

Audit énergétique



Criée de Saint Quay Portrieux (22)



Préambule

Cet audit est la deuxième phase du projet DEIB mis en œuvre par la CCI des Côtes d'Armor, et porte sur la gestion des énergies à la Criée du port de Saint-Quay-Portrieux.

L'objectif, sur la base du prédiagnostic réalisé en phase 1, est de :

- compléter l'état des lieux des équipements et usages,
- analyser les consommations d'énergie du site, leur répartition et leur évolution,
- préciser, analyser et quantifier le potentiel d'économies,
- concevoir et proposer des solutions techniques adaptées, dans une approche comparative des investissements et résultats attendus.

Les relevés sur site ont été établis avec la collaboration de Mr Birault, que nous remercions pour sa disponibilité.

Cet audit a été réalisé à partir des éléments portés à notre connaissance et ne peut en aucun cas être utilisé pour une réalisation sans avoir été vérifié et complété par une étude d'exécution.

Première partie : descriptif du site

- Caractéristiques générales p 04
- Sources d'énergie(s) p 05
- Descriptif des équipements p 06
- Bilan de puissance p 12
- Conclusions p 13

Caractéristiques générales

Sur environ 3 000 m², la Criée de Saint Quay comporte :

- une halle principale, refroidie à +8/10°C de 20h à 07h,
- les chambres froides, maintenues à +2°C,
- la salle des ventes et la zone administrative,
- un bâtiment séparé avec les locaux sociaux et techniques.

A noter deux bâtiments distincts (Celtarmor et St Cast), indépendants sur le plan énergétique mais alimentés en eau de mer par la Criée.

Le site emploie environ 30 personnes, avec une activité :

- globalement en 3x8h cinq jours sur sept,
- plus faible le WE (samedi partiel et dimanche après 19h).

Le tonnage traité représente environ **10 500 tonnes/an**, dont un tiers de coquilles Saint-Jacques (décembre à avril).

Sources d'énergie

Gaz naturel :

- contrat GDF au tarif B2S, volume \approx **460 MWh**, alimentant :
 - le chauffage et la production d'ECS des locaux sociaux
 - la machine à laver les bacs.

Electricité :

- contrat EDF Vert A5 base MU (200/263 kW), volume annuel environ **1 250 MWh**, alimentant :
 - la production frigorifique et le traitement d'air,
 - le process et la station de pompage d'eau de mer,
 - le chauffage de la salle des ventes et des bureaux,
 - les usages divers (éclairage, bureautique, ..).

La manutention est réalisée par des chariots à propane (\approx **170 MWh**).

Production frigorifique

La production frigorifique centrale comporte :

- deux compresseurs ($55 \text{ kW}_{\text{abs}}$ nominal) fonctionnant au R22, alimentant une boucle d'eau glycolée (-12°C) pour le traitement de la halle climatisée et des chambres froides,
- un compresseur ($55 \text{ kW}_{\text{abs}}$), également au R22, en détente directe sur un silo à glace d'une capacité de 40 tonnes très partiellement utilisée (usage ≈ 20 tonnes/semaine),
- une tour aéro-réfrigérante bi-circuit commune ($13 \text{ kW}_{\text{abs}}$).

La régulation est assurée par un automate TSX, avec maintien permanent de la boucle d'eau glycolée. Le silo à glace est autorisé en général de 01h à 06h (7j/7), avec relance manuelle si nécessaire.

Un petit groupe distinct ($4 \text{ kW}_{\text{abs}}$) traite le local déchets.

L'ensemble (auxiliaires inclus, hors secours et terminaux) représente environ **200 kW**.

Chauffage des locaux

Les **locaux sociaux** sont traités par une chaudière gaz (186 kW_{cal}) avec brûleur mono-étagé, alimentant :

- un circuit chauffage (régulateur hors service), réglé manuellement à $\approx 65^{\circ}\text{C}$ constant,
- un circuit direct pour la production d'eau chaude sanitaire (secondaire $\approx 40^{\circ}\text{C}$) avec bouclage permanent (sauf WE),
- la boucle primaire est régulée à température constante (aquastat 75°C),
- l'ensemble (brûleur, pompes) représente environ 2 kW.

La **zone administrative** est chauffée par convecteurs électriques (puissance totale ≈ 25 kW), avec un programmateur multi-zones HS.

La **salle des ventes** est traitée par ventilo-convecteurs (≈ 8 kW) en fonctionnement permanent (proximité de la halle froide).

L'ECS des bureaux est produite par un cumulus (2 kW).

Traitement d'air

La **halle principale** est traitée par une centrale d'air fonctionnant en tout recyclage (soufflage en gaine textile et reprise en partie haute) :

- débit 42 000 m³/h, ventilateur 18,5 kW avec variation vitesse,
- double batterie à eau glycolée, pompe 6 kW,
- fonctionnement de 20h à 07h, arrêt jour et week-end.

Les **chambres froides** sont maintenues en température par un ensemble de frigorifères :

- puissance totale \approx 17 kW (incluant les pompes de soutirage),
- régulations locales pour maintien permanent entre 0 et +3°C,
- dégivrage par ventilation forcée.

En pleine activité (tri, vente) les nombreuses ouvertures de portes génèrent des mouvements d'air incontrôlés. De jour, la halle reste ouverte sur l'extérieur et les chambres sont globalement fermées.

Pompage eau de mer

La **station de pompage** comporte :

- deux pompes de puisage ($18 \text{ kW}_{\text{unit}}$ avec VEV) fonctionnant en alternance pour alimenter une bête de 10 m^3 ,
- trois surpresseurs (15 kW unitaire) réalimentant les réseaux de distribution,
- un ensemble de sous-compteurs et de débimètres avec supervision,
- fonctionnement permanent,
- usages : déglacage, nettoyage des locaux, alimentation viviers
- actuellement rejet direct en mer après dégrillage, projet en cours pour la mise en place d'une station de traitement,
- le débit annuel est de l'ordre de $200\,000 \text{ m}^3$, dont environ 20% pour Celtarmor.

L'ensemble représente **85 kW** installés.

Equipements de process

La **machine à laver** les bacs est classique, avec :

- dépilage → pré-lavage → lavage → rincage → rempilage,
- alimentation en eau de ville ($\approx 2 \text{ m}^3/\text{h}$),
- alimentation en gaz naturel (2 brûleurs $120 \text{ kW}_{\text{cal}}$ unitaire),
- pompes et auxiliaires $\approx 45 \text{ kW}$,
- fonctionnement 8 à 12 h/jour, discontinu suite à ruptures dans l'approvisionnement en bacs.

Le **silò à glace** ($\approx 1\ 200 \text{ t/an}$, en diminution) alimente :

- les besoins internes de la criée (17%), les mareyeurs (49%) et les pêcheurs (34%),
- fourniture à la demande, hauteurier prévisible le dimanche (6t),
- puissance totale 30 kW (convoyage, hors production frigo),

La **déglaceuse** représente environ 2 kW.

Divers

Eclairage

L'éclairage intérieur est réalisé par tubes fluorescents avec ballast ferromagnétique, commandés par interrupteurs (zoning dans la halle). La puissance totale (éclairage extérieur inclus) est d'environ 30 kW.

Manutention

La manutention au sol est assurée par des chariots thermiques. Les équipements de translation (grues, monte-charges) représentent environ 90 kW installés, avec un usage très ponctuel.

Bureautique

Une trentaine de postes informatiques (écrans plats) dans la salle des ventes, plus un vingtaine de postes administratifs. La puissance installée est de l'ordre de 15 kW.

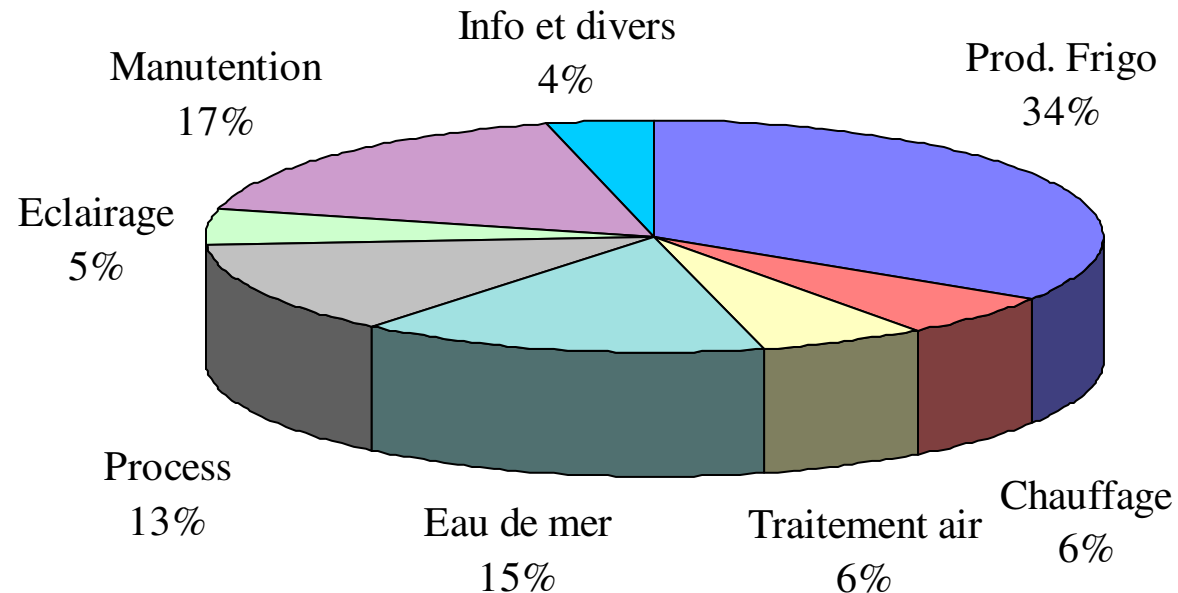
Vestiaires

Les équipements de lavage/séchage représentent environ 6 kW.

Bilan de puissance électrique

Puissance totale installée \approx 600 kW

Répartition
par usage



Pour une puissance souscrite de 263 kW (en été) le foisonnement global est de 0,44 à pondérer compte tenu de l'intermittence des équipements de manutention.

Hors manutention, le foisonnement reste de 0,53 (0,4 en hiver) indiquant un important risque de dépassements,

Conclusions

Le site a des besoins thermiques importants et simultanés (eau chaude production froide). Certains éléments semblent donc surprenants :

- pas de récupération (ou transfert) d'énergie,
- régulations indépendantes et en partie défailtantes (régulateur chaufferie, programmeur bureaux).

La remise en état récente du racleur silo a permis de retrouver un fonctionnement cohérent (stockage adapté, plus de rejet en mer), bien que l'automate de conduite reste défailtant. A noter également une panne signalée sur l'un des brûleurs de la machine à laver.

Les (rares) sous-compteurs du site sont utilisés pour la refacturation (glace, eau de mer) ou pour la maintenance (compresseurs, pompes) sans lien avec une répartition des énergies.

Deuxième partie : profil énergétique

● Consommations d'eau 2006	p 15
● Consommations de gaz 2006	p 16
● Consommations d'électricité 2006	p 17
● Courbes de charge	p 18
● Répartition des consommations	p 22
● Profil énergétique	p 24
● Conclusions	p 25

Consommations d'eau - 2006

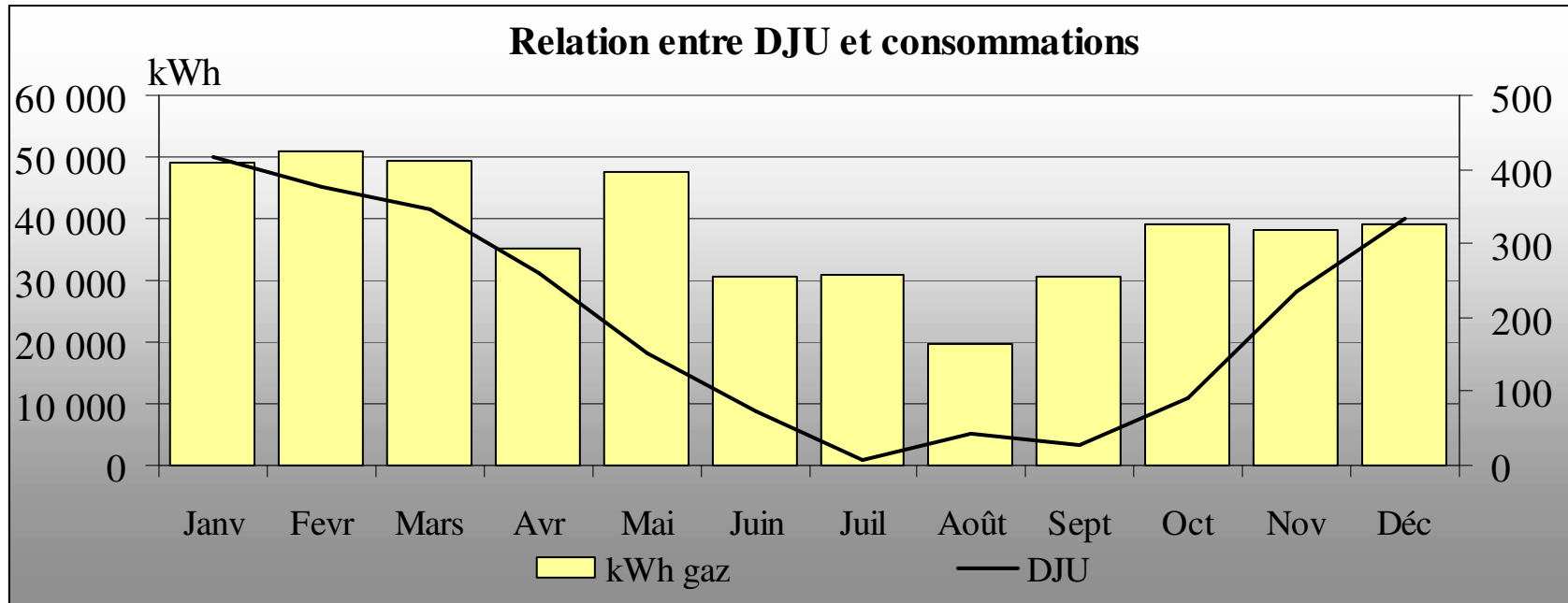
● Eau de ville :

- facturation environ 21 000 m³/an, coût 1,85 €/m³,
- machine à laver : $\approx 9\,600$ m³/an, ce qui semble excessif
- machine à glace : $\approx 5\,400$ m³/an, ce qui n'est pas cohérent avec la quantité produite (1 200 tonnes),
- sanitaires, tour aéro et divers : $\approx 7\,000$ m³/an,
- consommations en hausse (probablement + 30 % en 2008).

● Eau de mer :

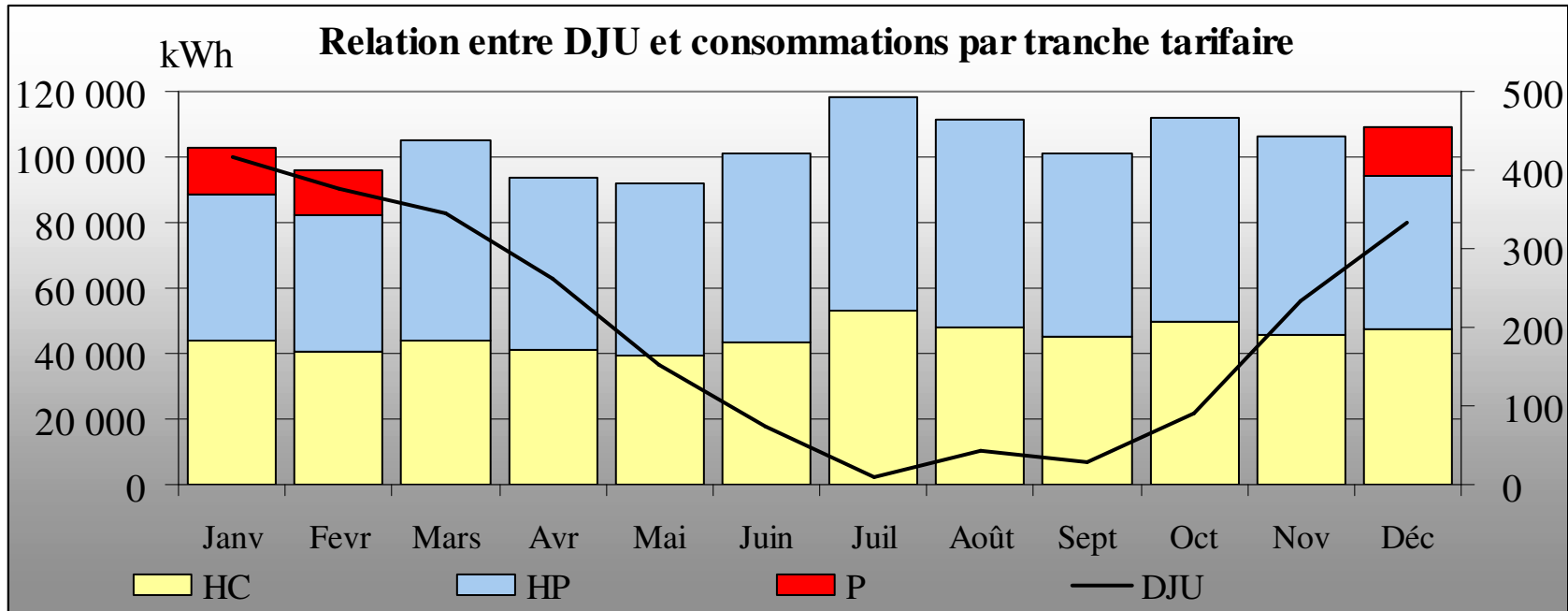
- volume annuel $\approx 200\,000$ m³
- dont Celtarmor ≈ 20 %, Saint Cast ≈ 16 %,
- débit moyen en activité 60 m³/h,
- sous-compteurs existants, pas de refacturation.

Consommations de gaz naturel - 2006



- volume 2006 \approx **460 MWh** pour \approx 15 k€HT (33,75 €HT/MWh),
- captif \approx 30,5 MWh/mois (77 % du total annuel) pour la machine à laver et l'eau chaude sanitaire (pertes incluses),
- part chauffage \approx 105 MWh/an ($<$ 100 Wh/m²/Dju),
- profil surprenant : pas de réponse aux Dju (cf début et fin d'année) mais niveau variable et anomalie en mai \rightarrow conduite manuelle ?

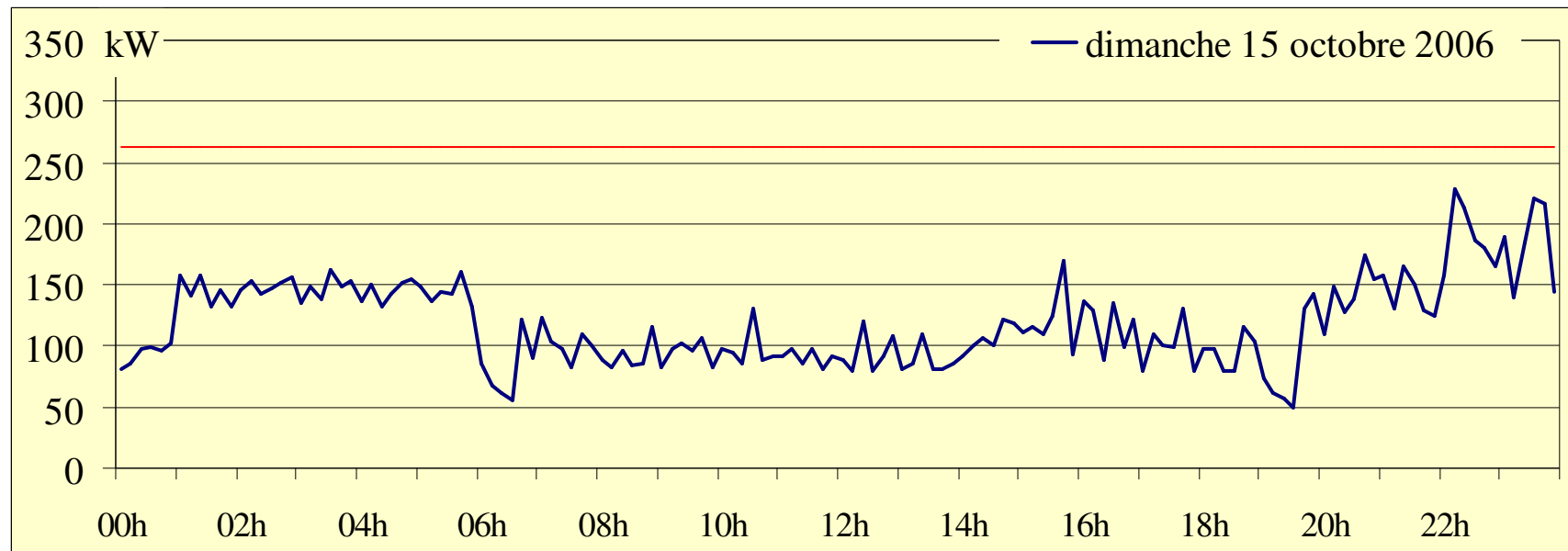
Consommations d'électricité - 2006



- volume 2006 \approx **1 250 MWh** pour \approx 70 k€HT (55,85 €HT/MWh),
- une réponse climatique faible (juillet/août renforcés, mais octobre à mars supérieurs à juin/septembre),
- une consommation constante (HC = 43,3% pour 43,0% du temps),
- 3 400 €HT de pénalités (5%) et 1 000 €HT de réactif (1,4%).

Courbe de charge

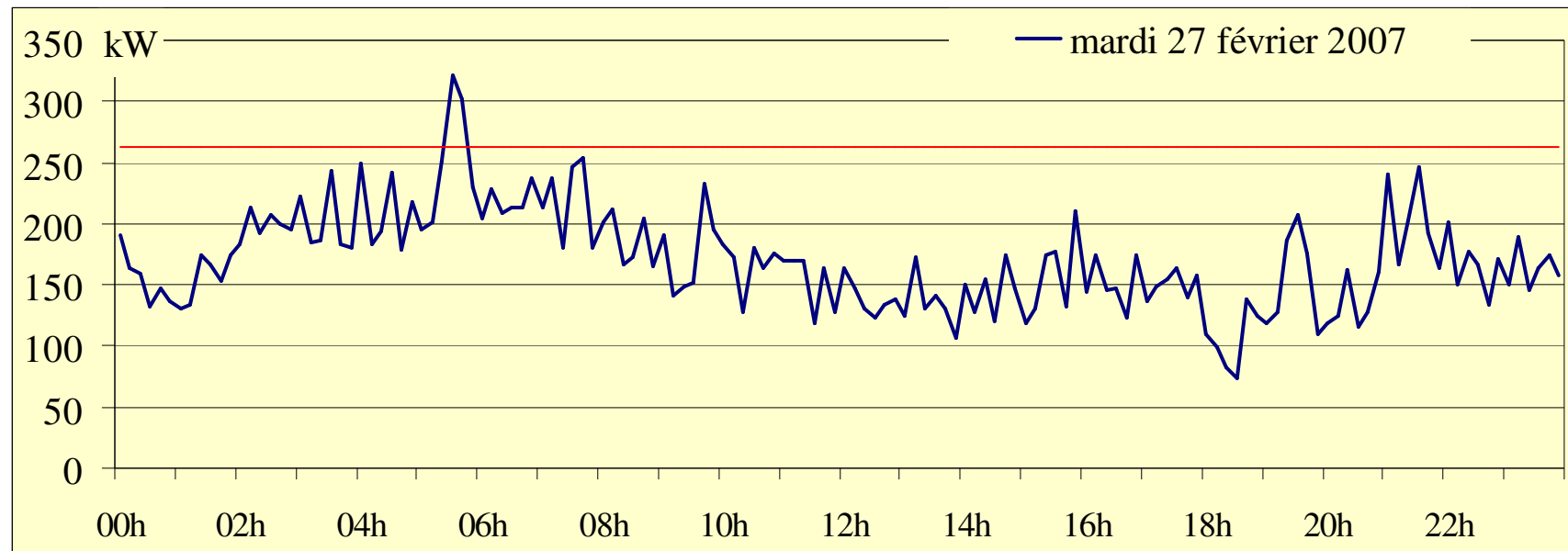
Dimanche :



- talon inactivité ≈ 100 kW soit 70 % de la consommation annuelle,
- machine à glace de 01h à 06h (puissance ≈ 50 kW),
- bref arrêt du froid (06h, 19h) avec maintien du pompage eau de mer (≈ 40 kW) et du "bruit de fond" (≈ 10 kW),
- redémarrage du froid à 20h (halle) et machine à glace (22h) pour chargement d'un hauturier.

Courbe de charge

Activité hiver :

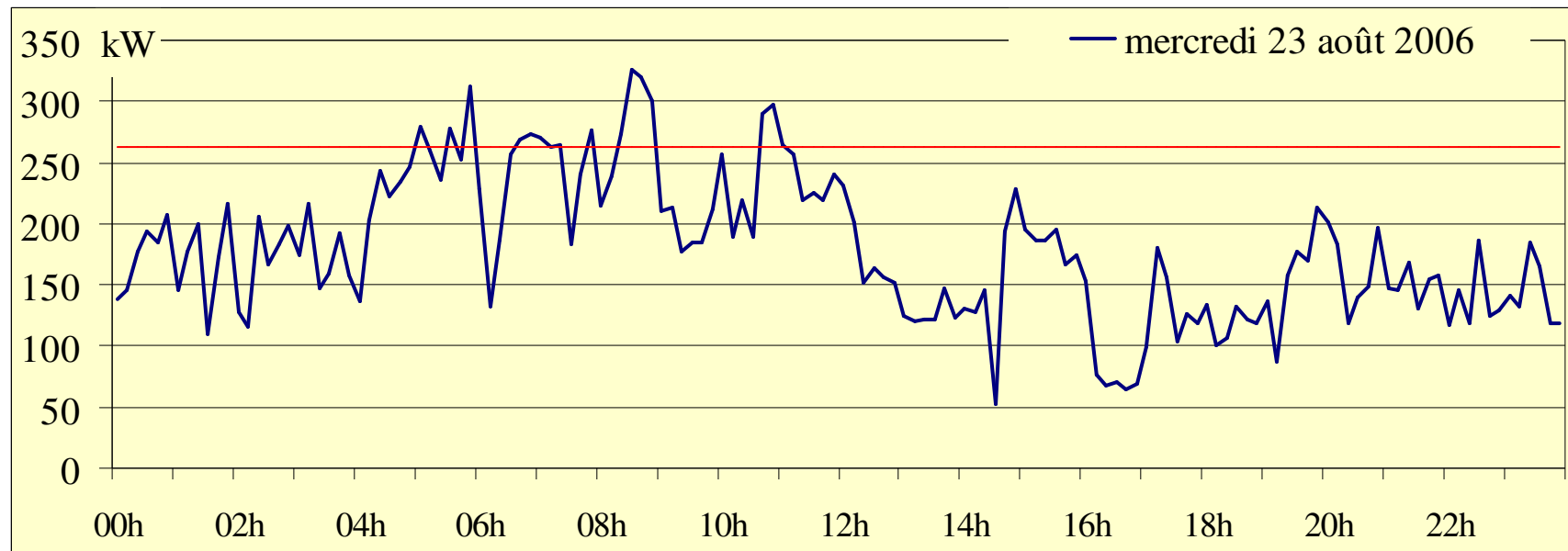


A partir du même profil, on superpose :

- l'éclairage (30 kW) puis après 02h les besoins de froid liés à l'activité (cycle d'un compresseur),
- le process (machine à laver) dès 05h30, avec un dépassement dû à des enclenchements simultanés,
- un cycle décroissant dans la journée, puis redémarrage après 19h.

Courbe de charge

Activité été :

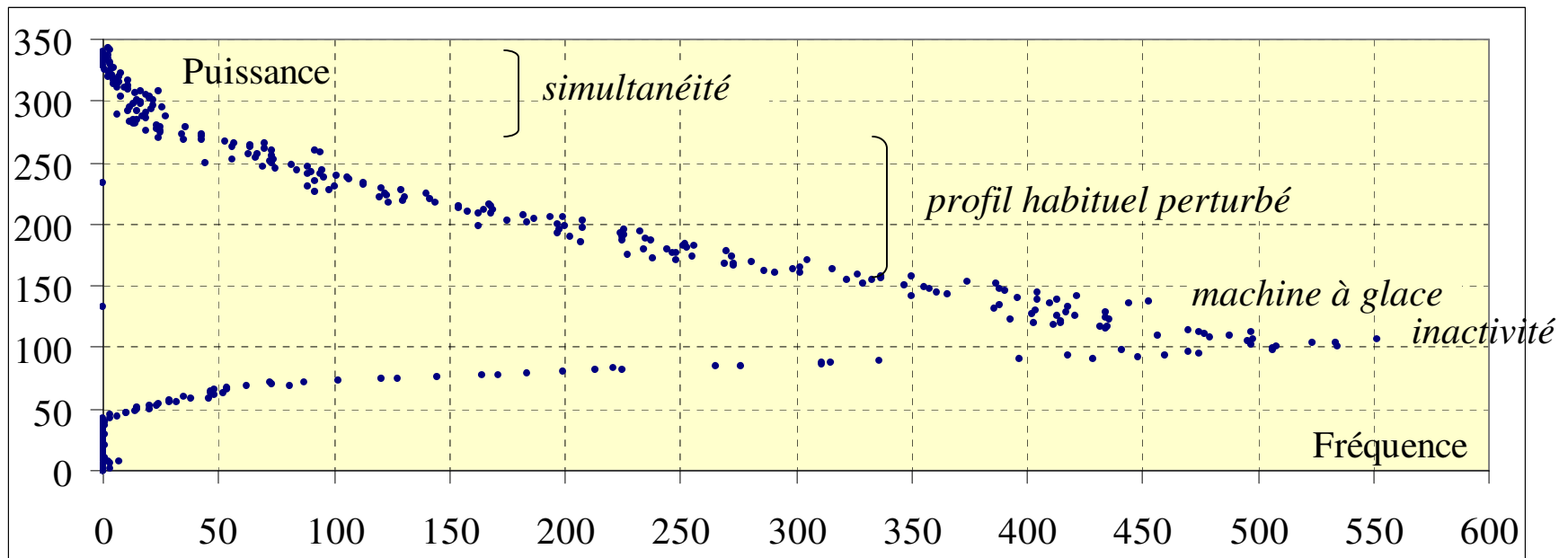


Sur le même profil que précédemment, on retrouve :

- des cycles frigorifiques beaucoup plus heurtés (cf 06h, 09h, 15h),
- des dépassements réguliers mais de courte durée,
- un volume global à peine supérieur aux mois d'hiver,
- ce qui confirme que les besoins de froid sont quasiment indépendants des conditions climatiques.

Courbe d'occurrence

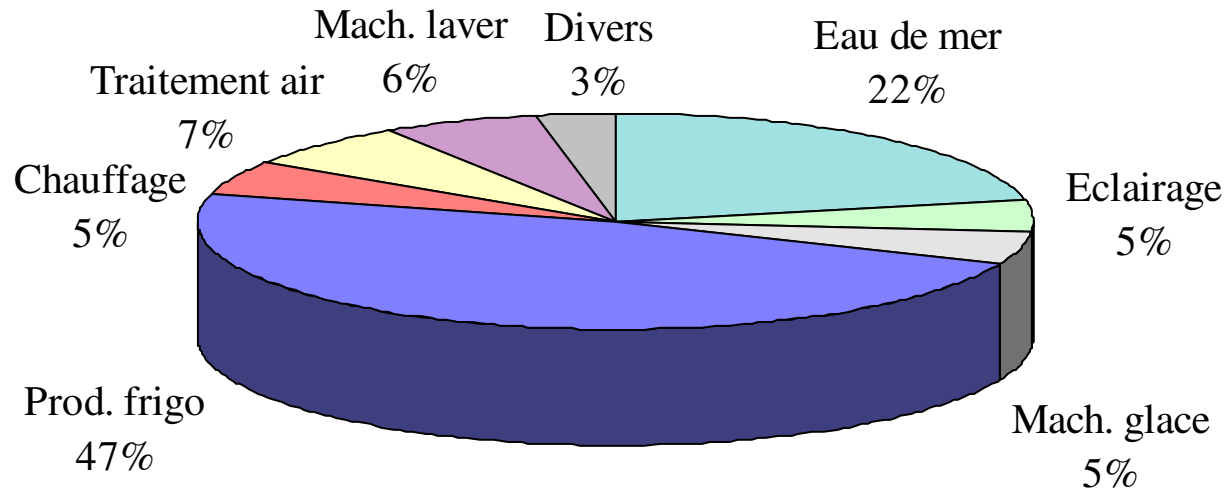
Période de juin 2006 à mai 2007 :



- les zones les plus fréquentes confirment bien la représentativité des courbes journalières,
- un talon captif important (100 kW = pompage + froid + divers),
- pas de distinction entre l'été et l'hiver,
- moins de 2,5 % d'impacts supérieurs à 263 kW (pénalités 3400 €).

Répartition des consommations électriques

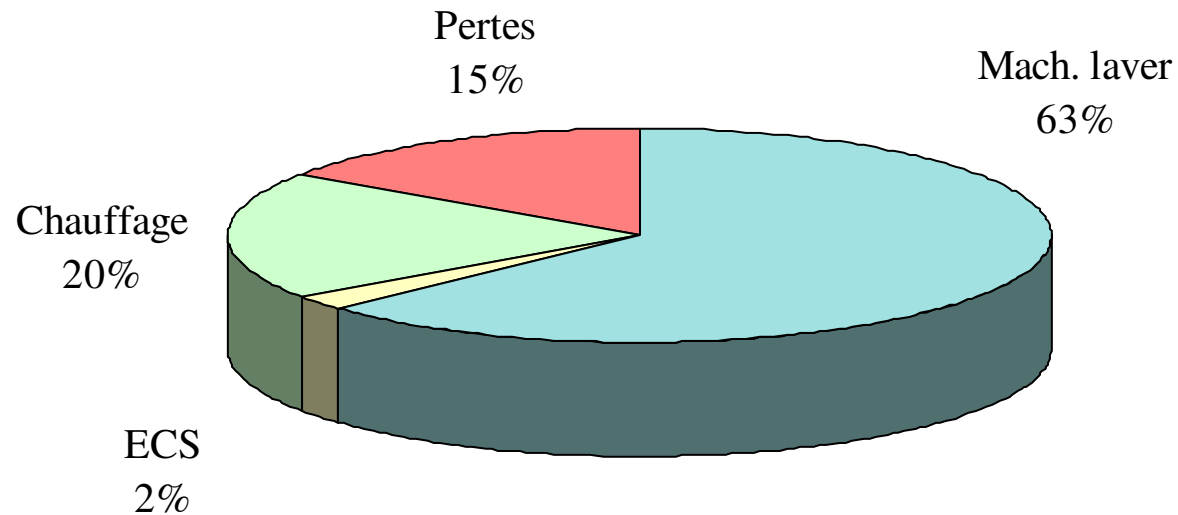
Valeurs calculées à partir des puissances et relevés horaires :



- comme prévu, la production de froid représente environ la moitié des consommations (rappel : un tiers de la puissance installée),
- plus surprenant, le pompage d'eau de mer est le deuxième poste notamment avec les surpresseurs (17% à eux seuls),
- la machine à laver, considérée comme un gros consommateur, représente moins de 10% des consommations directes.

Répartition des consommations de gaz

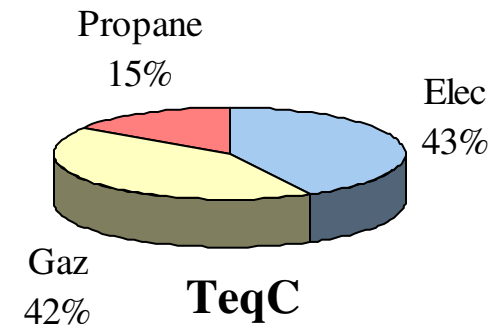
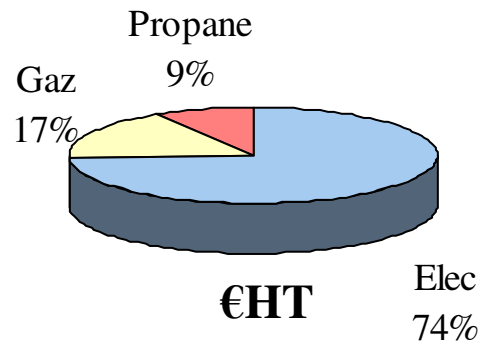
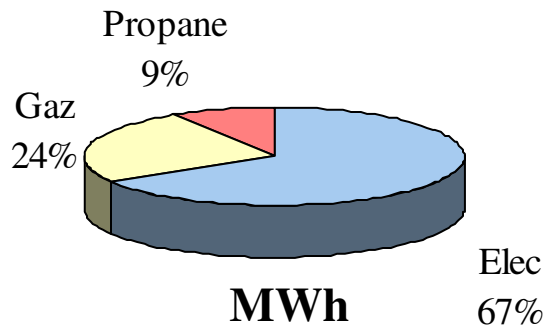
Valeurs estimées à partir des relevés et modes de fonctionnement :



- la part chauffage est calculée d'après les consommations variables, l'ECS estimée d'après l'occupation moyenne,
- la machine à laver représente environ deux tiers des consommations (équivalent $\approx 2 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau chauffée à 75°C),
- à noter les pertes, liées au rendement de la machine à laver ($< 90\%$ d'après constructeur) et à la régulation de la chaufferie ($\approx 85\%$).

Profil énergétique

Année 2006	Volume	Budget	Charge
Electricité	1 249 MWh	69,8 k€HT	29 TeqC
Gaz naturel	460 MWh	15,5 k€HT	29 TeqC
Propane	169 MWh	8,3 k€HT	10 TeqC
Total	1 879 MWh	93,6 k€HT	68 TeqC



● le volume énergétique global représente 626 kWh/m²/an, et environ 180 kWh par tonne traitée.

Conclusions

● Un profil énergivore :

- 600 MWh/an pour la production de froid,
- 460 MWh/an pour la production d'eau chaude,
- dérive progressive : élec + 9%, gaz + 38% (sur 2005),
- des équipements vieillissants (silo, tour aéro),
- des régulations obsolètes ou défectueuses.

● Un potentiel évident :

- nombreux fluides de transfert (eau glacée, eau de mer, glace)
- une faible sensibilité climatique,
- des contraintes de température assez larges (2°C),
- peu de process direct → inertie des besoins thermiques.

Troisième partie : potentiel d'optimisation

- Actions de premier niveau p 27
- Schéma énergétique p 28
- Récupération d'énergie p 31
- Production d'eau chaude p 33
- Réjection d'énergie p 35
- Réseau d'eau glycolée p 37
- Machine à glace p 39
- Optimisation tarifaire et divers p 40
- Synthèse du potentiel d'optimisation p 42

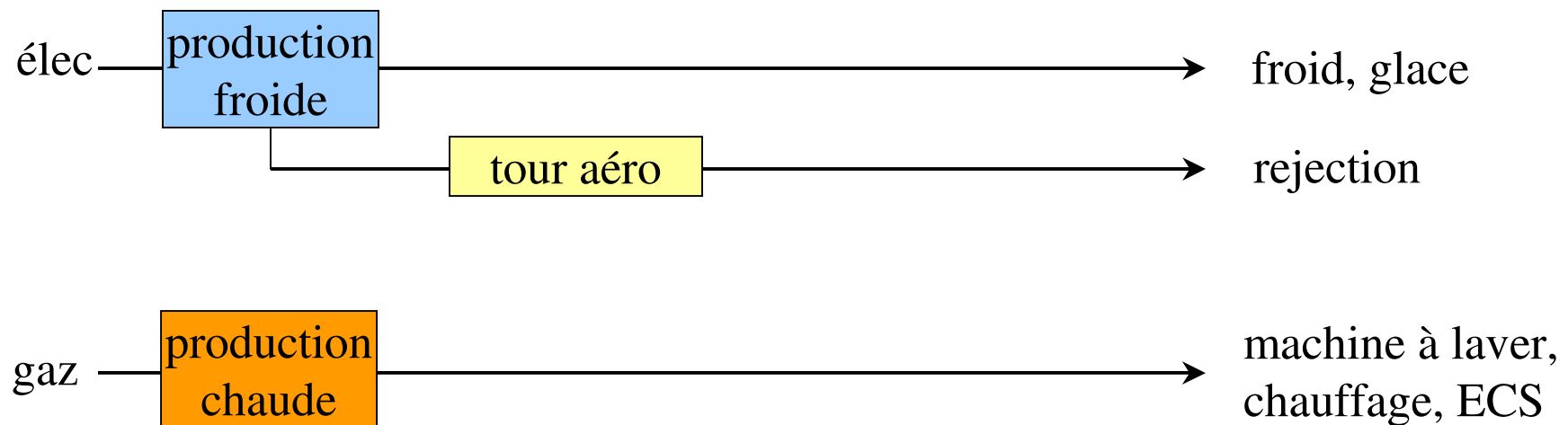
Actions de premier niveau

Le prédiagnostic réalisé courant 2007 a permis d'identifier plusieurs axes d'amélioration immédiats. Certaines de ces actions sont simples, d'effet immédiat, et indépendantes des autres actions étudiées :

- Régulation des convecteurs :
 - remplacement du programmateur existant (4 zones),
 - gain \approx 400 €HT, investissement \approx 800 €HT.
- Gestion de l'énergie réactive :
 - contrôle ou remplacement des condensateurs existants,
 - gain \approx 1000 €HT, investissement \approx 3000 €HT à confirmer.
- Remise en état silo à glace :
 - la modification du mode de conduite permet aujourd'hui d'éviter les rejets en mer \rightarrow gain en partie réalisé,
 - la conduite semi-manuelle ne permet pas d'optimiser les périodes de fonctionnement \rightarrow impact sur appel de puissance.
 - le gain résiduel sera analysé par la suite.

Schéma énergétique global (1)

Le principe énergétique **actuel**, avec les équipements existants, est schématiquement le suivant :

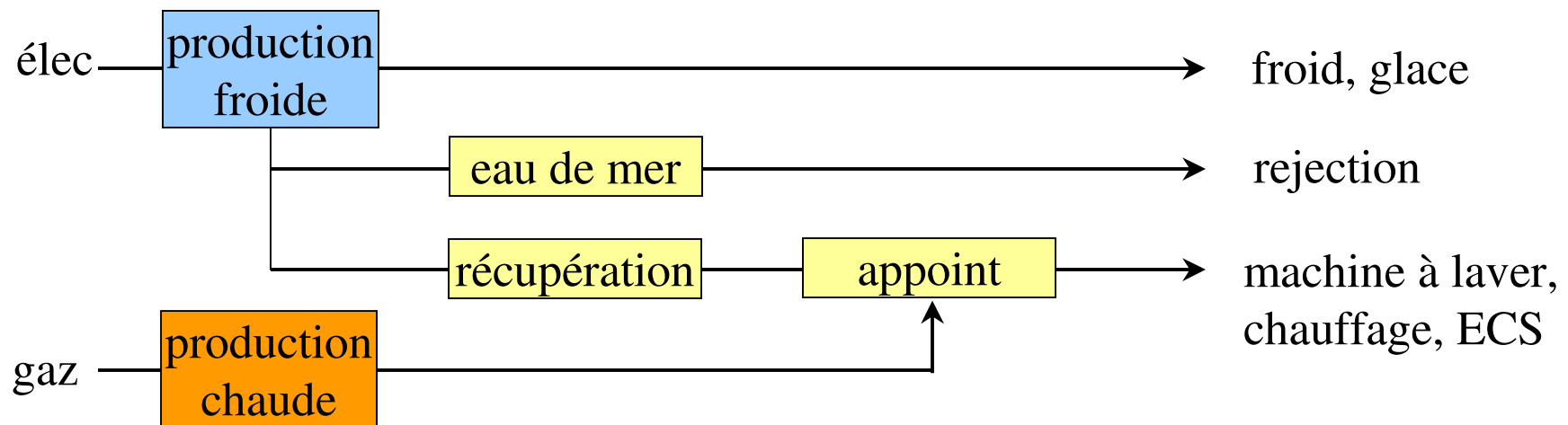


Les productions de chaud et de froid sont indépendantes, sans transfert ni récupération d'énergie.

- avantage : simplicité de conception,
- inconvénient : coût d'exploitation et impact environnemental.

Schéma énergétique global (2)

Compte tenu des énergies mises en œuvre dans une Criée, un principe énergétique plus **économique** serait le suivant :

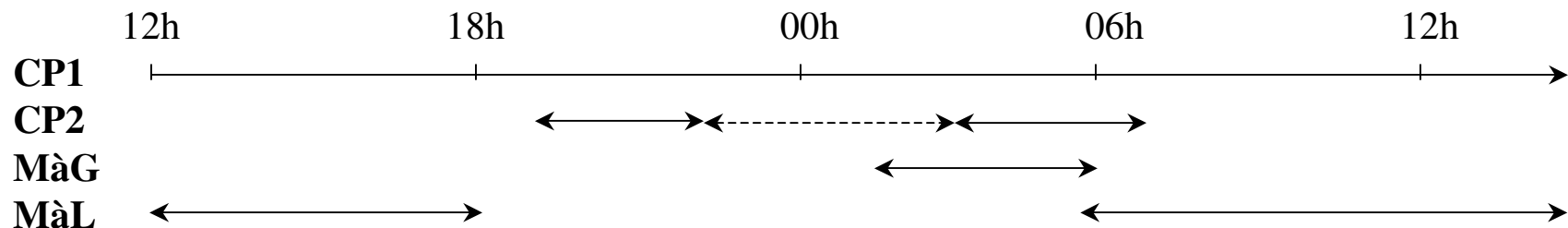


La récupération d'énergie couvre une partie des besoins de chaleur, l'eau de mer est utilisée pour évacuer l'excédent.

- avantage : baisse des consommations, suppression tour aéro,
- inconvénient : installation existante à faire évoluer.

Volume énergétique disponible

- Le temps de marche annuel des compresseurs est de :
 - CP1 et CP2 (eau glycolée) \approx 4200 heures chacun
 - CP3 (glace) \approx 1 500 heures/an
 - avec un COP moyen de 1,5 l'énergie calorifique disponible est d'environ $(605 + 108) \approx$ **710 MWh_{calo}**
 - à un niveau de température de l'ordre de 35 à 40°C.
- La grille horaire de fonctionnement est schématiquement de :



Le décalage disponibilité-besoin empêche en partie la récupération :

- sauf à décaler une partie des équipements (coût HP-HC),
- ou à mettre en place un stockage d'eau chaude (coûteux).

Récupération d'énergie (1)

● Situation actuelle :

- besoin instantané sur la machine à laver $\approx 140 \text{ kW}_{\text{calo}}$,
- réjection disponible sur un compresseur $\approx 70 \text{ kW}_{\text{calo}}$,
- soit un préchauffage d'eau possible à 40°C .

● Proposition :

- mise en place d'un condenseur frigorifique sur alimentation en eau de la machine à laver et de l'échangeur ECS,
- appoint par les Thermigaz existants (piquage actuel sur l'ECS inadapté).

● Gain :

- baisse des consommations gaz (MàL et ECS),
- baisse de charge thermique sur la tour aéro (eau et produits)

Récupération d'énergie (2)

● Potentiel :

- 42% de la consommation gaz pour la machine à laver,
- 80% de la consommation gaz pour l'ECS (valeur minorée),
- soit **150 MWh** (gaz naturel),
- 20% des consommations spécifiques de la tour aéro, soit **10 MWh** (élec), **700 m³** d'eau de ville, et **250 kg** de produits.

● Investissement :

- un échangeur eau de ville (150 kW) sur arrivée lavage,
- contrôle régulations Thermigaz et tour aéro,
- l'ensemble \approx 20 000 €HT (devis en cours).

● Contrôle :

- évolution consommations gaz (à activité et Dju constants).

Production d'eau chaude (1)

● Situation actuelle :

- le primaire est à température constante, le circuit chauffage n'est plus régulé,
- la chaudière fonctionne en été pour la production d'ECS.

● Proposition :

- remplacement du régulateur chauffage,
- arrêt chaufferie de mai à octobre (production ECS par récupération d'énergie, appoint éventuel à vérifier).

● Gain :

- température d'eau proportionnelle aux besoins,
- suppression pertes en été (effet radiateur),
- rappel : consommations gaz + 38% entre 2005 et 2006.

Production d'eau chaude (2)

● Potentiel :

- par expérience, environ 25% des consommations spécifiques au chauffage (pertes inclus),
- soit \approx **40 MWh** après déduction M_aL et ECS.

● Investissement :

- un régulateur chauffage avec loi d'eau,
- abaissement température le week-end,
- l'ensemble \approx 1 000 €HT (pose inclus).

● Contrôle :

- évolution consommations gaz (à activité et Dju constants),
- ou mise en place d'un sous-compteur permettant de distinguer la chaufferie et la machine à laver.

Réjection d'énergie (1)

● Situation actuelle :

- la tour aéro rejette la totalité de l'énergie des groupes froids,
- l'eau de mer est distribuée en permanence (30 à 60 m³/h).

● Proposition :

- mise en place d'un condenseur eau de mer avec by-pass,
- suppression de la tour aéro-réfrigérante.

● Gain :

- coûts directs et annexes de la tour aéro (électricité, eau de ville, produits, maintenance, légionelle, vétusté),
- réjection d'énergie sur un réseau existant (eau de mer),
- dans la limite du dT acceptable (proposition 1°C à 2°C, compatible avec un débit type de 60 m³/h).

Réjection d'énergie (2)

● Potentiel :

- solde des consommations tour aéro, soit **35 MWh** (élec), **2 800 m³** d'eau de ville, et **950 kg** de produits.
- impact environnemental et réglementation,
- à déduire surconsommation pour by-pass \approx 20 MWh.

● Investissement :

- condenseur eau de mer (300 kW) sur production frigo,
- vanne by-pass et régulation,
- l'ensemble estimé à 30 000 €HT (devis en cours),

● Contrôle :

- suppression consommations tour (électricité, eau, produits)
- à déduire surconsommation pompage eau de mer.

Réseau d'eau glycolée (1)

● Situation actuelle :

- besoin réel : halle à +8/10°C, chambres à 0/+3°C,
- le réseau est maintenu à -12°C ($dT \approx 4^\circ\text{C}$),
- les pompes cyclent pour maintenir la température.

● Proposition :

- mise en place d'un variateur de vitesse sur une pompe pour moduler le débit,
- modification point de régulation réseau à -6°C.

● Gain :

- environ 0,6 bar sur la pression d'évaporation, soit $\approx 12\%$,
- à débit horaire identique, 35 % de la consommation pompe,
- éligible aux certificats d'économie d'énergie (IND-UT-02).

Réseau d'eau glycolée (2)

● Potentiel :

- 12 % consommations spécifiques CP1/CP2, soit **48 MWh**,
- consommation pompes estimée à 130 MWh, gain 35% soit **45 MWh**.

● Investissement :

- un variateur 18,5 kW, coût fourni/posé \approx 4 000 €HT,
- modification réglages de l'automate TSX.

● Contrôle :

- respect des températures de chambres froides,
- relevé horaire compresseurs et pompes, ou mise en place sous-compteur électrique pour la production frigorifique.

Machine à glace

● Situation actuelle :

- production entre 20 et 25 tonnes/semaine,
- fonctionnement générique de 01h à 06h (heures creuses),
- capacité 0,6 t/heure, silo 40 tonnes.

● Proposition :

- organiser production de glace le week-end (hauturier),
- sous réserve tassement, ou remplacer sonde de niveau,
- relance éventuelle entre 22h et 04h en semaine.

● Gain :

- coût de production inchangé (heures creuses),
- adaptation puissance souscrite (200/250 kW en hiver),
- suppression des dépassements.

Optimisation tarifaire

● Situation actuelle :

- le profil tarifaire MU est le plus adapté en l'état actuel,
- le gain énergétique (145 MWh) et la gestion différente des équipements (machine à glace, tour, ..) permettent d'envisager une optimisation.

● Proposition :

- après réalisation des travaux et contrôle du résultat, abaissement de la puissance souscrite (200/250 kW),
- souscription d'un tarif LU.

● Potentiel :

- faible en l'état actuel (≈ 600 €HT),
- à contrôler en fonction des évolutions tarifaires.

Divers

Pour mémoire, on indiquera différentes pistes qui ont été explorées mais dont le potentiel est plus complexe :

- Retrofit de la production frigorifique :
 - réglementairement le R22 ne sera plus utilisable après 2012,
 - on peut s'interroger sur la conception même de l'installation, (réseau d'eau glycolée ou détente directe),
 - ou sur l'utilisation d'eau de mer comme fluide froid (halle à 8/10°C, soit la température de puisage en profondeur).
- Volume réfrigéré :
 - la hauteur actuelle de la halle est excessive (HSP \approx 5,5 m),
 - l'abaissement du plafond diminuerait le volume traité d'environ un tiers, sans effet notable sur le surfacique,
 - piste à conserver, justifiée en cas de réfection des plafonds.

Synthèse du potentiel d'optimisation

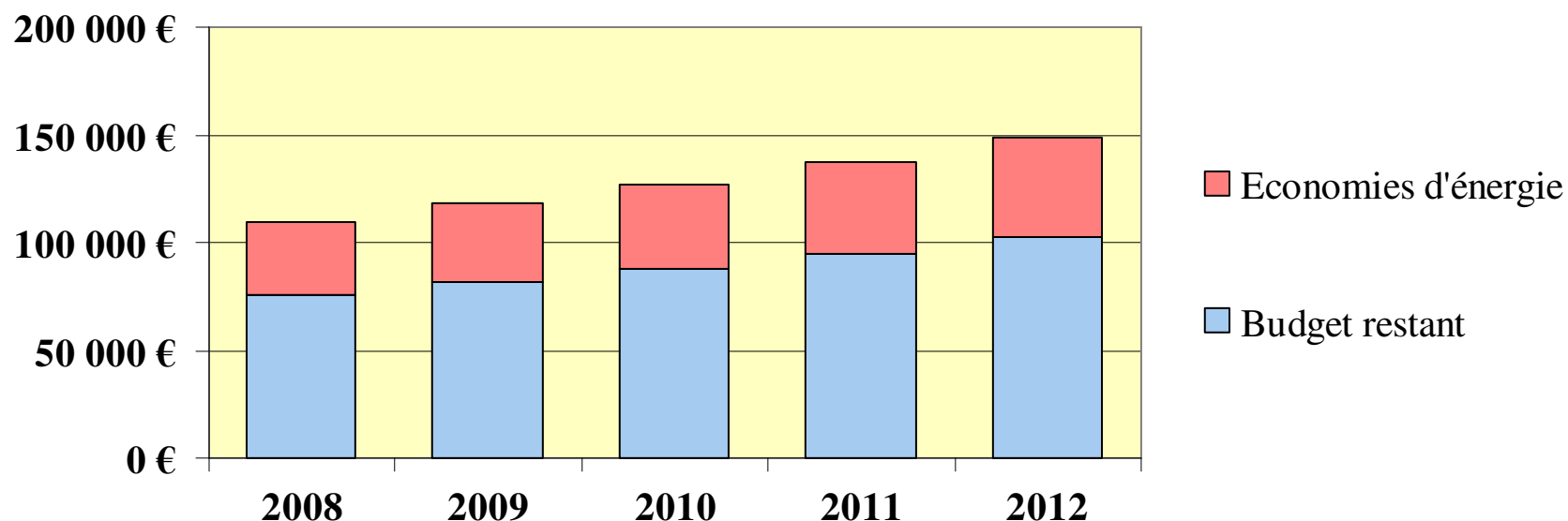
Poste	Gain			Investissement**	
	MWh	TeqC	€HT *	€HT	TRI
Récupération	160	9,5	8 100	20 000	2,5 ans
Chaufferie	40	2,5	1 300	1 000	0,8 ans
Réjection	15	0,3	10 800	30 000	2,8 ans
Eau glycolée	93	2,1	4 100	4 000	1,0 ans
Dépassements	-	-	3 400	-	-
Réactif, divers	7	0,2	1 300	3 800	3,0 ans
Suivi et AMO	-	-	-	5 000	-
Total	315 (16,7%)	14,6 (21,5%)	29 000 (17,4%)	63 800	2,2 ans

* valorisation aux coûts 2006 (44,36 €/MWh élec, 33,75 €/MWh gaz), incluant les coûts annexes (eau de ville, produits de traitement tour, hors frais maintenance).

** montant estimé, à valider notamment selon les choix et les contraintes du site.

Conclusions

● Maîtrise du budget énergétique :



- projection à profil constant,
- sur la base d'une hausse du coût de l'énergie de 8% par an,
- impact énergétique : gain de **73 TeqC** à cinq ans.

● Préparation des futurs investissements :

- valorisation des économies à cinq ans : **198 K€ HT**
- préparation à une future dérégulation, certificats blancs.