
34,7 kWh/j	31,7 kWh/j
18 °C	16 °C
175,34 \$	161,05 \$



- Pourquoi cette différence?

Facture d'électricité

- Facture d'électricité musclée (exemple industriel, 2008)

Services fournis à

Numero de compte

Date de la facture

Le 1er février 2008

Pour la période

du				au				nombre de jours
ans	mois	jour	heure	ans	mois	jour	heure	
2008	01	01	00h00	2008	02	01	00h00	31

Service - Tarif L

Informations générales

Numero d'appareil de mesurage : P37E 0000044

Date	Du	Au	Nombre d'heures	Puissance à facturer	Facteur de puissance	Consommation	Taux de facturation
1	2008-01-01 00h00	2008-02-01 00h00	744,00 h	5 752,9 kW	95,0 %	2 318 971,8 kWh	54,2 %

Détails de la partie 1

Période débutant le 2008-01-01 à 00h00 jusqu'au 2008-02-01 à 00h00

Nombre d'heures : 744,00 h

Établissement de la puissance à facturer :

Puissance souscrite en vigueur :	5 350,0 kW	le 2007-08-13 à 00h00
Puissance réelle maximale :	5 752,9 kW	le 2008-01-24 à 23h30
Puissance apparente maximale : 6 054,8 kVA X 95 % :	5 752,1 kW	le 2008-01-23 à 09h15

Prime de puissance :	5 752,9 kW X 11,9700 \$ X 744,00 h / 720 h	71 157,02 \$
Crédit d'alimentation :	5 752,9 kW X 0,88200 \$ X 744,00 h / 720 h	-5 243,19 \$
Rajustement pour pertes de transformation :	5 752,9 kW X 0,14680 \$ X 744,00 h / 720 h	-884,57 \$
Consommation :	2 318 971,8 kWh X 0,02810 \$	65 163,11 \$

Total reporté sur le sommaire de la facture : 130 192,97 \$

Factures antérieures - Tarif L

Date de début	Puissance kW	Puissance kVA	Puissance souscrite	Puissance facturée	Consommation kWh	Facteur d'utilisation	Facteur de puissance	Montant avant taxes	Nombre d'heures	¢ / kWh
2007-12-01	5 770,5	5 988,6	5 350,0	5 770,5	1 969 300,4	45,9 %	96,4 %	120 566,15 \$	744,00	6,12 ¢
2007-11-01	5 764,7	6 036,9	5 350,0	5 764,7	2 407 381,2	57,9 %	95,5 %	130 796,20 \$	721,00	5,43 ¢
2007-10-01	5 757,3	6 059,9	5 350,0	5 757,3	2 507 764,5	58,5 %	95,0 %	135 547,78 \$	744,00	5,41 ¢
2007-09-01	5 777,4	6 039,2	5 350,0	5 777,4	2 397 959,7	57,6 %	95,7 %	130 582,80 \$	720,00	5,45 ¢
2007-08-13	5 782,8	5 989,9	5 350,0	5 782,8	1 617 333,4	61,3 %	96,5 %	85 511,24 \$	456,00	5,29 ¢
	5 782,8	6 059,9			10 899 739,2	55,8 %	95,8 %	603 004,17 \$	3 385,00	4,82 ¢

Factures antérieures - Tarif M

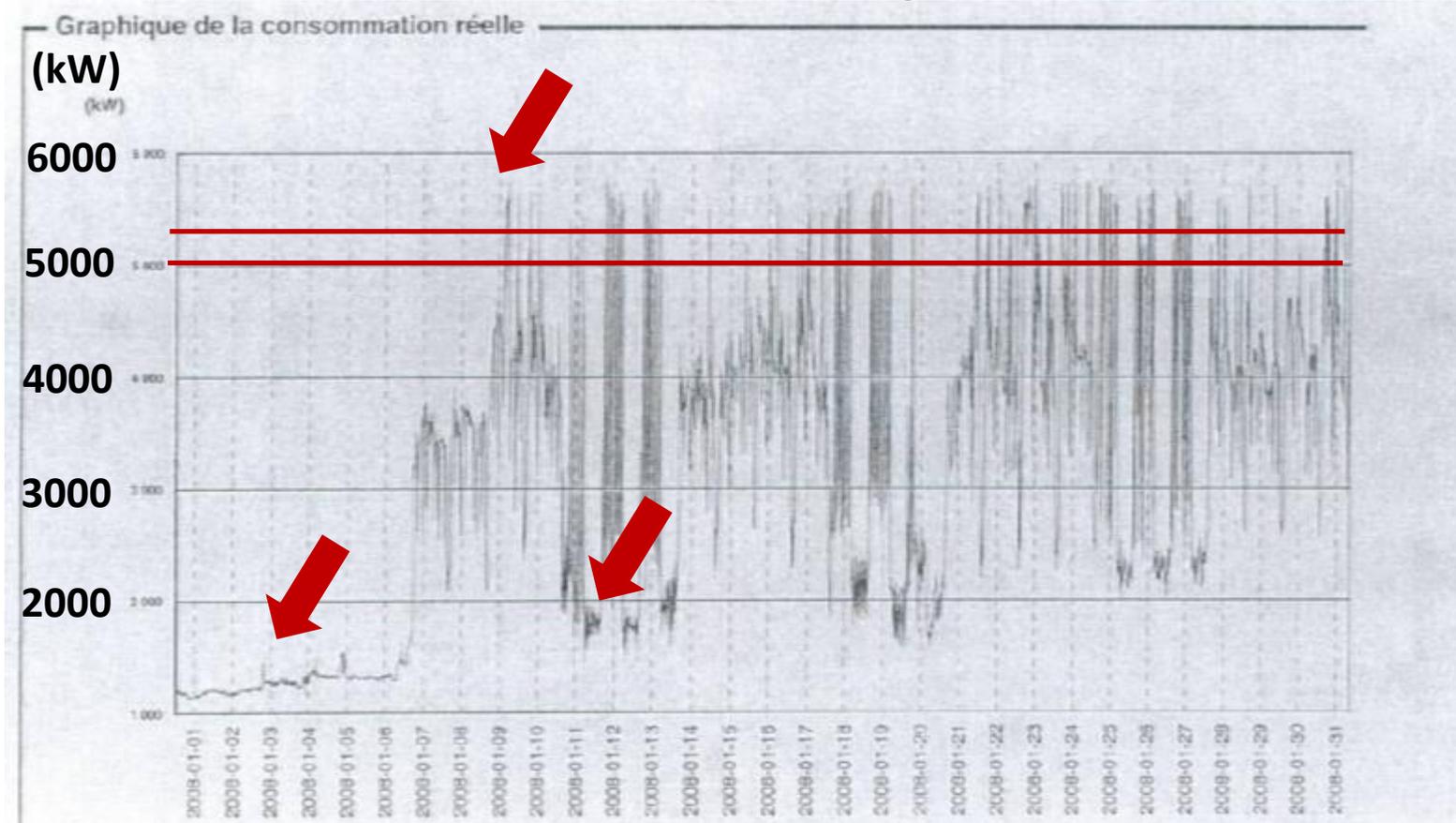
Date de début	Puissance kW	Puissance kVA	Puissance souscrite	Puissance facturée	Consommation kWh	Facteur d'utilisation	Facteur de puissance	Montant avant taxes	Nombre d'heures	¢ / kWh
2007-08-01	1 769,5	1 979,1	1 000,0	1 781,2	336 347,4	65,6 %	89,4 %	19 403,04 \$	298,00	5,77 ¢
2007-07-27	1 768,2	1 879,7	1 000,0	1 768,2	133 794,4	74,4 %	94,1 %	7 253,13 \$	101,75	5,42 ¢
	1 769,5	1 979,1			470 141,8	67,9 %	90,6 %	26 656,17 \$	389,75	2,83 ¢

Factures antérieures - Tarif L

Date de début	Puissance kW	Puissance kVA	Puissance souscrite	Puissance facturée	Consommation kWh	Facteur d'utilisation	Facteur de puissance	Montant avant taxes	Nombre d'heures	¢ / kWh
2007-07-01	5 798,3	6 067,9	5 350,0	5 798,3	2 199 878,7	59,1 %	95,6 %	116 395,92 \$	642,25	5,38 ¢
2007-06-01	5 785,4	6 104,2	5 350,0	5 799,0	2 394 014,7	57,3 %	94,8 %	130 708,23 \$	720,00	5,46 ¢
2007-05-01	5 773,6	6 050,4	5 350,0	5 773,6	2 487 739,8	57,9 %	95,4 %	135 169,34 \$	744,00	5,43 ¢
2007-04-01	5 779,7	6 063,0	5 350,0	5 779,7	2 449 913,6	58,9 %	95,3 %	132 067,86 \$	720,00	5,39 ¢
2007-03-01	5 754,6	6 019,9	5 350,0	5 754,6	2 373 241,2	55,5 %	95,6 %	129 345,33 \$	743,00	5,45 ¢
2007-02-01	5 775,9	6 038,6	5 350,0	5 775,9	2 297 921,1	59,2 %	95,6 %	121 350,69 \$	672,00	5,28 ¢
2007-01-01	5 772,6	6 033,8	5 350,0	5 772,6	2 240 260,2	52,2 %	95,7 %	125 939,87 \$	741,00	5,62 ¢
	5 798,3	6 104,2			16 442 969,3	57,1 %	95,4 %	893 027,04 \$	4 985,25	4,79 ¢

Facture d'électricité

- Facture d'électricité musclée (exemple industriel, 2008)



Janvier 2008

En résumé



ENR2020

- Facture électrique combinée commune au Québec
 - Chauffage
 - Autres charges
- Facture de combustible
 - Gaz naturel
 - Propane
 - Fioul ou mazout (diesel)
- Autres combustibles (biomasse)
 - Certaines industries chauffent au bois en plus de l'employer pour les procédés.
 - Quelque 10% des résidences chauffent au bois

Pourquoi aborder les factures d'énergie dans ce cours?

Plan de la présentation

- Lire une facture d'énergie
- ***Période de Retour sur Investissement (PRI) :***
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - Méthode ultra-simplifiée
 - Méthode simplifiée
 - Méthode standard
- Analyse de faisabilité avancée :
 - Actualisation des Valeurs

Estimé des coûts d'énergie

- Factures de combustible et d'électricité séparées
 - Souvent simple, car le chauffage est assumé par le combustible.
- Factures d'électricité seulement
 - Souvent assez simple, car il n'y a qu'un seul compteur par site;
 - Il faut cependant tenter de déterminer la part de chauffage, d'éclairage, de climatisation, etc. en fonction des améliorations que l'on désire effectuer.

Plan de la présentation

- Lire une facture d'énergie
- ***Période de Retour sur Investissement (PRI) :***
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - ***Méthode ultra-simplifiée***
 - Méthode simplifiée
 - Méthode standard
- Analyse de faisabilité avancée
 - Actualisation des Valeurs

PRI : Méthode ultra simplifiée

- Cette méthode consiste à évaluer **rapidement** le potentiel d'une solution \Rightarrow « grandes approximations ».
- Prenons le cas de la rénovation du système de chauffage d'un foyer chauffé à l'électricité.

Dans ce qui suit:

CAPEX – Capital expenditure

OPEX – Operational expenditure

PRI : Méthode ultra simplifiée

- On peut, dans un premier temps, considérer que la rénovation diminuera **TOTALEMENT** la facture d'électricité
 - cela n'est pas réaliste;
 - le système de remplacement coûtera de l'argent à opérer même s'il est plus économique;
 - la facture d'électricité prend en compte la consommation électrique hors chauffage.

PRI : Méthode ultra simplifiée

- Exemple d'une résidence no.1
 - Facture totale d'électricité : 2 000 \$/an;
 - Période retour sur investissement (PRI ou pay-back) acceptable par votre client de 5 ans;
 - Alors, le budget total pièces et main-d'œuvre ne pourra pas dépasser les 10 000\$ **maximum**.

$$\text{Budget maximum : } (2000,00\$/an) \times (5ans) = 10\ 000\$$$

PRI : Méthode ultra simplifiée

- Cette méthode permet de rejeter un nouveau système ou de passer à une méthode plus approfondie;
- Une solution qui n'est pas viable dans ce cas idéal ne le sera ***jamais*** dans un cas réaliste;
- Dans l'exemple précédent, si on arrive à remplacer le système actuel par un système à 10 000\$, la PRI sera ***forcément plus longue que 5 ans.***

PRI : Méthode ultra simplifiée

- Exemple d'un commerce au gaz naturel no.1
 - Un client paie 0,70\$ le mètre cube de gaz. Il a consommé 35 000 m³ de gaz l'année dernière. Il désire un *payback* de 4 ans maximum;
 - Quel est son budget maximum pour le nouveau système ?

Budget maximum : $(35000m^3 / an) \times (0,7\$/m^3) \times (4ans) = 98\ 000\ \$$

PRI: Méthode ultra simplifiée

- Exemple de la ferme au gaz naturel
 - On veut vendre une chaudière à la biomasse au client en GN. Quelle est l'envergure du budget disponible pour implanter ce projet?

Total de l'année courante		
23 NO 2016	21 NO 2017 364	25 620,58
	47 337	
Total de l'année précédente		
21 NO 2015	22 NO 2016 368	30 016,50
	45 892	

PRI: Méthode ultra simplifiée

- Exemple de la ferme au gaz naturel
 - Le client paie (environ) 25 000\$/an pour 47 400 m³ de gaz;
 - Si on suppose que le nouveau système lui permettra une économie **TOTALE** et qu'il désire un *payback* de **5** ans, il disposerait de 125 000\$ de budget équipement, main d'œuvre, mise en route et opération (coût de la biomasse conditionnée, livrée et entreposée).

Ne jamais oublier qu'une conversion à la biomasse implique la construction d'un espace de stockage dont le volume peut être très important et que l'approvisionnement de l'équipement induit aussi des coûts de main-d'oeuvre.

PRI: Méthode ultra simplifiée

- Exemple d'une résidence no.2
 - On veut vendre un nouveau système de chauffage au client résidentiel. Quelle est l'envergure du budget disponible pour implanter ce projet?

HISTORIQUE DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Du	Au	Jours	kWh	Moyenne (kWh/j)	Temp. ext. moyenne	Montant (taxes comprises)
2019-08-02	2019-09-30	60	1 903 Réelle	31,7	16 °C	161,05 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1 749 Réelle	29,6	19 °C	149,84 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	3 763 Réelle	59,7	7 °C	339,65 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	7 398 Réelle	125,4	-8 °C	725,07 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	9 788 Réelle	150,6	-10 °C	970,36 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	5 519 Réelle	87,6	2 °C	524,44 \$
TOTAL		369	30 120			2 870,41 \$

PRI: Méthode ultra simplifiée

- En 2019, le client payait 2 900\$/an (TTC*) pour 30 000 kWh d'électricité au total;
- Si on suppose que le nouveau système lui permettrait une économie **TOTALE** et qu'il désire un *payback* de 5 ans, il disposerait de 14 500\$ (TTC) de budget équipement, main d'œuvre, mise en route et opération;
- Pour info, une PAC avec champ géothermique coûte au minimum 20 000\$ voire 30 000\$ hors taxes (HT).

* Notez que la facture comporte le montant des taxes et DONC dans cet exemple le budget disponible aussi.

PRI: Méthode ultra simplifiée

- Exemple d'une résidence no.2b
 - On propose de remplacer l'unité de chauffage central à l'électricité par une pompe à chaleur (5 500\$) et un champ géothermique (18 000\$), montants hors-taxe;
 - Quelle est alors la PRI estimée selon la méthode dite *ultra simplifiée*?

PRI: Méthode ultra simplifiée

- Solution

- On a donc un investissement total (CAPEX) de 5 500\$ (PAC) + 18 000\$ (champ géothermique) = 23 500\$;
- Coût total de l'électricité économisé (Différence des OPEX) : 2 870,41\$;
- Coût total sans les taxes : $\frac{2\,870,41}{1.15} = 2\,496,01\ \$$;
- PRI ultra simplifiée : $\frac{23\,500\$}{2\,496,01\ \$/an} = 9.42\ \text{ans}$

NOTE: ici la différence des OPEX égale la consommation (OPEX original), car les nouveaux frais de fonctionnement (OPEX final) sont **négligés (ultra simplifiée!)**.

NOTE: je vous mets au défi de me trouver une soumission pour une PAC géothermique de 2,5 tonnes à moins de 25 000\$.

Plan de la présentation

- Lire une facture d'énergie
- ***Période de Retour sur Investissement (PRI) :***
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - Méthode ultra-simplifiée
 - ***Méthode simplifiée***
 - Méthode standard
- Analyse de faisabilité avancée
 - Actualisation des Valeurs

PRI: Méthode simplifiée

- Le changement d'un type de chauffage entraînera des coûts non seulement d'immobilisation (investissement ou CAPEX), mais aussi plusieurs autres frais;
- Quels sont-ils?

RAPPEL: dans cette présentation la discussion se limite au cas du chauffage d'une résidence, d'un commerce, d'une institution ou d'une usine. Toutefois, cette technique d'analyse incrémentale s'applique à tous les projets d'ingénierie énergétique qui comporte de l'efficacité énergétique et/ou l'implantation d'un système de production d'énergie renouvelable.

PRI: Méthode simplifiée

- Pour obtenir une estimation de la PRI simplifiée beaucoup plus réaliste, deux options sont proposées dans ce cours:
 - L'une basée sur les **coûts de l'électricité** de la résidence;
 - L'autre basée sur la **consommation électrique**.
- Ces approches permettent une comparaison et *de facto* une vérification;
- Ces deux approches arrivent à des constats similaires.

PRI: Méthode simplifiée

- Ces deux approches sont basées sur les mêmes hypothèses:
 - Dans la consommation détaillée bimensuelle (page suivante), la période du 2019-06-04 au 2019-08-01 est une période où la résidence **ne chauffe pas du tout** (hypothèse probablement fausse);
 - La consommation pour cette période représente TOUTES les charges SAUF le chauffage;
 - Cette consommation HORS chauffage est **constante** sur toute l'année (hypothèse strictement fausse).
 - Remarque : l'été est aussi propice aux vacances, à l'utilisation de climatisation ou bien une utilisation plus faible de l'électronique. Cela peut certainement fausser l'estimation.

PRI: Méthode simplifiée

- Une résidence unifamiliale exclusivement alimentée en électricité possède un profil de consommation d'énergie tel que représenté ci-dessous (données 2019).

Période pour laquelle il n'y a pas de chauffage	Consommation d'électricité			Coûts de l'électricité et du service TTC		
	Du	Au	Jours	kWh	Moyenne (kWh/j)	Temp. ext. moyenne
2019-08-02	2019-09-30	60	1 903 Réelle	31,7	16 °C	161,05 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1 749 Réelle	29,6	19 °C	149,84 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	3 763 Réelle	59,7	7 °C	339,65 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	7 398 Réelle	125,4	-8 °C	725,07 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	9 788 Réelle	150,6	-10 °C	970,36 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	5 519 Réelle	87,6	2 °C	524,44 \$
TOTAL			369	30 120		2 870,41 \$

Le tarif D bas en 2019 était de 0,0608\$/kWh

Le tarif D haut en 2019 était de 0,0938\$/kWh

Le seuil de changement tarifaire en 2019 était de 40 kWh/j en moyenne

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée no.1 : coûts de l'électricité
 - Calculer le coût de chauffage (incluant la redevance d'abonnement) sans taxe (colonne 5)
 - Soustraire le coût pour la période la moins chère des 5 autres périodes (colonne 6)

Nombre de jours	kWh TOTAL	kWh/j Moyenne	Coûts totaux TTC	Coûts totaux HT	Coût chauffage Facture
60	1903	31,7	161,05 \$	140,04 \$	9,75 \$
59	1749	29,6	149,84 \$	130,30 \$	- \$
63	3763	59,7	339,65 \$	295,35 \$	165,05 \$
59	7398	125,4	725,07 \$	630,50 \$	500,20 \$
65	9788	150,6	970,36 \$	843,79 \$	713,50 \$
63	5519	87,6	524,44 \$	456,03 \$	325,74 \$
	30120		2 870,41 \$	2 496,01 \$	1 714,23 \$

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée no.1 : coûts de l'électricité
 - Le coût de l'électricité consommée pour le chauffage (1714,23\$) représente alors 69% du coût total d'électricité annuel (2496,01\$).
 - PRI simplifiée : $\frac{23\,500\$}{1\,714,23\$/an} = 13,71 \text{ ans (9,42 ans, ultra simplifiée)}$

Nombre de jours	kWh TOTAL	kWh/j Moyenne	Coûts totaux TTC	Coûts totaux HT	Coût chauffage Facture
60	1903	31,7	161,05 \$	140,04 \$	9,75 \$
59	1749	29,6	149,84 \$	130,30 \$	- \$
63	3763	59,7	339,65 \$	295,35 \$	165,05 \$
59	7398	125,4	725,07 \$	630,50 \$	500,20 \$
65	9788	150,6	970,36 \$	843,79 \$	713,50 \$
63	5519	87,6	524,44 \$	456,03 \$	325,74 \$
	30120		2 870,41 \$	2 496,01 \$	1 714,23 \$

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée no.1 : coûts de l'électricité
 - En effectuant une hypothèse plausible sur la part d'électricité qui ne concerne PAS le chauffage, on obtient une PRI de plus de 13 ans par rapport à un premier estimée de 9,5 ans;
 - Après 13 ans, il est plus que probable que la pompe à chaleur doive être changée;
 - Note: Une légère erreur est induite par le fait que les frais d'accès au réseau (redevance d'abonnement) ne sont pas constants pour toutes les périodes de facturation (59 à 65 jours). Mais cela ne change pas le résultat en termes d'interprétation.

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée no.2 : consommation d'électricité
 - Calculer la consommation permise **en deçà** de la limite prescrite pour bénéficiaire du tarif réduit (#jours X 40 kWh/j, Colonne 4).
 - Calculer la consommation réelle **au-delà** de la limite prescrite pour bénéficiaire du tarif réduit (Colonne 5 = Colonne 2 – Colonne 4)

Nombre de jours	kWh TOTAL	kWh/j Moyenne	kWh tarif bas	kWh tarif haut	kWh Autres	kWh chauffage	tarif haut KWh chauffage	tarif bas KWh chauffage	Coût chauffage Consommation
60	1903	31,7	2400	0	1749	154	0	154	9,36 \$
59	1749	29,6	2360	0	1749	0	0	0	- \$
63	3763	59,7	2520	1243	1749	2014	1243	771	163,47 \$
59	7398	125,4	2360	5038	1749	5649	5038	611	509,71 \$
65	9788	150,6	2600	7188	1749	8039	7188	851	725,98 \$
63	5519	87,6	2520	2999	1749	3770	2999	771	328,18 \$
	30120				10494	19626	16468	3158	1 736,70 \$

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée no.2 : consommation d'électricité
 - Soustraire la charge pour la période estivale (C6) des 5 autres périodes pour obtenir la charge de chauffage estimée (Colonne 7)
 - Indiquer la consommation payée à haut tarif (Colonne 8).
 - Calculer la consommation payée à bas tarif (C9=C7-C8).

Nombre de jours	kWh TOTAL	kWh/j Moyenne	kWh tarif bas	kWh tarif haut	kWh Autres	kWh chauffage	tarif haut KWh chauffage	tarif bas KWh chauffage	Coût chauffage Consommation
60	1903	31,7	2400	0	1749	154	0	154	9,36 \$
59	1749	29,6	2360	0	1749	0	0	0	- \$
63	3763	59,7	2520	1243	1749	2014	1243	771	163,47 \$
59	7398	125,4	2360	5038	1749	5649	5038	611	509,71 \$
65	9788	150,6	2600	7188	1749	8039	7188	851	725,98 \$
63	5519	87,6	2520	2999	1749	3770	2999	771	328,18 \$
	30120				10494	19626	16468	3158	1 736,70 \$

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée no.2 : consommation d'électricité
 - Calculer le coût de la consommation (Colonne 10)
 - Consommation bas tarif (C9) X bas tarif
+ consommation haut tarif (C8) X haut tarif.

Nombre de jours	kWh TOTAL	kWh/j Moyenne	kWh tarif bas	kWh tarif haut	kWh Autres	kWh chauffage	tarif haut KWh chauffage	tarif bas KWh chauffage	Coût chauffage Consommation
60	1903	31,7	2400	0	1749	154	0	154	9,36 \$
59	1749	29,6	2360	0	1749	0	0	0	- \$
63	3763	59,7	2520	1243	1749	2014	1243	771	163,47 \$
59	7398	125,4	2360	5038	1749	5649	5038	611	509,71 \$
65	9788	150,6	2600	7188	1749	8039	7188	851	725,98 \$
63	5519	87,6	2520	2999	1749	3770	2999	771	328,18 \$
	30120				10494	19626	16468	3158	1 736,70 \$

Le tarif D bas en 2019 était de 0,0608\$/kWh

Le tarif D haut en 2019 était de 0,0938\$/kWh

PRI: Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée : consommation de l'électricité
 - Le coût de l'électricité consommée pour le chauffage (1 736,70\$) représente alors 69% du coût total d'électricité annuel (2 496,01\$).
 - PRI simplifiée : $\frac{23\,500\$}{1\,736,70\$/an} = 13,53 \text{ ans (13,71 ans, coûts)}$

Nombre de jours	kWh TOTAL	kWh/j Moyenne	kWh tarif bas	kWh tarif haut	kWh Autres	kWh chauffage	tarif haut KWh chauffage	tarif bas KWh chauffage	Coût chauffage Consommation
60	1903	31,7	2400	0	1749	154	0	154	9,36 \$
59	1749	29,6	2360	0	1749	0	0	0	- \$
63	3763	59,7	2520	1243	1749	2014	1243	771	163,47 \$
59	7398	125,4	2360	5038	1749	5649	5038	611	509,71 \$
65	9788	150,6	2600	7188	1749	8039	7188	851	725,98 \$
63	5519	87,6	2520	2999	1749	3770	2999	771	328,18 \$
	30120				10494	19626	16468	3158	1 736,70 \$

On peut affirmer que les deux simplifications donnent des résultats semblables.

PRI: Méthode simplifiée

- Comparaison
 - Il est possible d'estimer la PRI basée sur les montants payés;
 - Il est possible d'estimer la PRI basée sur une estimation de la consommation en chauffage (plus précis);
 - Il est aussi possible d'estimer la PRI basée sur une consommation en chauffage qui serait entièrement au haut tarif (le moins précis).

PRI TARIF HAUT	12,77
PRI Consommation	13,53
PRI Facture	13,71

Plan de la présentation

- Lire une facture d'énergie
- ***Période de Retour sur Investissement (PRI) :***
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - Méthode ultra-simplifiée
 - Méthode simplifiée
 - ***Méthode standard***
- Analyse de faisabilité avancée
 - Actualisation des Valeurs

PRI: Méthode standard



ENR2020

- Supposons qu'après l'analyse simplifiée, qui considère seulement la portion des coûts dédiée au chauffage et non la facture électrique totale, le client désire vous mandater pour des calculs plus précis;
- Que faire pour obtenir une estimation plus réaliste ou précise lorsque les coûts de chauffage du nouvel appareil ont été incorporés dans l'analyse?

PRI: Méthode standard

- Il faut déterminer les frais de fonctionnement du nouveau système qui sera installé, OPEX, et déterminer ainsi **les économies**.
 - Ici le détail est fourni pour une analyse de la consommation énergétique
- De cette manière, une estimation de la PRI standard sera encore plus réaliste sans être néanmoins très précis.
- Pour estimer les coûts d'opération du nouveau système, on peut passer par un estimé de la :
 - Consommation énergétique de la PAC à tarif pondéré;
 - Facture d'énergie avec la PAC;
 - Consommation énergétique de la PAC à tarif haut.

PRI: Méthode standard

- Dans le cas de l'installation d'une thermopompe. La manière classique consiste à intégrer le COP sur toute l'année pour déterminer la fraction de l'énergie électrique requise pour fournir l'énergie thermique

$$\text{COP} = \text{Énergie thermique fournie} / \text{Énergie électrique consommée}$$

NOTE: Pour une définition du COP, référez-vous au thème :
Thermodynamique 2.5, du Module 2.

PRI: Méthode standard

- On propose de remplacer l'unité de chauffage central de la résidence étudiée antérieurement par une pompe à chaleur (5 500\$) dont le COP est de 3.0 toute l'année et un champ géothermique (18 000\$).
- Quelle est alors la PRI estimée selon la méthode dite *standard*?

Note: Idéalement, il faudrait aussi considérer dans les frais de fonctionnement (OPEX) non seulement l'énergie consommée par le nouveau système, mais aussi les frais d'entretien (pièces et main d'œuvre) annuel. Pour les exemples joints, on ne considère que les frais d'énergie.

PRI: Méthode standard

- Méthode standard : consommation d'électricité
 - PARTIE A: Situation AVANT le nouveau système

4 5 6 7 8

Date de début	Date de fin	Jour	kWh totaux ancien	kWh chauffage ancien	kWh tarif bas	kWh tarif haut ancien	kWh tarif bas ancien	kWh totaux ancien	Coût pondéré HT ancien	Redevance HT ancien	Coût pondéré TTC ancien
2019-10-08	2019-12-06										
2019-08-02	2019-09-30	60	1903	154	2400	0	1903	1903	115,70 \$	24,38 \$	161,10 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1749	0	2360	0	1749	1749	106,34 \$	23,98 \$	149,86 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	3763	2014	2520	1243	2520	3763	269,81 \$	25,60 \$	339,72 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	7398	5649	2360	5038	2360	7398	616,05 \$	23,98 \$	736,03 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	9788	8039	2600	7188	2600	9788	832,31 \$	26,42 \$	987,54 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	5519	3770	2520	2999	2520	5519	434,52 \$	25,60 \$	529,14 \$
		369	30120	19626		16468	13652	30120	2 374,74 \$	149,96 \$	2 903,41 \$

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 5
 - On soustrait la plus petite consommation pour une période de 12 mois, soit 1749 kWh, aux 6 entrées de la colonne 4.

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 6
 - La colonne 6 représente la consommation maximale qu'il est possible de consommer mensuellement au tarif bas;
 - Par exemple, pour la période 1, ce maximum est de $60j \times 40kWh/j = 2400 kWh$;
 - Si la consommation mensuelle est inférieure à ce seuil, toute l'électricité consommée le sera au tarif de $0,0608\$/kWh$;
 - L'excédent mensuel est facturé au tarif de $0,0938\$/kW$.

Jours
60
59
63
59
65
63
<hr/>
369

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 7
 - La colonne 7 représente $\text{MAX}(0; C4-C6)$ soit la différence de consommation entre la colonne 6 et la colonne 4;
 - C'est le nombre de kWh qui excède le maximum permis à bas tarif;
 - Par exemple, pour la consommation de 1903 kWh, comme le max est à 2400 (60 jours), toute la consommation sera à bas tarif et il y a un zéro dans la colonne 7;
 - Pour la ligne 3, il y a 3763 kWh et le max est à 2520 kWh à bas tarif pour 63 jours. Les 1243 kWh seront facturés à tarif supérieur.

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 8
 - La colonne 8 représente les kWh payés à bas tarif
 - C'est le nombre de kWh sous le maximum permis à bas tarif.
 - Par exemple, pour la consommation de 1903 kWh, comme le max est à 2400 (60 jours), toute la consommation sera à bas tarif et ce chiffre arrive à 1903 kWh
 - Pour la ligne 3, il y a 3763 kWh et le max est à 2520 kWh à bas tarif pour 63 jours et ces 2520 kWh seront facturés à tarif inférieur.

PRI: Méthode standard

- Méthode standard : consommation d'électricité
 - PARTIE A: Situation AVANT le nouveau système

									10	11	12
Date de début	Date de fin	Jour	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	Coût pondéré	Redevance	Coût pondéré
2019-10-08	2019-12-06		totaux	chauffage	tarif bas	tarif haut	tarif bas	totaux	HT	HT	TTC
			ancien	ancien		ancien	ancien	ancien	ancien	ancien	ancien
2019-08-02	2019-09-30	60	1903	154	2400	0	1903	1903	115,70 \$	24,38 \$	161,10 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1749	0	2360	0	1749	1749	106,34 \$	23,98 \$	149,86 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	3763	2014	2520	1243	2520	3763	269,81 \$	25,60 \$	339,72 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	7398	5649	2360	5038	2360	7398	616,05 \$	23,98 \$	736,03 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	9788	8039	2600	7188	2600	9788	832,31 \$	26,42 \$	987,54 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	5519	3770	2520	2999	2520	5519	434,52 \$	25,60 \$	529,14 \$
		369	30120	19626		16468	13652	30120	2 374,74 \$	149,96 \$	2 903,41 \$

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 10
 - La colonne 10 représente le coût pondéré à bas (0,0608\$/kWh) et haut (0,0938\$/kWh) tarif, hors-taxe.
- Comment arriver à calculer la colonne 11
 - La colonne 11 calcule la *redevance d'abonnement** hors-taxe. On multiplie le tarif de 0,4064 x le nombre de jours de la période.
- Comment arriver à calculer la colonne 12
 - La colonne 12 représente le total de 10 + 11 plus taxes. Il est à noter que ce total diffère de la facturation initiale, car le tarif d'électricité change chaque 1^{er} avril de l'année.

*voir p.20, aussi appelée plus récemment *Frais d'accès au réseau*, p.23. Ces frais sont indépendants de la consommation de puissance ou d'énergie électriques. Et ne donc sont pas inclus dans les calculs ultérieurs de PRI.

PRI: Méthode standard

- Méthode standard : consommation d'électricité
 - PARTIE B: Situation **APRÈS** l'installation du nouveau système avec COP de 3

			4	5	6	7	8		10	11	12
Date de début	Date de fin	Jour	kWh totaux	kWh chauffage	kWh tarif bas	kWh tarif haut	kWh tarif bas	kWh totaux	Coût pondéré HT ancien	Redevance HT ancien	Coût pondéré TTC ancien
2019-10-08	2019-12-06										
2019-08-02	2019-09-30	60	1800	51	2400	0	1800	1800	109,46 \$	24,38 \$	153,92 \$
2019-06-04	2019-08-01	59	1749	0	2360	0	1749	1749	106,34 \$	23,98 \$	149,86 \$
2019-04-02	2019-06-03	63	2420	671	2520	0	2420	2420	147,16 \$	25,60 \$	198,67 \$
2019-02-02	2019-04-01	59	3632	1883	2360	1272	2360	3632	262,80 \$	23,98 \$	329,80 \$
2018-11-29	2019-02-01	65	4429	2680	2600	1829	2600	4429	329,61 \$	26,42 \$	409,43 \$
2018-09-27	2018-11-28	63	3006	1257	2520	486	2520	3006	198,77 \$	25,60 \$	258,03 \$
		369	17036	6542		3586	13450	17036	1 154,14 \$	149,96 \$	1 499,71 \$

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 4
 - La colonne 4 indique en ligne 1: 1800 kWh plutôt que 1903 auparavant. La consommation de chauffage était estimée à 154 kWh. Donc avec un COP de 3 elle tombe à 51 kWh. L'économie est alors de 103 kWh ce qui fait passer la consommation totale de 1903 à 1800 kWh.
 - Par exemple, à la ligne 3 on avait 3763 kWh totaux. Il faut retrancher 1749 kWh pour obtenir l'ancienne charge de chauffage, la soustraire et y ajouter la nouvelle charge qui ne représente plus de 1/COP de celle-ci:
 $3763 - 2014 + 1/3 \times (2014) = 2420 \text{ kWh}$.
 - Il est à remarquer :
 - qu'on peut aussi soustraire 2/3 de l'ancienne charge
 - qu'avec la PAC avec COP de 3, toute la période 3 passe à bas tarif.

PRI: Méthode standard

- Comment arriver à calculer la colonne 5
 - Pour calculer la nouvelle charge de chauffage, on procède exactement comme pour le cas sans la PAC.
- Et similairement pour les autres colonnes.
- Pour calculer la PRI, seules les différences de coûts sans les redevances sont considérées:
 - Avant 2 374,74\$ (p.67, col 10) ou 2 400 \$
 - Après 1 154 ,14\$ (p.69, col 10) ou 1 200\$
 - Économie 1 220,60\$ ou 1 200\$ environ

PRI: Méthode standard

- Méthode standard : consommation d'électricité
 - Le coût de l'électricité consommée originellement pour le chauffage de 2 374,74\$/an passe à 1 154,14\$/an et les économies sont alors de 1 1 220,60\$/an;
 - PRI standard : $\frac{23\,500\$}{1\,220,60\$/an} = 19,25 \text{ ans}$
 - Et si on ne faisait qu'une analyse à partir des coûts sans se préoccuper de la consommation.

PRI: Méthode standard

- Méthode standard : coût d'électricité
 - Le coût de l'électricité consommée originellement pour le chauffage de 1 714,23\$/an est alors divisé par 3 et représente alors 571,41\$/an (et non 0\$) et les économies sont alors de 1142,82\$/an.
 - PRI standard : $\frac{23\,500\$}{1\,142,82\$/an} = 20,56 \text{ ans (19,25 ans, consommation)}$

Coûts totaux TTC	Coûts totaux HT	Coût chauffage Facture	Coût de chauffage PAC	Économies PAC
161,05 \$	140,04 \$	9,75 \$	3,25 \$	6,50 \$
149,84 \$	130,30 \$	- \$	- \$	- \$
339,65 \$	295,35 \$	165,05 \$	55,02 \$	110,03 \$
725,07 \$	630,50 \$	500,20 \$	166,73 \$	333,47 \$
970,36 \$	843,79 \$	713,50 \$	237,83 \$	475,66 \$
524,44 \$	456,03 \$	325,74 \$	108,58 \$	217,16 \$
2 870,41 \$	2 496,01 \$	1 714,23 \$	571,41 \$	1 142,82 \$

PRI: Méthode standard

- Comparaison
 - Il est possible d'estimer la PRI basée sur une estimation de la consommation en chauffage (plus précis);
 - Il est possible d'estimer la PRI basée sur les montants payés;
 - Il est aussi possible d'estimer la PRI basée sur une consommation en chauffage qui serait entièrement au haut tarif (le moins précis).

PRI TARIF HAUT avec PAC	19,15
PRI Consommation	19,25
PRI Coûts électricité	20,56

Plan de la présentation

- Lire une facture d'énergie
- Période de Retour sur Investissement (PRI) :
 - Estimé des coûts de l'énergie
 - Méthode ultra-simplifiée
 - Méthode simplifiée
 - Méthode standard
- ***Analyse de faisabilité avancée***
 - Actualisation des Valeurs

Analyse de faisabilité avancée

- Exemple de la ferme au gaz naturel
 - Un firme spécialisée veut vendre une chaudière à la biomasse au client en GN (référence facture p.16);
 - On vous mandate pour déterminer quelle est l'envergure du budget disponible pour implanter ce projet.

Total de l'année courante

23 NO 2016	21 NO 2017	364	47 337	25 620,58
------------	------------	-----	--------	-----------

Total de l'année précédente

21 NO 2015	22 NO 2016	368	45 892	30 016,50
------------	------------	-----	--------	-----------

Analyse de faisabilité avancée

- Le client paie 25 000\$/an pour 47 400 m³ de gaz.
 - Il faut calculer la quantité de biomasse requise pour correspondre à 47 000m³ de gaz en énergie;
 - Il faut tenir compte du rendement de combustion des deux systèmes;
 - Il faut considérer: durée de vie des équipements respectifs, coûts d'installation, entretien annuel, coûts de fonctionnement, réserve et subventions possibles.

Analyse de faisabilité avancée

- Le client paie 25 000\$/an pour 47 400 m³ de gaz.
 - Il faut aussi mesurer l'impact sur les opérations des installations: il est en général plus complexe de chauffer à la biomasse qu'au GN.
 - Il faut enfin tenir compte dans cette analyse de faisabilité plus avancée des éléments de coûts d'opportunité, inflation, TRI, VAN, dettes, termes de prêts, taux d'intérêt.
- C'est ce que présente cette partie du cours.

Analyse de faisabilité avancée

- Il est difficile de faire une analyse vraiment complète tellement le nombre de facteurs à prendre en compte peut être élevé dans le cas de grands projets de longue durée. Parmi ces facteurs on peut citer :
 - Taux d'inflation
 - Remboursement d'emprunt
 - Interventions d'entretien à prévoir toutes les N années
 - Variation des taux d'intérêt de l'emprunt
 - Variation du rendement d'une installation d'énergie renouvelable dans le temps
 - Impôts et exonérations selon les politiques énergétiques
 - Prise en compte du risque et des incertitudes
 - Etc

Plus d'infos : cours GES802 - Analyse de faisabilité

Analyse de faisabilité avancée

- En plus de la **PRI** précédemment présentée, les choix d'investissements sont souvent guidés par deux autres indicateurs :
 - la **Valeur Actualisée Nette (VAN)**
 - et le **Taux de Rendement Interne (TRI)**.
- Ces derniers permettent d'inclure dans les calculs les facteurs suivants :
 - Taux d'inflation
 - Remboursement d'emprunt
 - Interventions d'entretien à prévoir toutes les N années
- Ces derniers permettent de comparer le rendement de l'investissement par rapport à un rendement attendu ou à un autre investissement via le **Taux d'Actualisation (t)**.

Actualisation des valeurs

Il s'agit maintenant de prendre en compte le fait que la valeur de l'argent évolue dans le temps.

On peut premièrement penser à l'inflation, qui fait « perdre » de la valeur à l'argent année après année. Ainsi 100\$ à l'année n aura la même valeur que 102\$ à l'année $n+1$ si on suppose un taux d'inflation de 2%.

Pour choisir si on se lance dans un investissement, on utilise souvent la **Valeur Actuelle Nette (VAN)** du projet. Il s'agit de ramener les futurs flux financiers d'un projet à la valeur qu'ils auraient aujourd'hui.

Actualisation des valeurs

Valeur Actuelle :

Soit un montant $A\$$ à payer dans N années. Si on veut savoir combien ce montant représente aujourd'hui (c.-à-d. on **actualise** le montant), il faut lui appliquer un taux d'actualisation t ;

On calcule la valeur actualisée avec :

$$VA\$ = \frac{A\$}{(1 + t)^N}$$

Ainsi, aujourd'hui la valeur actualisée de $A\$$, $VA\$$ est nécessairement inférieure à $A\$$.

Actualisation des valeurs

Taux d'actualisation :

Ce taux est arbitraire. Il représente la valorisation de l'argent d'une année sur l'autre;

On note que le taux d'actualisation est l'équivalent d'un taux d'intérêt. Si on place un montant VA à un taux d'intérêt t pendant n années, on obtiendra finalement un montant : $A = VA * (1 + t)^n$

Actualisation des valeurs

Taux d'actualisation :

Ce taux est utilisé par les investisseurs pour comparer les investissements entre eux.

Si l'investisseur considère que le projet a le même risque qu'un placement financier avec un taux d'intérêt de 6%, il attendra au moins ce rendement de l'investissement et fixera le taux d'actualisation à 6%.

Si l'investisseur a d'autres motivations, il peut aussi fixer ce taux au niveau du taux d'inflation prévu, majoré d'une prime de risque par exemple.

Actualisation des valeurs

Valeur Actuelle :

Si un montant A se répète tous les ans pendant N années, la valeur actualisée de la somme vaut alors :

$$VA = A * \left(\frac{1}{(1+t)^N} + \frac{1}{(1+t)^{N-1}} + \frac{1}{(1+t)^{N-2}} + \dots + \frac{1}{(1+t)^1} \right) = \frac{A}{t} * \left(1 - \frac{1}{(1+t)^N} \right)$$

Exemple:

Un système photovoltaïque permet de faire économiser en moyenne 300\$ par an pendant 30 ans. Le taux d'actualisation est fixé arbitrairement à 8%. Quelle est la valeur actualisée des économies ?

-> 3377\$

Actualisation des valeurs

Valeur Actuelle – prise en compte de l’inflation :

Si on veut désormais prendre en compte l’inflation, on rajoute le taux d’inflation i dans les calculs.

Un montant actuel A' qui subit l’inflation vaudra dans N années :

$$A_{inf} = \frac{A'}{(1 + i)^{N-1}}$$

Actualisation des valeurs

Valeur Actuelle – prise en compte de l’inflation :

On peut trouver dans la littérature différentes façons d’appliquer le taux d’inflation;

Il est ici supposé que l’inflation aura effet à la fin de la première année;

Si on souhaite l’appliquer dès le début de la première année, on remplacera l’exposant $N-1$ par N (ce qui donne alors une formule complètement équivalente à celle de la VA).

Actualisation des valeurs

Valeur Actuelle – prise en compte de l'inflation :

En combinant avec le taux d'actualisation, on obtient la formule de valeur actuelle:

$$VA = A * \frac{(1 + i)^{N-1}}{(1 + t)^N}$$

Si le montant A est un montant récurrent sur N années, on a la somme des montants qui devient :

$$VA = \frac{A}{t - i} * \left[1 - \frac{(1 + i)^{N-1}}{(1 + t)^N} \right]$$

Et si $i = t$:

$$VA = \frac{A * N}{1 + t}$$

Actualisation des valeurs

Exemple:

Un système photovoltaïque permet de faire économiser en moyenne 300\$ d'électricité par an pendant 30 ans. Le taux d'actualisation est fixé à 2%. Quelle est la valeur actualisée des économies si :

- La prévision du taux d'inflation sur le prix de l'électricité est de 4% ?

-> 10 834\$

- La prévision du taux d'inflation sur le prix de l'électricité est de 1% ?

-> 7 898\$

N.B. Ces 2 résultats sont très différents de 9000\$ ($300\$ * 30\text{ans}$)

Actualisation des valeurs

Valeur Actualisée Nette (VAN) :

La VAN est la somme de toutes les valeurs actualisées des flux financiers d'un projet.

$$VAN = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^M VA_{j,k} - I_{init} + V_r$$

Avec :

VA_j : montant récurrent se répétant toutes les N années

M : nombre de montants récurrents

N : nombre d'années du projet

I_{init} : Investissement initial

V_r : Valeur résiduelle actualisée (prix de revente du système à la fin)

Actualisation des valeurs

Valeur Actualisée Nette (VAN) :

La VAN doit être **positive** pour qu'à la fin de son cycle de vie le projet ait rapporté **plus d'argent** qu'un placement avec un taux d'intérêt **égal** au taux d'actualisation.

Actualisation des valeurs

Taux de Rentabilité Interne (TRI) :

Le TRI est le taux d'actualisation tel que la VAN soit nulle.
Plus le TRI est élevé, plus l'investissement est intéressant.

Conclusion

- Cette présentation a d'abord expliqué pourquoi il faut savoir employer les factures d'énergie et comment les exploiter;
- Elle a insisté sur un seul type d'analyse : le chauffage. Elle a surtout discuté le cas de facture d'énergie unique;
- Elle a présenté trois manières **simples et incrémentales** de procéder à une analyse de la PRI d'un projet;
- Enfin, elle a présenté très sommairement les bases d'une analyse avancée.

Conclusion

Méthode	Description
Ultra simplifiée	On utilise les coûts totaux de l'électricité consommée annuellement et on détermine la PRI. Durée requise: \approx 0-2 heures
Simplifiée	On tente d'isoler la part de l'électricité qui est imputable au chauffage pour calculer la PRI. Durée requise: \approx 2-8 heures
Standard	On prend en compte la consommation d'électricité du nouveau système pour déterminer les économies . Durée requise: \approx 4-16 heures
Avancée	On actualise les valeurs de l'argent dans le temps. Outre la PRI, on calcule aussi la VAN et le TRI d'un projet. Durée : \approx 1-2 mois.

Note: Bien que la discussion soit limitée au cas particulier d'un **changement d'un système de chauffage** d'une résidence, les principes énoncés sont applicables à tout projet d'efficacité énergétique ou d'implantation de génération d'énergie renouvelable.

Conclusion

- Une méthode incrémentale est proposée, car il faut au départ limiter l'investissement en temps pour effectuer l'analyse;
- La plupart des projets réalisés pour des clients escamotent ces premières étapes et on se retrouve au final avec des installations qui ne répondent pas aux exigences minimales d'un projet:
 - soit en raison d'une performance trop faible pour les sommes investies,
 - soit en raison d'un coût (CAPEX, OPEX ou les deux) trop élevé pour la performance du système.



Merci de votre attention !

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

