RESSOURCES NATURELLES CANADA - DE NATURE INVENTIVE

Présentation de concept : Récupération de chaleur sur les complexes miniers

Le 9 Décembre 2020, 14:30 à 15:00

Yan Germain, ing. et Enrique Acuna-Duhart, ing.
CanmetMines

Organisé par : Le Centre d'Excellence en Innovation Minière (CEMI)

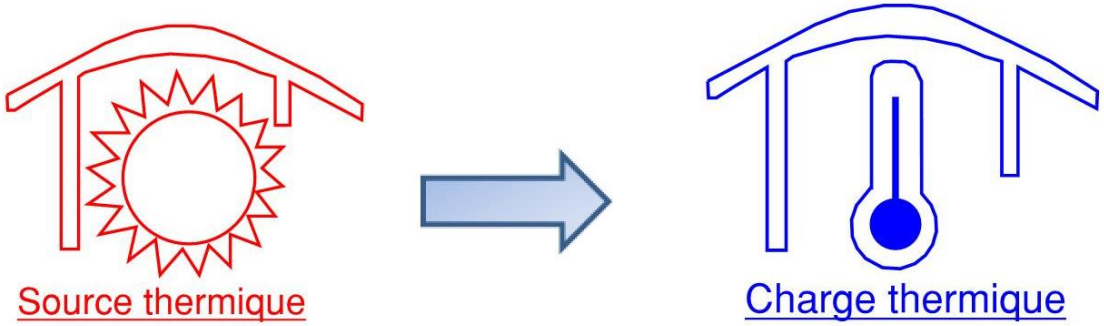
CEMI
Centre for Excellence in Mining Innovation

Table des matières

1. Introduction
2. Sources thermiques
3. Charges thermiques
4. Potentiel de la récupération d'énergie sur les sites miniers
5. Modélisation du transfert d'énergie
6. Conclusion

1. Introduction
Récupération de l'énergie résiduelle

- «La récupération de la chaleur résiduelle»
  Consiste à réutiliser les pertes de chaleur thermiques d'une source thermique, qui serait autrement rejetée dans l'atmosphère pour diminuer la consommation d'énergie d'une charge thermique. En récupérant cette chaleur perdue, il est possible de réduire l'énergie consommée et les gaz à effet de serre de la charge thermique.
- Les 3 principes de base de la récupération de la chaleur résiduelle;
  1. La **capture** de la chaleur résiduelle disponible dans un processus quelconque impliquant un gaz ou un liquide (Source)
  2. Le **transfert** de l'énergie capturée vers la charge thermique
  3. La **réutilisation** de l'énergie pour diminuer la consommation d'énergie thermique d'un processus quelconque impliquant un gaz ou un liquide (Charge)



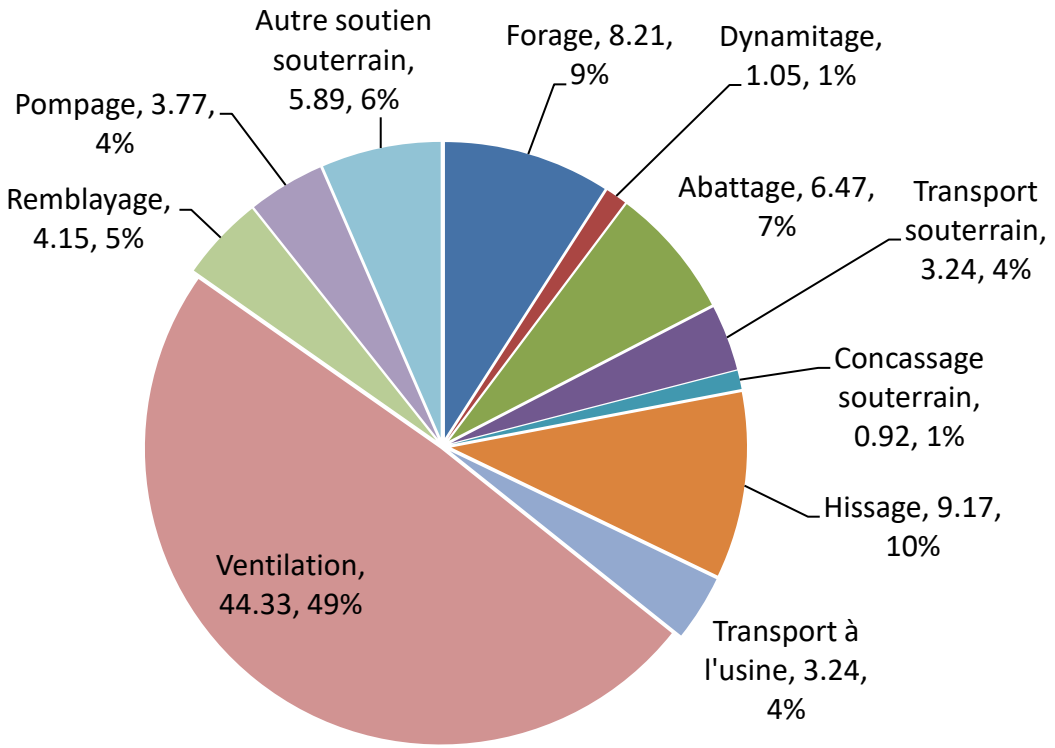
1. Introduction
Quels sont les avantages de la récupération d'énergie résiduelle et pour qui s'applique-t-elle?

- Avec les changements climatiques mondiaux actuels, la récupération d'énergie résiduelle n'est plus que jamais recommandée
- Avantage de la récupération de la chaleur résiduelle
  - Réduction de la consommation d'énergie
  - Réduction des gaz à effet de serre
- Secteur d'activité propice à la récupération d'énergie résiduelle
  - Commercial
  - Institutionnel
  - Industriel

Plus la consommation d'énergie du secteur est importante, plus la récupération d'énergie peut s'avérer avantageuse

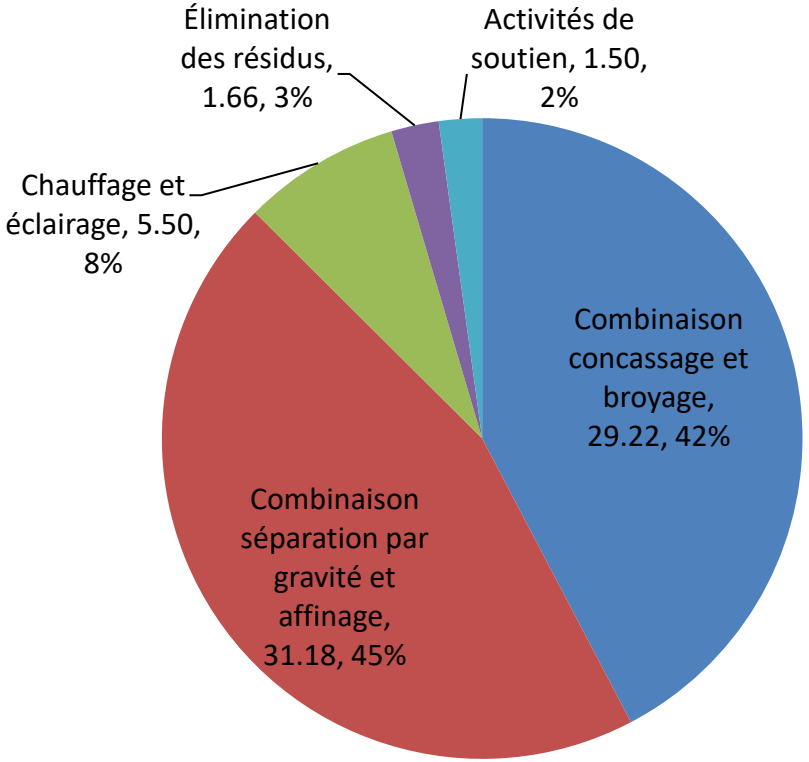
1. Introduction
Secteur minier - consommation énergétique

Exemple de répartition énergétique d'une mine souterraine canadienne (kWh / tonne extraite)



Avec un débit moyen de 8 000 t /j = 724 000 kWh / j
265 GWh par année (9 000 maisons)

Exemple de répartition énergétique d'un usine canadienne (kWh / tonne extraite)



Avec débit moyen de 8 000 t /j = 552 000 kWh/j
200 GWh par année (7 000 maisons)

Référence : Analyse comparative de la consommation d'énergie des mines souterraines, toutes teneurs du Canada ; Hydro-Québec
Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne a/s Ressources naturelles Canada 2005

1. Introduction
Étapes pour l'intégration de techniques de récupération d'énergie

1. Déterminer les types de sources présentes sur le site
    1. Sources thermiques : Système quelconque produisant des pertes d'énergie thermique pendant son fonctionnement;
2. Déterminer les types de charges thermiques présentes dans le secteur d'activité;
    1. Charges thermiques : Système quelconque consommant de l'énergie thermique pendant son fonctionnement;
3. Quantifier et comprendre le comportement des différentes sources et charges thermiques
    1. Compréhension des systèmes considérés et modélisation
    2. Élaboration d'hypothèses permettant d'estimer le comportement énergétique
    3. Déterminer les équipements de récupération d'énergie le plus approprié pour capturer au transférer l'énergie thermique
4. Calculer le transfert d'énergie pouvant être transféré entre la source et la charge thermique
    1. Considération des rendements des équipements de récupération d'énergie
    2. Considération de la température de la source et la charge thermique
    3. Considération des horaires de fonctionnement de la source et la charge thermique

1. Introduction
Sources et charges thermiques observées sur les sites miniers

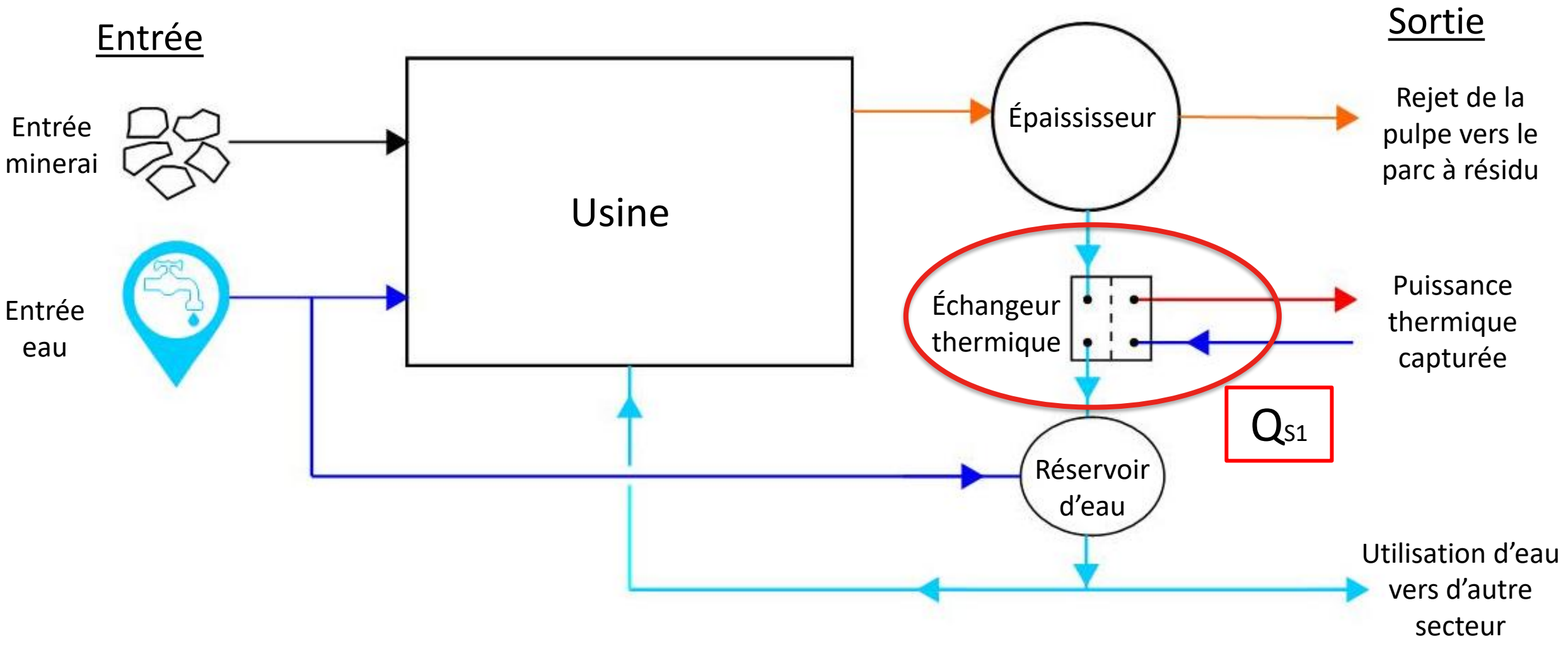
Sources thermiques (4 types)

- Type 1 :
  Chaleur disponible dans l'eau de procédé d'une usine
- Type 2 :
  Chaleur disponible avec l'évacuation d'air chaud
- Type 3 :
  Chaleur disponible dans les salles électriques / mécaniques
- Type 4 :
  Chaleur disponible par le refroidissement des équipements mécaniques

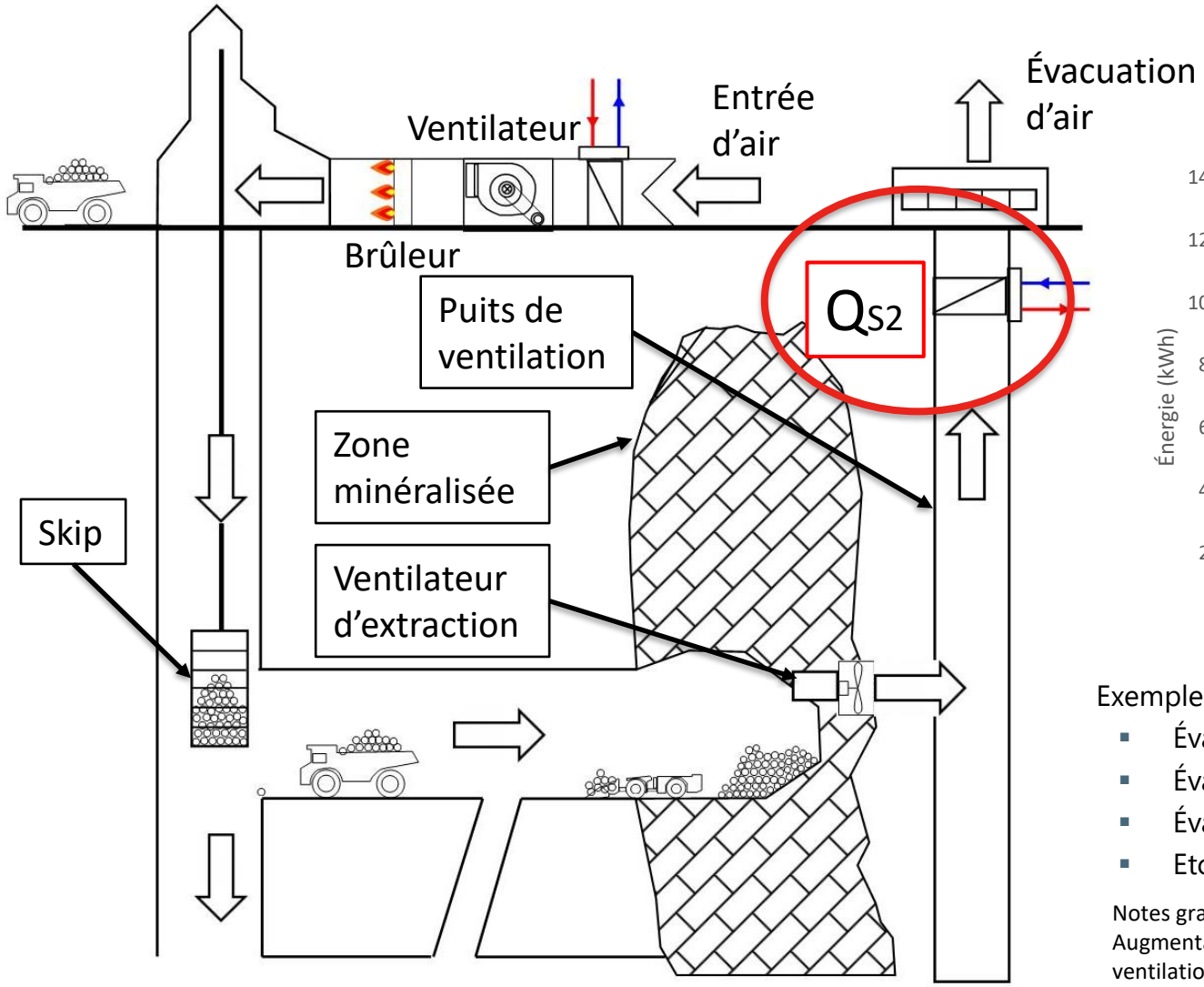
Charges thermiques (3 types)

- Type 1 :
  Chauffage d'enveloppe des bâtiments;
- Type 2 :
  Chauffage de l'air nécessaire pour la ventilation des bâtiments
- Type 3 :
  chauffage de l'eau

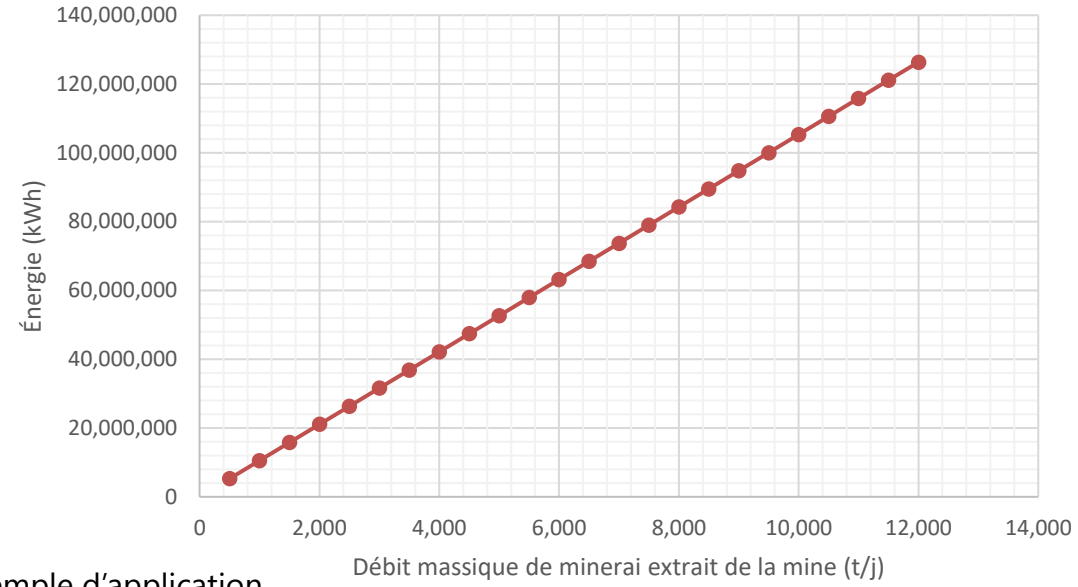
2. Source thermique
Chaleur disponible dans l'eau de procédé – Type 1



2. Source thermique
Chaleur disponible dans l'évacuation d'air vicié – Type 2



Énergie thermique annuelle disponible dans l'évacuation d'air de la mine en fonction du débit massique extrait

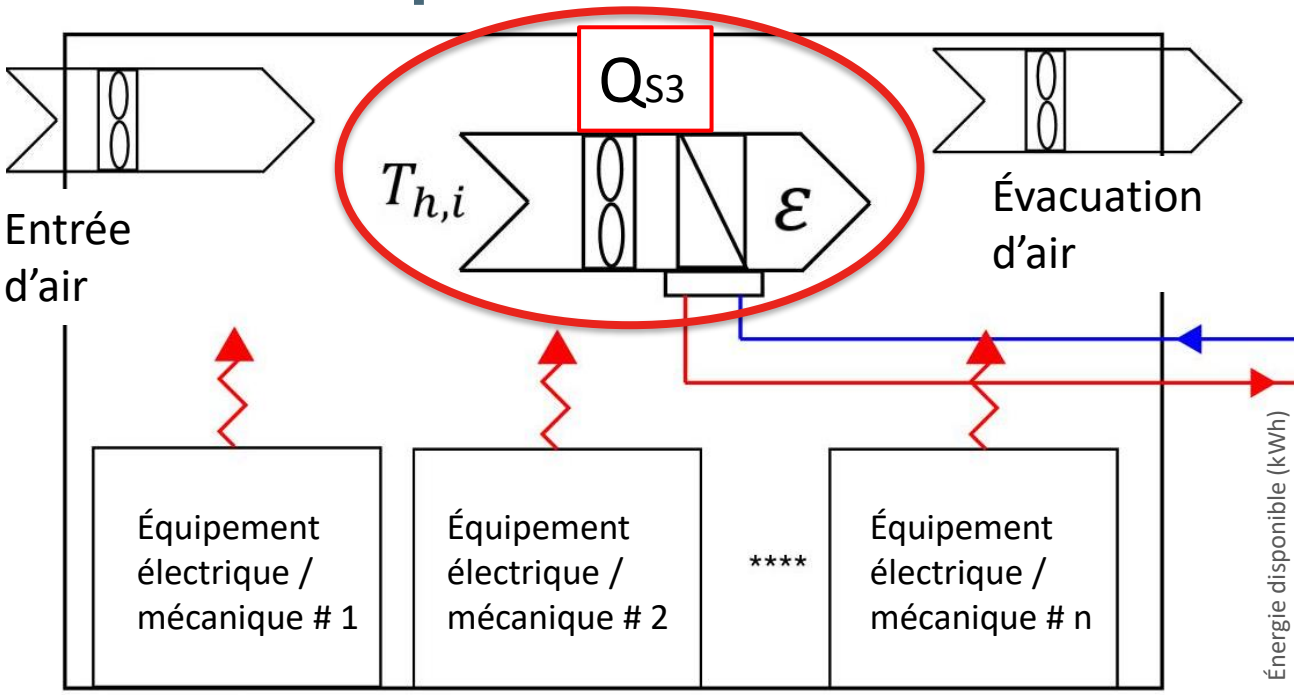


Exemple d'application

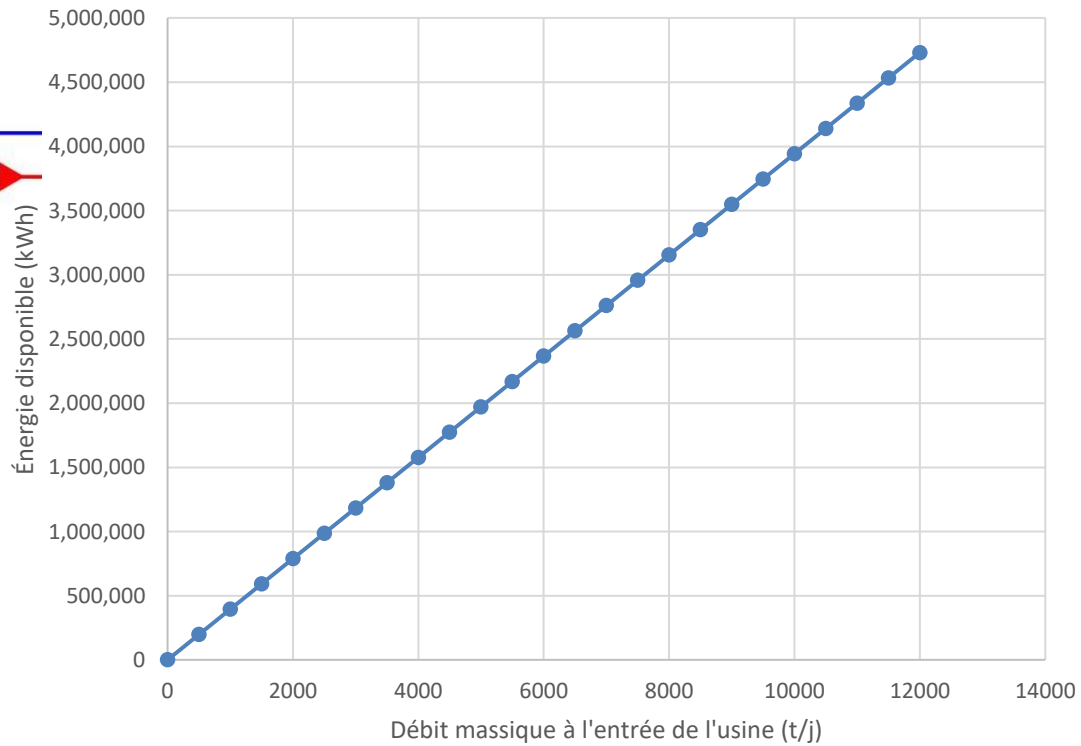
- Évacuation d'air vicié de la mine
- Évacuation d'air dans les bâtiments administratifs;
- Évacuation d'air de l'usine;
- Etc.

Notes graphiques:
Augmentation de température de l'air entre l'entrée et la sortie : 10°C ; besoin de ventilation : 53(l/s) / (t/j) ; Énergie associée au chauffage de l'air : 85 kWh / (l/s)

2. Source thermique
Chaleur disponible dans les locaux techniques – Type 3



Exemple - Énergie thermique annuelle disponible dans une salle électrique en fonction du débit massique de l'usine

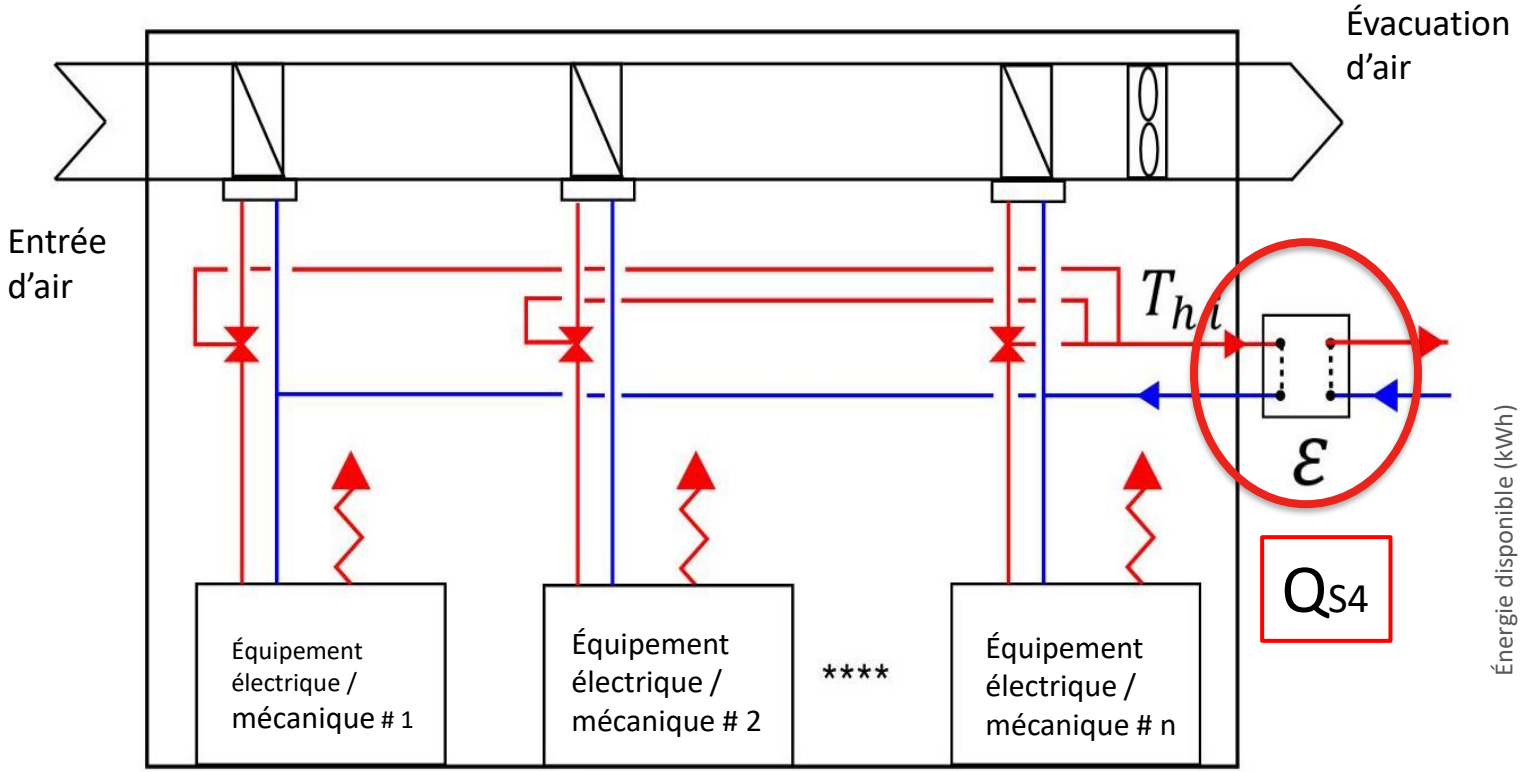


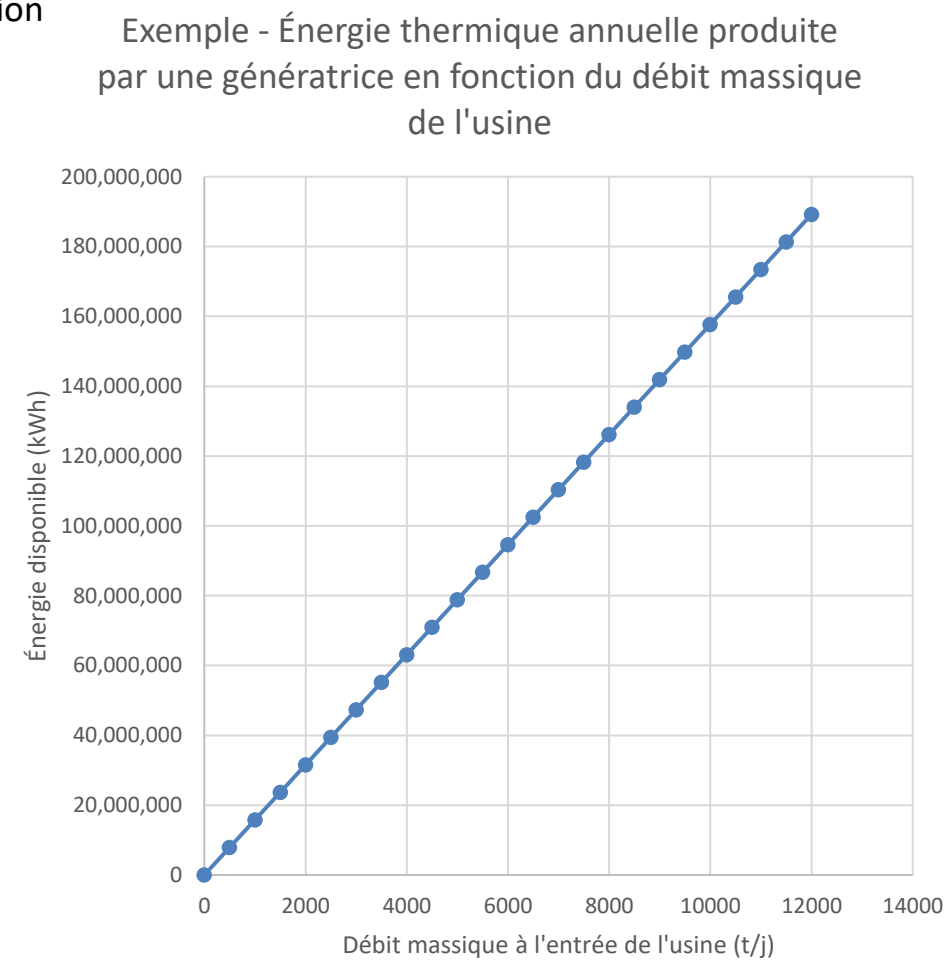
- <u>Exemple d'équipement</u>
  - Transformateur
  - Variateur de vitesse
  - Compresseur
  - Moteur électrique / mécanique
  - Génératrice
  - Etc.

Notes graphiques:
Les équipements de la salle électrique alimentent les systèmes de broyages de l'usine
Rendement du transformateur (98%) ; rendement du variateur de vitesse (97%) ; pourcentage d'utilisation du broyeur (90%) ; énergie spécifique associée au broyage (24 kWh / t)

2. Source thermique

Chaleur disponible avec le refroidissement des équipements – type 4

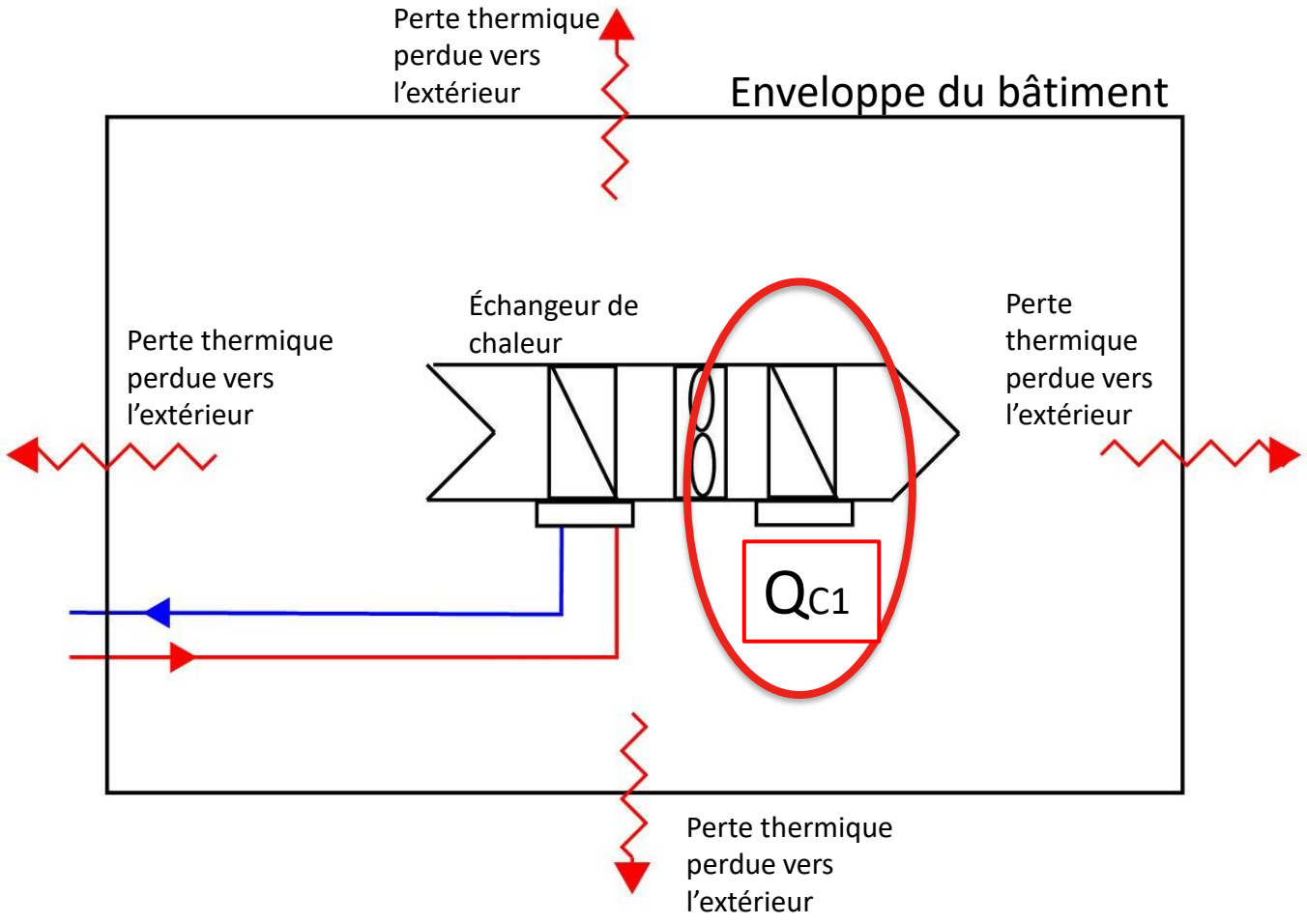


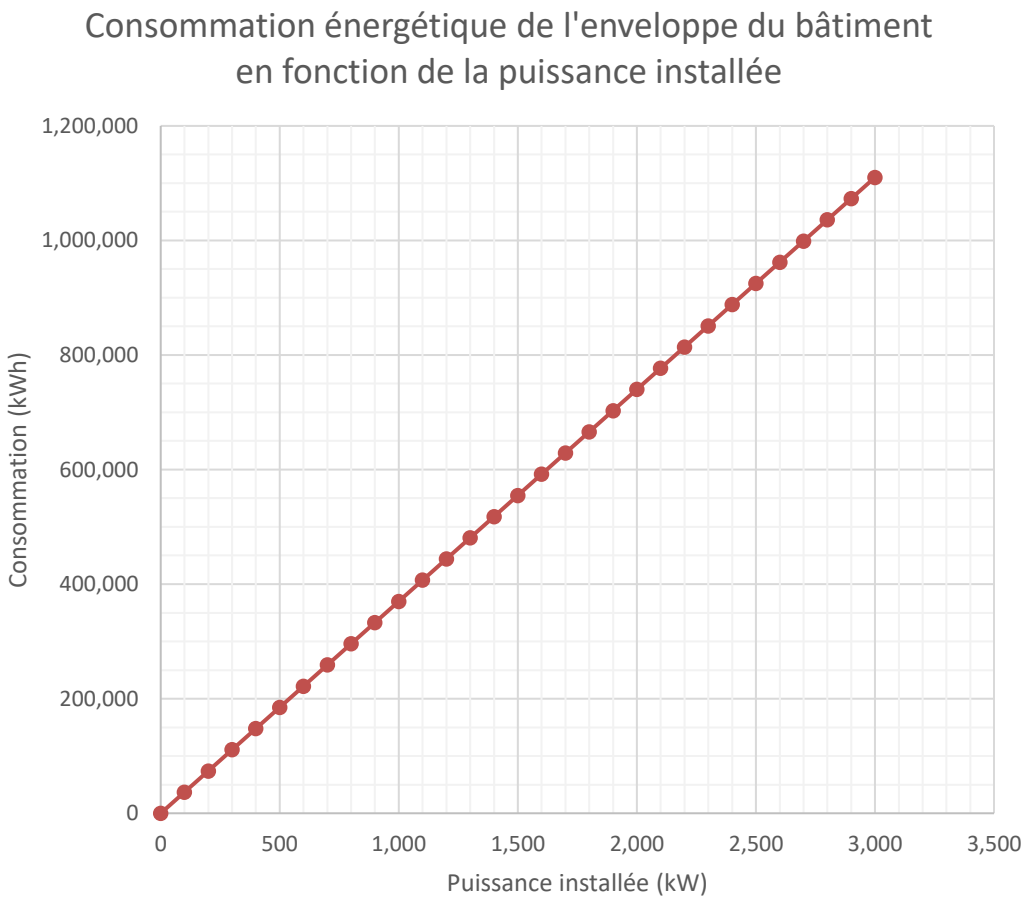


- <u>Exemple d'équipement</u>
  - Génératrice
  - Compresseur d'air
  - Moteur
- Système de tourillon des broyeurs
- Soufflante
- Etc.

Notes graphiques:
Pourcentage d'utilisation du broyeur (90%) ; énergie spécifique associée au broyage (24 kWh / t) ; la récupération s'effectue sur le radiateur et les gaz d'échappement seulement

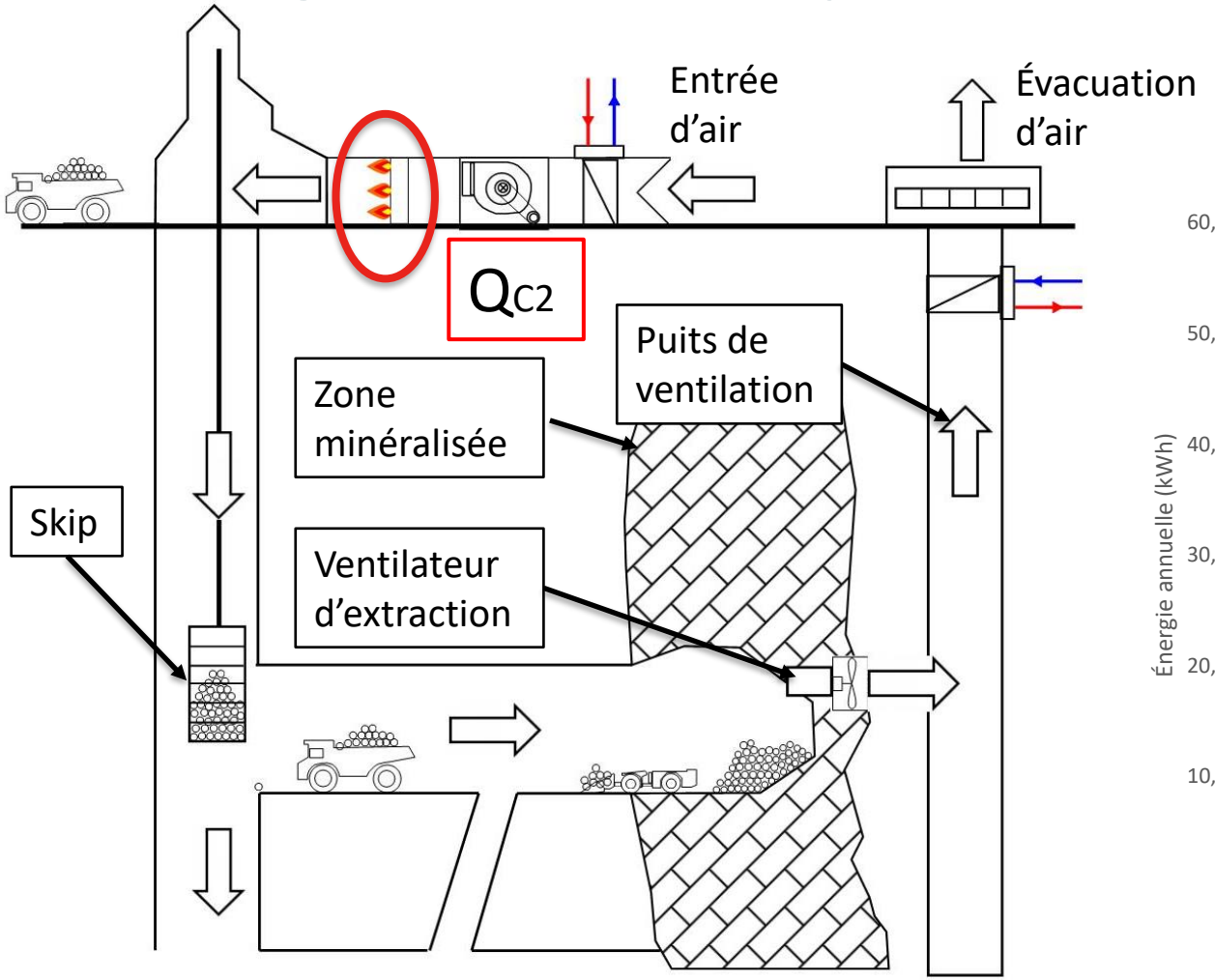
3. Charge thermique
Chauffage d'enveloppe des bâtiments – Type 1

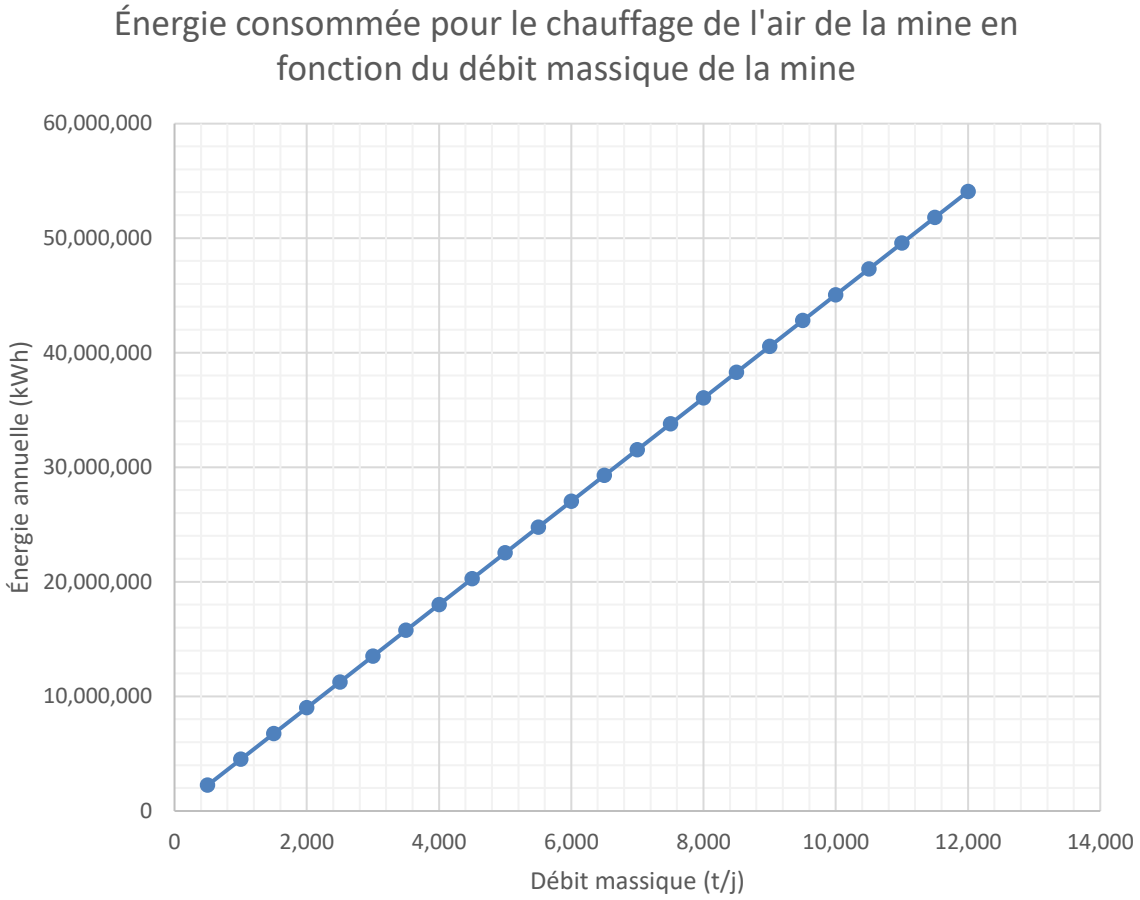




Notes graphiques:
Énergie annuelle associée au chauffage (370 kWh / kW) ; fichier météo Baie-James

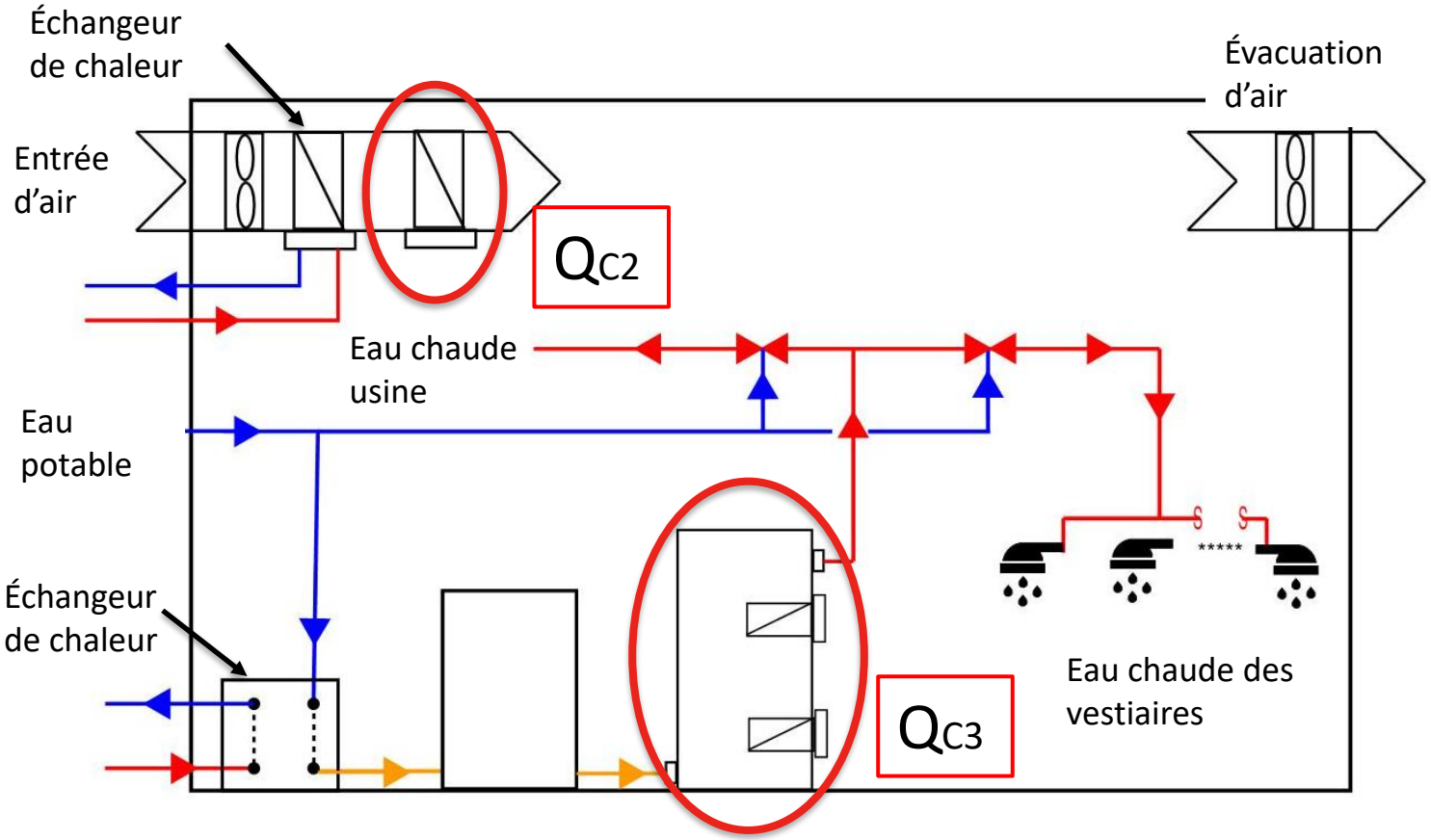
3. Charge thermique
Chauffage de l'air neuf – Type 2

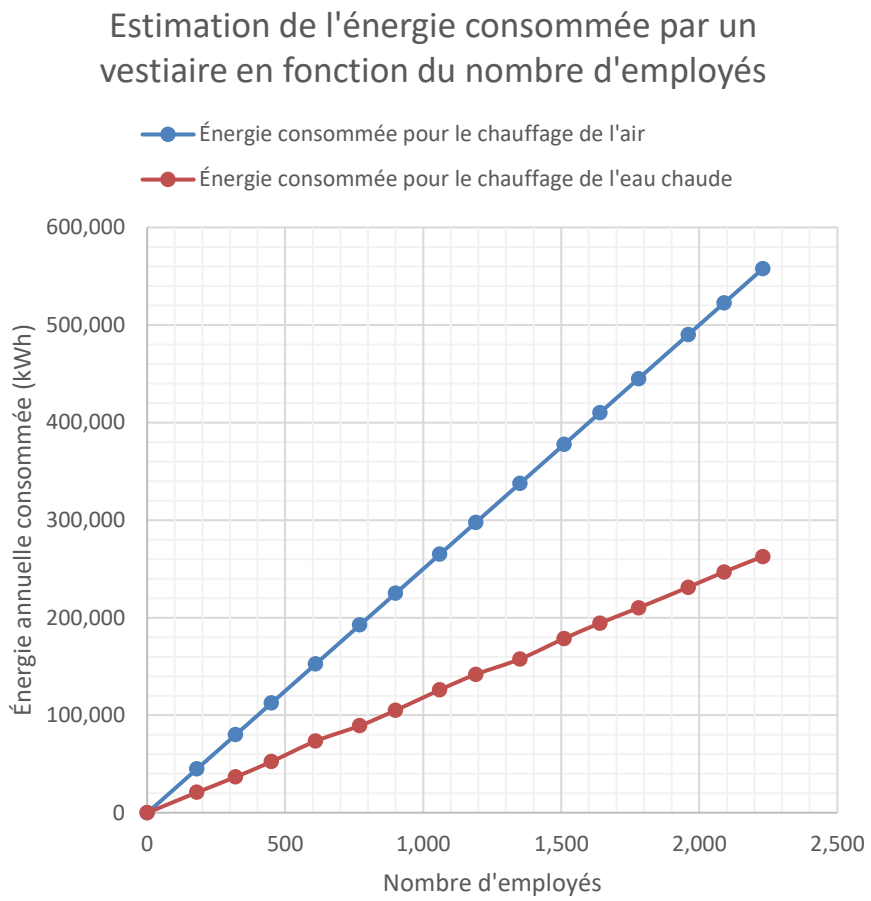




Notes graphiques:
Coefficient de ventilation (53 [l/s] / [t/j]) ; Coefficient de consommation du brûleur (85 [kWh] / [l/s]) ; Température d'alimentation du brûleur (3°C) ; fichier météo Baie-James

3. Charge thermique
Chauffage de l'eau chaude (vestiaire) – Type 3





Notes graphiques:
Nombre de douches par travailleur (0,33 douche / travailleur) ; nombre de cabinets par travailleur (0,13 cabinet / travailleur) ; débit d'évacuation par douche (90 m³ /h) ; débit d'évacuation des cabinets (90 m³ / h par cabinet) ; débit des cassiers (12 m³ / cassier) ; température ambiante (23°C) ; consommation d'énergie annuelle pour le chauffage de l'air (250 kWh / (l/s) ; consommation d'énergie annuelle de l'eau chaude (5 250 kWh / douche)

4. Potentiel de la récupération d'énergie sur les sites miniers
Exemple d'Infrastructure minière - Éléonore de Newmont

Le projet Éléonore est un site minier de grande envergure :

- Équipe d'environ 800 employés
- Production de 400 – 450 000 onces d'or annuellement.
- Objectif de 7000 t/jour
- Situé à la Baie-James (Québec)

Notes :

- Les consommations d'énergies des sources et des charges dans l'exemple sont estimées selon différentes hypothèses permettant de simplifier l'analyse et de déterminer un ordre de grandeur approximatif des consommations. Les différentes hypothèses devront être confirmées adéquatement avant la mise en œuvre de techniques de récupération d'énergie.
- Référence : Éléonore 2018

4. Potentiel de la récupération d'énergie sur les sites miniers
Bilans préliminaires de la source et de la charge thermique

Informations générales du site				
Type de bâtiments	**Ventilation (l/s)**	**Puissance de chauffage (kW)**	**Type de source**	**Type de charge**
Foyer des travailleurs	1 000	1 500	2	1, 2 et 3
Mine souterraine	371 000	0	2 et 3	2
Usine de traitement	3 000	1 200	1, 2 et 3	1, 2 et 3
Garage de surface	1 500	800	2	1, 2 et 3
Bureau administratif	500	500	2	1 et 2
Bâtiment de la mine	1 000	300	2 et 3	1 et 2
Usine de filtration	1 300	500	2	1, 2 et 3
Total	**379 300**	**4 800**		
Travailleur sur le site	800			
Débit massique extrait et traité	7000			

Bilan des sources et charges thermiques			
	Type	**Description**	**Consommation annuelle estimée (kWh)**
Source thermique	**1**	Énergie disponible dans l'eau de procédé	25 860 000
	2	Énergie disponible dans l'évacuation de la mine	31 540 000
	3	Énergie disponible dans la salle électrique des broyeurs	2 760 000
	4	Énergie disponible sur la génératrice	0
		Total	**60 160 000**
	type	**Description**	**Consommation annuelle estimée (kWh)**
Charge thermique	**1**	Énergie consommée pour le chauffage des bâtiments du site	1 110 000
	2	Énergie consommée pour le chauffage de l'air des bâtiments	2 000 000
	2	Énergie consommée pour le chauffage de l'air de la mine	31 540 000
	3	Énergie consommée pour le chauffage de l'eau	820 000
		Total	**35 470 000**

Estimation de l'économie monétaire associée au transfert d'énergie ($)	**1 270 000**
Estimation de l'économie des gaz à effet de serrre (tonne)	**3 700**

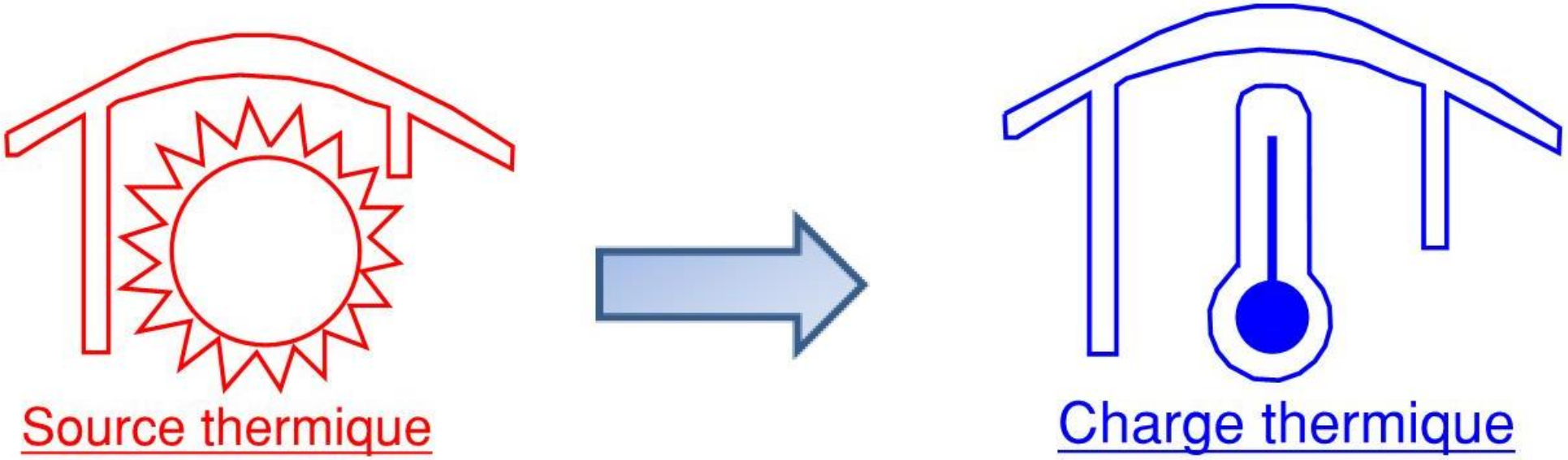
Hypothèses de l'analyse :

Les charges thermiques sont produites avec du propane ; Le transfert d'énergie permet de diminuer la consommation de 50 % ; La capacité énergétique du propane : 7,4 kWh / L ; Coût du propane : 0,53 $ / L ; Coefficient d'émission du propane : 1,54 kg CO_2 /L

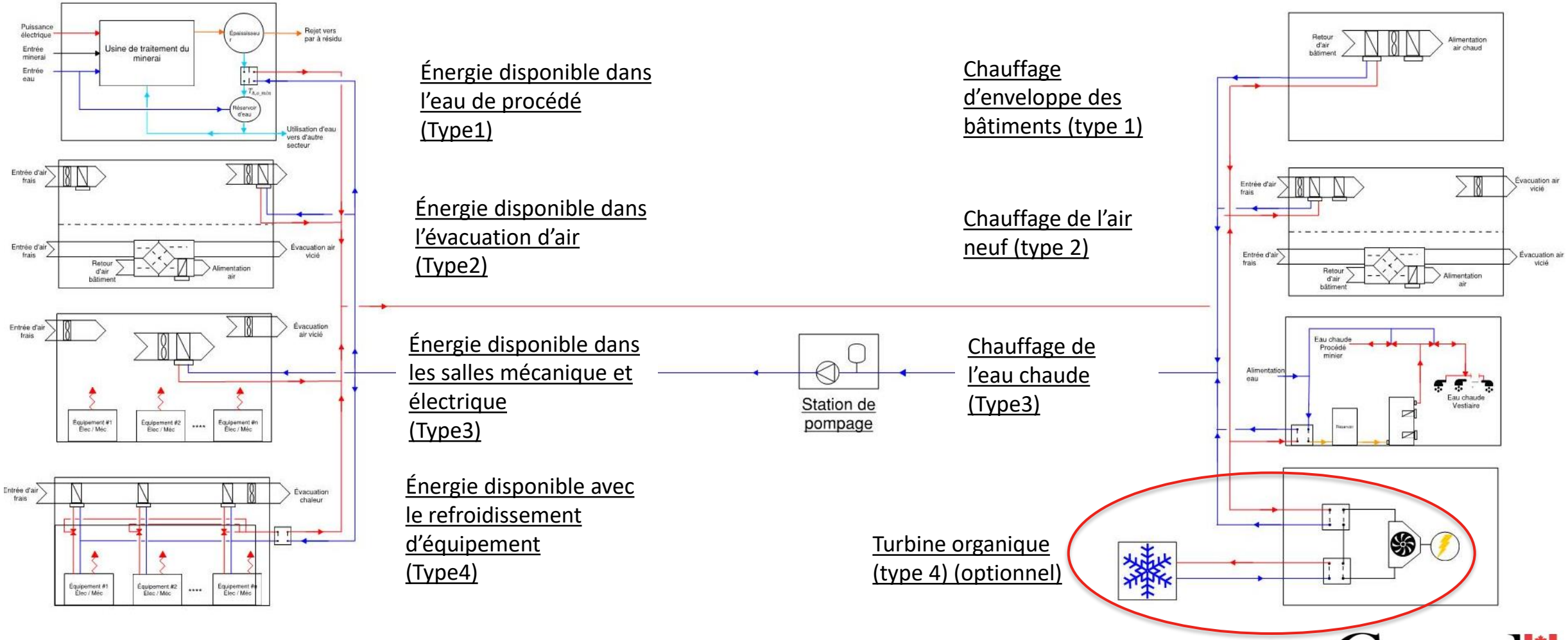
5. Modélisation du transfert d'énergie
Analyse du transfert d'énergie entre la source et la charge

Éléments à considérer pour le transfert d'énergie;

1. Comportement de la source et la charge thermique en fonction des conditions d'opérations du site minier;
2. Température de la source et la charge thermique
3. Rendements des équipements de récupération d'énergie



5. Modélisation du transfert d'énergie
Développement d'un simulateur - Schéma du simulateur



5. Modélisation du transfert d'énergie
Considérations et résultats de calcul du simulateur

Éléments considérés par le simulateur

- Position géographique du site;
- Conditions d'opérations de la minière;
- Rendement des équipements;
- Capacité de transfert entre la source et la charge;
- Température des sources et charges thermiques

Éléments calculés par le simulateur

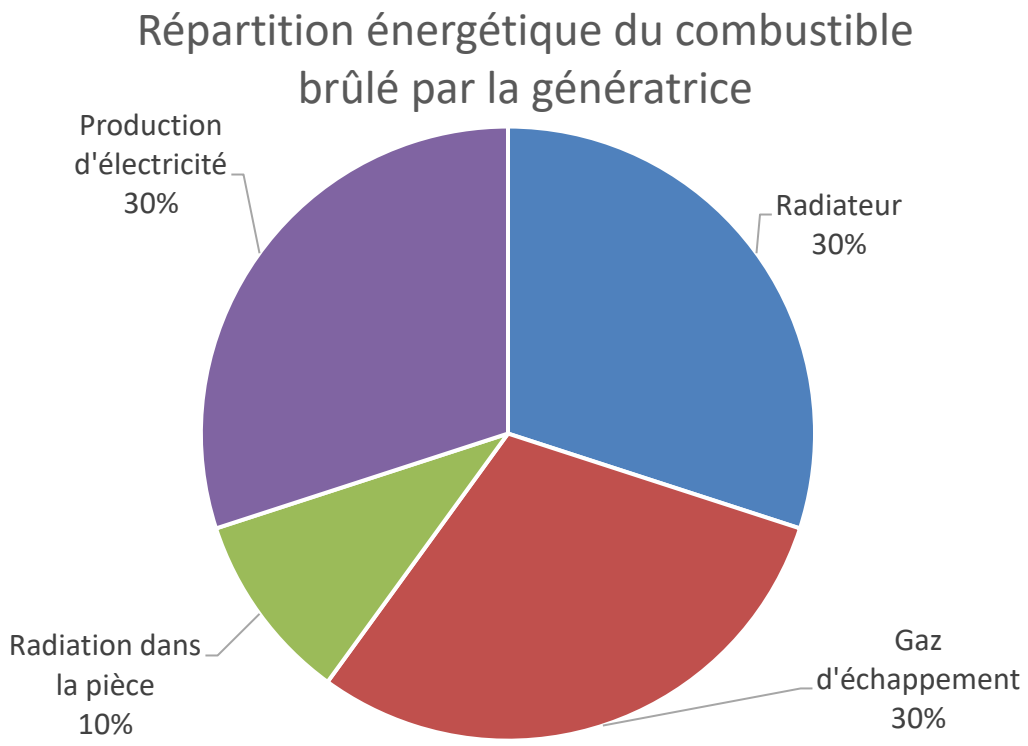
- Économie d'énergie de la récupération d'énergie;
- Économie de gaz à effet de serre produite par la récupération d'énergie;
- Performance du transfert entre la source et la charge pendant l'année;
- Température d'opération du réseau hydraulique entre la source et la charge;
- Dimensionnement préliminaire des équipements nécessaire à la récupération d'énergie;

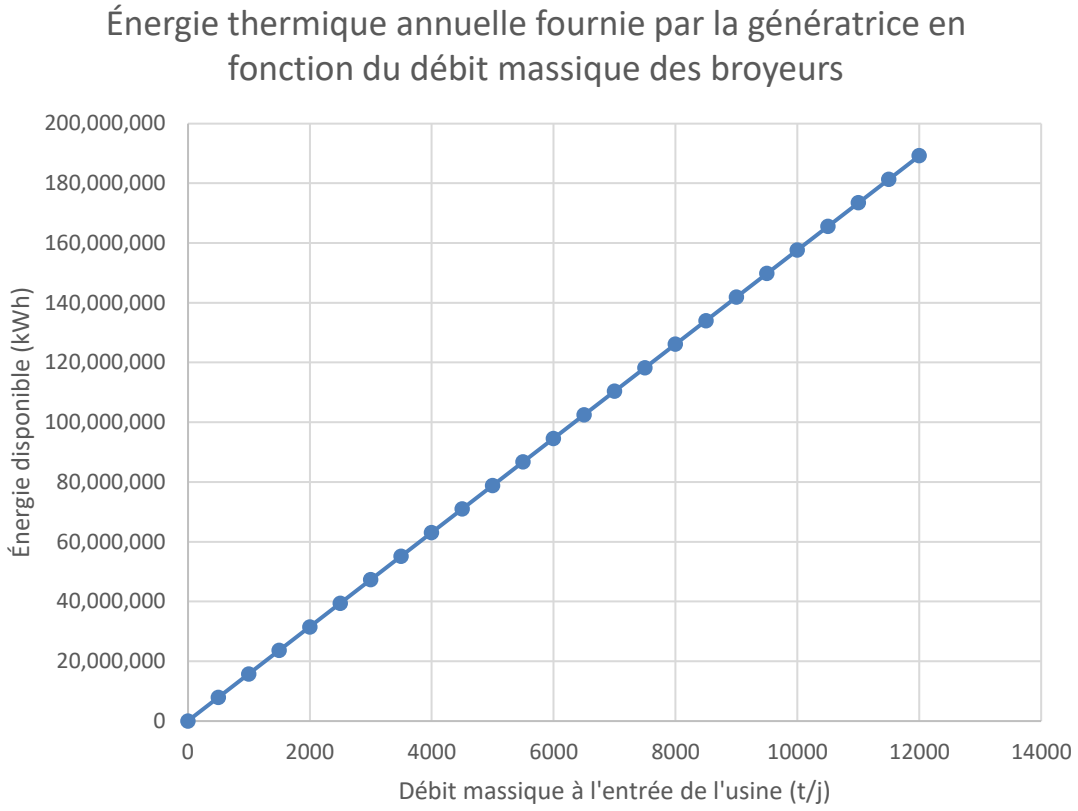
5. Conclusions

1. Le secteur minier consomme une grande quantité d'énergie et est propice à l'intégration de techniques de récupération de chaleur résiduelle.
2. Les techniques de récupérations d'énergie sur les sites miniers permettraient :
   - De réduire la consommation d'énergie des sites.
   - Une diminution des gaz à effet de serre.
3. Le développement d'un simulateur d'énergie adapté pour le secteur minier pourrait stimuler l'intégration de projets de récupération d'énergie dans le secteur.
4. L'intégration de récupération d'énergie est un bon exemple de projet de développement durable et bénéfique pour l'environnement.

2. Source thermique

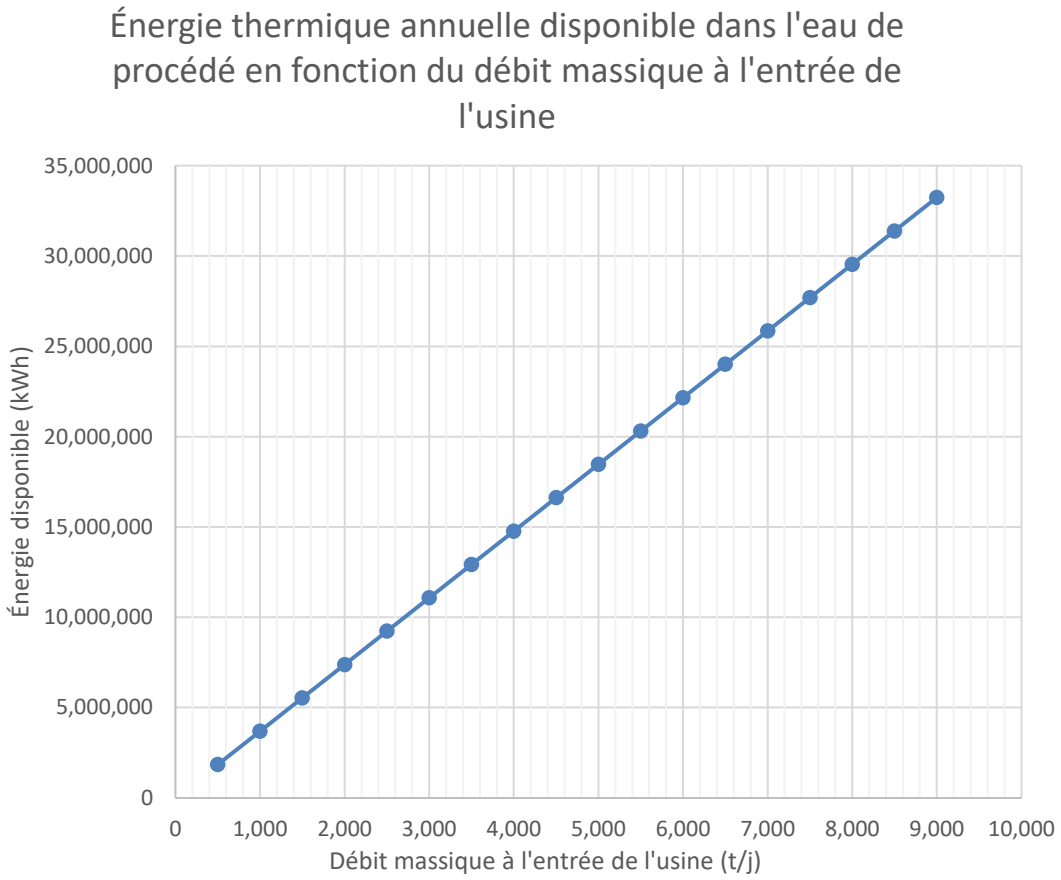
Chaleur disponible sur une génératrice alimentant un système de broyage – type 4

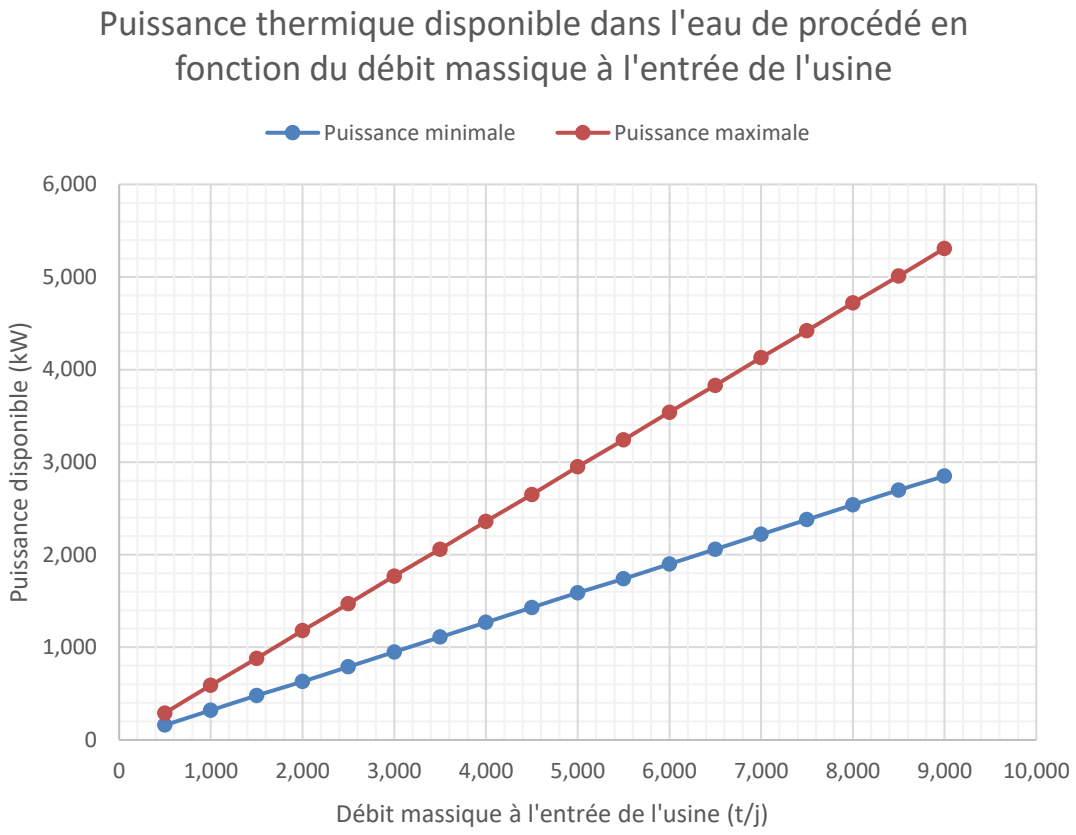




Notes graphiques:
Pourcentage d'utilisation du broyeur (90%) ; la génératrice alimente les broyeurs ; énergie spécifique associée au broyage (24 kWh / t) ; la récupération s'effectue sur le radiateur et les gaz d'échappement seulement

2. Source thermique :
Chaleur disponible dans l'eau de procédé – type 1





Hypothèse de l'analyse :
Capacité thermique du minerai (0,7 kJ / (kg K) ; humidité relative du minerai du minerai (2%) ; variation de température du minerai (5 à 25 °C); pourcentage solide de la pulpe lors de l'envoi au parc à résidu (68%) ; pourcentage solide après le procédé minier (35%) ; température de la pulpe minimale à la sortie de l'usine (20°C) ; température de l'eau de procédé après soutirage de l'énergie thermique (°5C)

Contact information

- CanmetMINING:
  - Yan Germain – yan.germain@canada.ca
  - Enrique Acuña – enrique.acuna-duhart@canada.ca
- CEMI:
  - Charles Nyabeze – cnyabeze@cemi.ca