



LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DANS LES PISCINES EN WALLONIE



Service public
de Wallonie



GUIDE TECHNIQUE



LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DANS LES PISCINES EN WALLONIE

INITIATIVE



Boulevard du Nord, 8

5000 NAMUR

<http://pouvoirslocaux.wallonie.be>

RÉALISATION



Chaussée de Nivelles, 167

7140 ARQUENNES (NIVELLES)

www.teenconsulting.be

GUIDE TECHNIQUE

Mot d'introduction

L'objectif central d'Infrasports est de doter la Wallonie d'infrastructures sportives de qualité, accessibles à tous. La Région wallonne, et le Département Infrasports en particulier, est attentive à ce que les activités sportives se déroulent dans un environnement optimal, respectueux de la nature, pour tout sportif quel que soit son niveau. Un des moyens pour parvenir à cet objectif est de construire ou de rénover des bâtiments sportifs en y intégrant de bonnes pratiques énergétiques. Des pratiques qui doivent à la fois permettre aux pratiquants des différentes disciplines de bénéficier de conditions de confort optimales et réduire la consommation d'énergie et/ou produire l'énergie nécessaire à partir de sources renouvelables. De plus, le coût croissant des combustibles fossiles pèse sur les revenus des clubs sportifs ou des gestionnaires d'installations. Cette démarche concilie donc parfaitement les valeurs du sport avec la logique financière en appliquant les principes du développement durable.

Il convient encore d'ajouter que les mesures d'utilisation rationnelle de l'énergie, surtout celles qui présentent les temps de retour les plus courts, doivent être réalisées avant toute chose. Toutefois, lorsque toutes les opérations prioritaires d'économie d'énergie ont été réalisées, il est souvent utile et bienvenu de couronner un système énergétique par le recours aux énergies renouvelables.

La présente étude vise les opérations de rénovation et de construction des piscines publiques. Elle fournit les outils nécessaires aux maîtres d'ouvrage et aux auteurs de projet en leur permettant de concevoir des bassins de natation à hautes performances énergétiques et assurant aux utilisateurs un confort optimal.

La documentation se présente en deux volets, l'un plus général destiné aux maîtres d'ouvrage (outil d'aide à la décision), l'autre plus technique destiné aux auteurs de projet (outil d'aide à la conception).

Le volet « maître d'ouvrage » décrit d'un point de vue général les différentes stratégies énergétiques, présentant les avantages et les inconvénients liés à chaque solution. Cette partie a pour but de faciliter les choix du maître de l'ouvrage en ce qui concerne les différentes solutions possibles pour chaque stratégie.

Le deuxième volet décrit chaque solution de manière détaillée, permettant aux auteurs de projet d'intégrer les stratégies les plus opportunes dans leurs dossiers techniques (plans, métrés, estimatifs).

Assurer confort et bien-être aux usagers, mieux respecter notre environnement, réduire la charge financière qui pèse sur les Pouvoirs locaux, les clubs et les gestionnaires, bref appliquer quelques-unes des saines valeurs du sport, voilà l'esprit qui a guidé la rédaction de cet ouvrage. Ce document aidera tous ceux qui sont concernés à s'inscrire dans une démarche de qualité énergétique, démarche pour laquelle ils pourront bénéficier de différents mécanismes de soutien du gouvernement wallon (Infrasports, UREBA, ...). Je vous souhaite bonne lecture.

**Avec le soutien de
la Région wallonne**

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce guide afin que celui-ci soit le plus complet et pratique possible.

Les exploitants des piscines:

Monsieur *Yves LEROY*, directeur et *Jean-Louis CARLIER*, directeur adjoint des piscines du complexe sportif « le BLOCRY » situé à Louvain-la-Neuve ;

Monsieur *Yves BEKAVAC*, directeur, Monsieur *Jacques GOFFIN*, Contremaître en chef, *John VILOUR*, responsable énergie, de la piscine Olympique de Seraing ;

Monsieur *Henri VAN PARIJS*, directeur de la piscine « Le point d'eau » située à La Louvière ;

Monsieur *Bernard JADIN*, de la piscine de Durbuy ;

Madame *Marie HENRIET*, responsable énergie à la Commune de Soignies et Monsieur *Christophe MICHEL*, directeur de la piscine Communale de Soignies.

Mais également:

Dino SAVINO, de la société VIESSMAN ;

Semahat BASER, de la société MENERGA ;

Dominique GHISLAIN, de la société DAIKIN ;

Christophe HENRIET, de la société COGENGREEN ;

Didier Salmon, Sales Supervisor chez SIEMENS ;

Nicolas BOEGAERT, spécialiste en exploitation de cogénération chez SIBELGA à Bruxelles ;

Denis EVRARD (TRILUX), *Nathalie CUVELIER (SYLVANIA)*, *Marc VERSTRAETEN (PHILIPS)* ;

Eric JANSSENS, chez COFELY.

Afin de disposer des dernières nouveautés en matière de performance énergétique dans les bâtiments.

La Région wallonne a souhaité fournir aux Maîtres d'ouvrage, aux bureaux d'études et aux architectes un guide de référence pour la conception "énergétique" des bassins de natation. Celui-ci doit servir à clarifier les demandes de performance énergétique entre un Maître d'ouvrage et ses opérateurs et à préciser les critères techniques à mettre en œuvre pour atteindre ces performances.

Chaque Maître d'ouvrage reste libre de décider, avec les conseils des bureaux d'études et/ou des installateurs, d'intégrer ou non les recommandations les plus intéressantes et les plus adaptées dans son projet.

Ces recommandations ne sont pas exhaustives et ne dispensent pas d'appliquer les normes et prescriptions réglementaires en vigueur.

Dans un but de promotion des économies d'énergie, des copies d'extraits ou de l'intégralité de ce texte sont souhaitées. Aucune activité commerciale relative à l'utilisation des informations qu'ils contiennent n'est cependant pas autorisée.

Il appartient à chaque utilisateur de ce document de faire preuve de vigilance et de capacité d'adaptation lorsqu'il sera appelé à réaliser son projet de conception. En aucun cas, la Région wallonne ou le concepteur du présent document n'assumeront une quelconque responsabilité quant à une utilisation erronée ou inappropriée du présent document. La vérification finale reste du ressort de l'utilisateur.

Ce guide n'aborde pas ou très peu les questions liées aux primes car celles-ci sont très volatiles et sujettes à des mises à jour régulières. Nous renvoyons donc le lecteur, à ce sujet :

- Vers le site d'INFRASPORTS : <http://pouvoirslocaux.wallonie.be/infrasports> ;
- Vers le portail de l'énergie en Région wallonne et plus particulièrement vers les primes UREBA : <http://energie.wallonie.be/fr/communes-cpas-provinces.html?IDC=6370>.

LE GUIDE



TABLE DES MATIÈRES

1	ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB	8
2	CONDITIONS D'EXPLOITATION	42
3	LES SYSTÈMES	56
4	LE TRAITEMENT DE L'EAU	148
5	L'ÉCLAIRAGE	166
6	LE SUIVI ET LA RÉCEPTION DES TRAVAUX	188
7	COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE	190
8	GESTION EFFICIENTE DE L'ÉNERGIE	193
9	CONCLUSION	206
10	BIBLIOGRAPHIE	207





PLEASE
DO NOT USE
SHAMPOO IN
SWIMMING POOL

TABLES DES MATIÈRES

1	ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB	8
1.1	LA CONFIGURATION DU BÂTIMENT	8
1.1.1	<i>généralités</i>	8
1.2	LA COMPACTITÉ ET L'ORIENTATION DU BÂTIMENT	10
1.3	L'AGENCEMENT DES LOCAUX ET LA CIRCULATION INTERNE	12
1.4	LES APPORTS NATURELS DE CHALEUR ET DE LUMIÈRE - PROTECTION SOLAIRE	23
1.5	LA NOTION DE PAROIS FROIDES ET DE PONTS THERMIQUES	25
1.6	L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DU BÂTIMENT	27
1.7	LA COMPOSITION ET LE TYPE DE PAROIS	28
1.7.1	<i>Façades</i>	29
1.7.2	<i>Toiture</i>	33
1.7.3	<i>Sol</i>	34
1.7.4	<i>Châssis et vitrage</i>	34
1.7.5	<i>Cloisons intérieures</i>	38
1.7.6	<i>Zones sèches</i>	39
2	CONDITIONS D'EXPLOITATION	42
2.1	LES CHIFFRES DU SECTEUR	42
2.1.1	<i>Évolution des consommations</i>	42
2.1.2	<i>Analyse des consommations de différentes piscines</i>	44
2.1.3	<i>Répartition des consommations</i>	46
2.1.4	<i>Conclusions</i>	47
2.2	LES NORMES ET LA RÉGLEMENTATION	48
2.3	LES CONDITIONS DE CONFORT	50
2.3.1	<i>La température et l'humidité ambiante</i>	51
2.3.2	<i>La température de l'eau</i>	52
2.3.3	<i>Les périodes d'occupation et d'inoccupation</i>	52
2.3.4	<i>La qualité de l'eau</i>	52
3	LES SYSTÈMES	56
3.1	LA PRODUCTION DE CHALEUR	56
3.1.1	<i>Généralités</i>	56
3.1.2	<i>Les besoins</i>	57
3.1.3	<i>choix du combustible</i>	58
3.1.4	<i>Les systèmes de production</i>	59
3.1.5	<i>La distribution du fluide</i>	70
3.1.6	<i>Le chauffage des locaux</i>	75
3.2	LA RÉGULATION	78
3.2.1	<i>Généralités</i>	78
3.2.2	<i>La norme EN 15232</i>	78
3.2.3	<i>La conception</i>	79
3.2.4	<i>L'architecture du système</i>	85
3.2.5	<i>La mise en œuvre</i>	87
3.2.6	<i>La formation</i>	87
3.2.7	<i>Les documents</i>	88

TABLES DES MATIÈRES

3.2.8	La maintenance	89
3.3	LA VENTILATION	90
3.3.1	Généralités	90
3.3.2	Le zonage.....	90
3.3.3	Les conditions de confort.....	90
3.3.4	Ventilation des locaux	91
3.3.5	Systèmes de ventilation.....	93
3.3.6	La déshumidification	95
3.3.7	Dimensionnement	96
3.3.8	La distribution de l'air.....	98
3.3.9	Équipements locaux pour la distribution de l'air	99
3.4	LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	101
3.4.1	Les besoins.....	101
3.4.2	Les systèmes de production.....	101
3.4.3	Les différents systèmes de production	105
3.4.4	La distribution de l'eau chaude sanitaire.....	106
3.4.5	Les équipements terminaux.....	107
3.4.6	Les recommandations	108
3.5	LES ÉNERGIES RENOUVELABLES	110
3.5.1	Les pompes à chaleur	110
3.5.2	La cogénération.....	117
3.5.3	Le solaire thermique	124
3.5.4	Le solaire photovoltaïque	132
3.6	LA RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE.....	137
3.6.1	Les couvertures thermiques.....	137
3.6.2	la récupération de l'énergie des eaux usées.....	144
4	LE TRAITEMENT DE L'EAU	148
4.1	GÉNÉRALITÉS	148
4.2	LA QUALITE DE L'EAU	148
4.3	FILIERES DE TRAITEMENT	149
4.4	HYDRAULICITE	150
4.5	BAC TAMPON.....	150
4.6	PRÉFILTRATION.....	151
4.7	FILTRATION	151
4.7.1	La coagulation	151
4.7.2	La floculation	152
4.7.3	Filtres à sable ou bi-couche	152
4.7.4	Autres techniques.....	153
4.8	DÉSINFECTION.....	154
4.9	AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE	155
4.10	FILTRATION ET DÉSINFECTION AU CHLORE	155
4.11	RÉDUCTION DE LA FORMATION DE CHLORAMINES.....	156
4.12	ÉLIMINATION DES CHLORAMINES	157
4.12.1	Par stripage.....	157
4.12.2	Insertion d'un déchloramineur dans la filière	158

TABLES DES MATIÈRES

4.12.3	<i>Insertion d'un UV dans la filière</i>	158
4.12.4	<i>Insertion d'un ozoneur dans la filière</i>	159
4.13	GESTION DU BAC TAMPON ET VIDANGES ANNUELLES	161
4.14	POMPAGE	161
4.15	RÉDUCTION DU TAUX DE RECYCLAGE DE L'EAU	162
4.16	FILTRATION MEMBRANAIRE ET DÉSINFECTION AU CHLORE.....	163
5	L'ÉCLAIRAGE	166
5.1	GÉNÉRALITÉS	166
5.2	LES PRINCIPES.....	166
5.3	THÉORIE.....	167
5.4	NORMES, RÈGLEMENTATIONS ET DIRECTIVES	168
5.5	CONCEPTION.....	169
5.5.1	<i>Rénovation / Installation</i>	169
5.5.2	<i>Facteurs de conception</i>	169
5.5.3	<i>Gestion - système de commande (occupation - apports naturels)</i>	176
5.6	CHOIX DU TYPE D'ÉQUIPEMENTS	179
5.7	RECOMMANDATIONS PRATIQUES	185
5.7.1	<i>La conception</i>	185
5.7.2	<i>L'utilisation</i>	185
6	LE SUIVI ET LA RÉCEPTION DES TRAVAUX	188
6.1	GÉNÉRALITÉS	188
6.2	LE SUIVI DE TRAVAUX	188
6.3	LA RÉCEPTION PROVISoire	188
6.4	LA RÉCEPTION DÉFINITIVE	189
7	COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE	190
7.1	GÉNÉRALITÉS	190
7.2	OBJECTIFS	190
7.3	MISE EN PLACE D'UNE COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE.....	190
7.3.1	<i>Que veut-on mesurer ?</i>	190
7.3.2	<i>Comment va-t-on le mesurer ?</i>	191
7.3.3	<i>Avec qui va-t-on travailler ?</i>	192
8	GESTION EFFICIENTE DE L'ÉNERGIE	193
8.1	EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE	193
8.1.1	<i>Généralités</i>	193
8.1.2	<i>Norme EN 16001</i>	194
8.2	L'OPTIMISATION DES INSTALLATIONS.....	195
8.2.1	<i>Généralités</i>	195
8.2.2	<i>Par qui ?</i>	196
8.2.3	<i>À partir de quand ?</i>	196
8.2.4	<i>Durée ?</i>	196
8.2.5	<i>Expertise nécessaire du prestataire ?</i>	196
8.2.6	<i>Les axes d'une telle mission</i>	197

TABLES DES MATIÈRES

8.2.7	<i>Le potentiel d'économie d'énergie envisageable</i>	198
8.3	LA CONDUITE DES INSTALLATIONS	199
8.3.1	<i>Généralités</i>	199
8.3.2	<i>Par qui?</i>	199
8.3.3	<i>Objectifs</i>	200
8.3.4	<i>Le potentiel d'économie d'énergie envisageable</i>	200
8.4	LA MAINTENANCE DES INSTALLATIONS	201
8.4.1	<i>Cadre à respecter</i>	201
8.4.2	<i>Par qui ?</i>	202
8.4.3	<i>À partir de quand?</i>	202
8.4.4	<i>État des lieux ou situation de départ</i>	202
8.4.5	<i>Expertise nécessaire</i>	203
9	CONCLUSION	206
10	BIBLIOGRAPHIE	207

Le niveau de performance en matière de PEB (Performance Énergétique des Bâtiments) qui peut être atteint, dépend de toute une série d'aspects techniques, qui sont liés à la performance des différents intervenants du projet, mais dépend également de la volonté du Maître de l'Ouvrage ou de l'exploitant de rationaliser ses consommations en favorisant les concepts et les techniques performantes au travers d'investissements.

Ensuite, en mettant tout en œuvre pour réduire les consommations d'énergie au travers d'une exploitation performante.

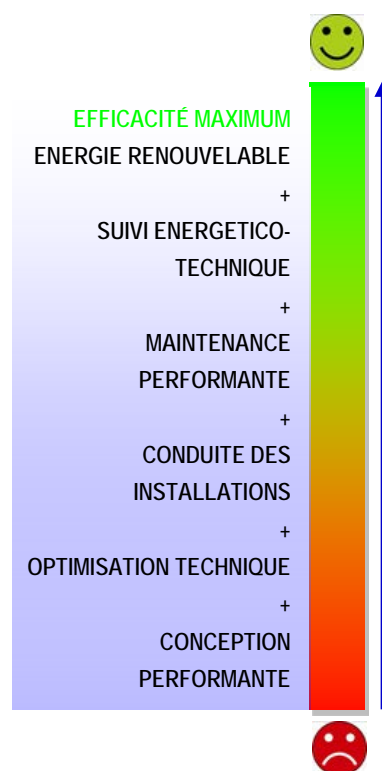
Il serait illusoire de croire que tout est gagné une fois les travaux terminés !

La performance énergétique de bâtiments requiert la maîtrise de tous les facteurs influençant les consommations d'énergie.

En effet, on évoque souvent les principes et les concepts théoriques, les équipements performants (chaudière à condensation, ventilation à haut rendement de récupération, etc.), mais on parle très peu de tous les autres facteurs qui ont une influence très importante sur la consommation finale.

Ci-dessous, le détail des différents facteurs influençant la consommation d'énergie finale du bâtiment :

- La conception performante du bâtiment et des installations techniques ;
- L'optimisation énergétique des installations en place afin d'amener l'installation à son niveau de consommation minimum tout en gardant un niveau de confort acceptable ;
- La conduite des installations techniques afin d'utiliser l'outil de manière optimum ;
- La guidance énergétique des utilisateurs sur le terrain et dans les installations (responsable technique, technicien chauffagiste ou électricien, utilisateur final, etc.). Cette guidance sera axée sur l'utilisation rationnelle, le conseil pour l'amélioration et la mise en œuvre de celle-ci afin de garantir les bons choix en termes de performance énergétique ;
- L'entretien des installations techniques existantes est également indispensable pour obtenir une installation qui donne un rendement optimum et donc une consommation d'énergie minimum.



Tous les intervenants doivent être « désignés » et présents suffisamment tôt pour être là au bon moment (courant travaux...), après il est trop tard...



**ARCHITECTURE, ENVELOPPE
DU BÂTIMENT ET PEB**



1 ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

1.1 LA CONFIGURATION DU BÂTIMENT

1.1.1 GÉNÉRALITÉS

Ce qui est communément appelé « piscine collective » est bien souvent aujourd'hui un véritable centre aquatique regroupant des activités liées aux bassins de natation dans un but sportif, mais également de délasserment et de détente.

- La conception des bâtiments doit répondre à de nombreuses exigences, en effet, ces établissements sont fréquentés par des familles d'utilisateurs différentes (scolaire, familiale, grand-public, personnes à mobilité réduite, etc.).
- L'architecture du centre doit également tenir compte de nombreux critères pour satisfaire aux exigences énergétiques devenues fondamentales dans le cadre de ce type d'activités très énergivores.

Les conditions de confort (température et humidité élevées à l'intérieur des locaux) souhaitées dans ce type d'établissement induit forcément des contraintes totalement différentes des autres types de constructions comme les bureaux, les écoles, les habitations, etc.

La maîtrise des coûts d'exploitation (liés à la facture énergétique) passe tout d'abord par une conception architecturale orientée de façon à réduire l'impact environnemental sur les activités du centre (Par exemple, en Région Wallonne, la température extérieure est pratiquement toujours inférieure à la température intérieure. D'où la nécessité d'isoler efficacement afin d'éviter les pertes thermiques).

Le chauffage ainsi que le maintien d'une qualité d'eau et de l'air répondant aux normes, demandent beaucoup d'énergie.

Pour se rendre compte de la complexité de la configuration d'une piscine publique, voici un aperçu des différents locaux et zones :

ZONE HUMIDE



- La zone détente - spa ;
- La zone ludique (toboggan, rivière rapide, vagues, etc...) ;
- La zone pataugeoire (profondeur $\leq 0,40$ m) ;
- La piscine éducative (aquagym, apprentissage, etc...) ;
- La piscine sportive (profondeur $\geq 1,50$ m) ;
- Le petit bassin (profondeur $\leq 1,50$ m).

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

ZONE SÈCHE

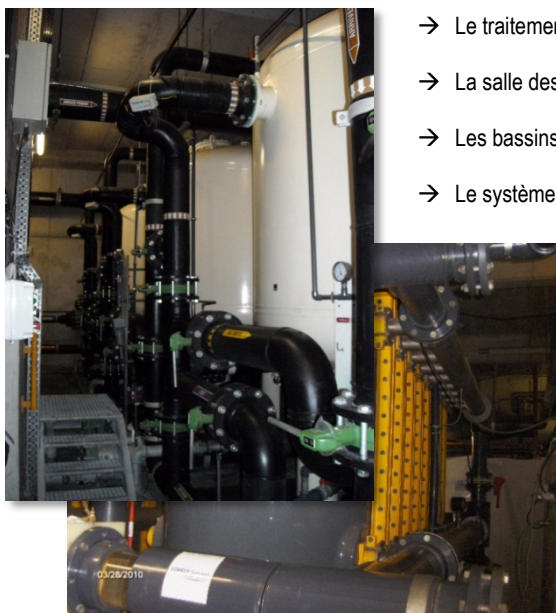


- Le hall d'entrée, l'accueil et la billetterie ;
- Le bureau administratif ;
- Les vestiaires et les casiers ;
- Couloirs et cage d'escaliers ;

ZONE CAFETERIA



ZONE TECHNIQUE



- Le traitement de l'eau ;
- La salle des pompes ;
- Les bassins tampon ;
- Le système de filtration ;
- Les locaux pour le stockage des réactifs ;
- Le poste de transformation électrique ;
- Les tableaux électriques ;
- Le centre de gestion centralisée ;
- Les groupes de traitement de l'air ;
- La production de l'eau chaude sanitaire ;
- La production de la chaleur ;
- Les échangeurs de chaleur ;
- Les machines à vague ;
- La production de l'eau de service (hydrophore) et de l'air comprimé.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB



ZONE DE STOCKAGE DU MATERIEL (BOUEES, KAYAKS, MATERIEL DES CLUBS, ETC...)

ZONE INFIRMERIE-PREMIERS SOINS ET BUREAUX, SALLE DE REUNION

ZONE SPECTATEURS

ZONE ARBITRAGE

Chacune de ces zones doit être intégrée dans un espace commun de façon à ce que :

- ✓ le passage d'une zone à l'autre n'induit pas une pollution directe (pieds des utilisateurs) ou indirecte de l'eau ;
- ✓ la température ambiante et l'humidité relative d'une zone influe le moins possible sur la (les) zone(s) voisine(s) aux conditions de confort différentes ;
- ✓ l'ensoleillement influe de façon positive sur les conditions de confort et sur l'apport énergétique ;
- ✓ les déperditions thermiques soient minimisées ;
- ✓ les accès soient facilités ;
- ✓ etc...

Il est indéniable que l'utilisation rationnelle de l'énergie dans le cadre d'une piscine est liée à ces critères dont il faut tenir compte dès la conception générale et globale du complexe.

1.2 LA COMPACITÉ ET L'ORIENTATION DU BÂTIMENT

Dans le but de réduire les déperditions calorifiques vers l'extérieur, la conception de base tendra à réduire la surface des parois chaudes en contact avec l'extérieur.

La forme générale du bâtiment devra idéalement s'approcher d'un parallélépipède ou d'un ensemble de parallélépipèdes s'imbriquant les uns aux autres. Une partie des installations devra également se trouver sous le niveau du terrain fini réduisant de cette façon l'écart de température, de part et d'autre, des parois.

Nous pouvons caractériser la configuration idéale du bâtiment comme étant à forte compacité et semi-enterré.



Pour orienter ses choix, l'auteur de projet pensera à :

→ Privilégier l'orientation qui permettra d'obtenir le chauffage solaire passif le plus performant ;

→ Eviter l'éblouissement des nageurs en orientant les bassins, en particulier celui destiné à la nage sportive, de façon optimale. Une lumière rasante induit des reflets sur la surface de l'eau qui nuisent au confort et à la sécurité des nageurs ;

→ Eviter l'orientation plein sud de face sur une façade vitrée pour ne pas éblouir les spectateurs en cas de présence de gradins.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

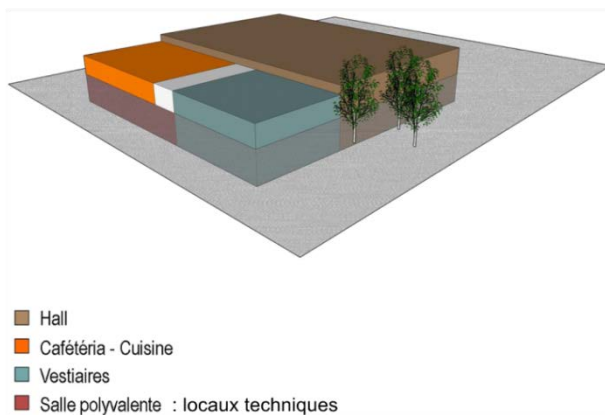


Illustration : Disposition à forte compacité et semi-enterré - Guide hall de sports - service public Wallonie

Il est également conseillé de prévoir :

- Les installations techniques en sous-sol, ce qui permet de limiter les déperditions calorifiques vers l'extérieur tout en leur conservant un accès aisé, notamment pour un véhicule. En effet, à partir d'une profondeur de un mètre, la température du sol ne descend généralement pas en dessous de 0 °C. Toutefois, un isolant (de plus faible épaisseur que l'isolant des parois hors sol) est recommandé. La continuité de l'isolation entre le sol et les façades est à prévoir ;
- Les bureaux et locaux aux conditions de confort moins élevées sont disposés de façon périmétrique par rapport aux bassins de façon à se présenter comme un espace « tampon » par rapport aux parois extérieures. Ceci permet de limiter les déperditions calorifiques en limitant les écarts de température entre l'ambiance extérieure et intérieure ;
- Les locaux de stockage des consommables (utiles à la cafeteria), des réactifs chimiques (utiles au traitement des eaux) seront disposés de façon à constituer des espaces tampons par rapport aux zones techniques. Ils seront idéalement disposés de façon périmétrique aux locaux techniques avec un accès extérieur par les voiries du site ;
- Des barrières végétales plus denses pour protéger les façades les plus exposées aux vents dominants ;
- Etc...



Illustration : Piscine passive Lünen - Allemagne

Pour aider l'auteur de projet dans la modélisation du complexe, il existe des logiciels qui permettent de simuler le comportement thermique et dynamique du bâtiment et par conséquent, de ses besoins en chauffage ou refroidissement par rapport à l'orientation, la compacité et le niveau d'isolation de celui-ci (exemple: logiciel TRNSYS).

1.3 L'AGENCEMENT DES LOCAUX ET LA CIRCULATION INTERNE

L'agencement et la circulation entre les zones d'activités de la piscine doivent être prévus en tenant compte d'une série de paramètres qui auront des influences directes sur la consommation d'énergie, sur le confort, ainsi que sur les conditions d'exploitation.

→ L'objectif poursuivi est de limiter la pollution du bassin et de limiter les transferts de chaleur et d'humidité

La rationalisation des dépenses d'énergie passe également par la réduction des besoins du traitement de l'eau, qui constitue une part non négligeable de la consommation électrique, mais également de réactifs divers. De plus, l'impact sur la santé des baigneurs est souvent lié au système de traitement de l'eau et des choix techniques de la désinfection. Il est par conséquent utile de limiter, autant que possible, la pollution de l'eau. Cette pollution est principalement et directement liée à la propreté des baigneurs. L'hygiène corporelle est donc primordiale avant la baignade.

En effet, les facteurs suivants sont directement influencés par la quantité de pollution à traiter :

- La consommation d'eau neuve ;
- Le chauffage de l'eau neuve ;
- La consommation de réactifs et de désinfectants ;
- La consommation électrique des pompes de circulation pour un débit élevé de recyclage ;
- L'usure prématurée du matériel due à un facteur de service plus élevé ;
- Le dimensionnement général du système de traitement de l'eau ;
- Etc...

La pollution engendrée par la circulation des personnes (semelles de chaussures) est aussi très importante. On comprend dès lors l'intérêt de prévoir, dès la conception du bâtiment, un zonage cohérent permettant de limiter la pollution de l'eau autant que les transferts de chaleur entre les locaux.

L'agencement des locaux sera fortement influencé par la séparation et le respect des zones humides et sèches, et donc également des zones « pieds nus » et « pieds chaussés ». Une zone obligatoire de douche, lave-pieds et pédiluve doit, par conséquent, être étudiée afin permettre de diminuer de façon significative la pollution de l'eau.

Nb : Nous ferons la différence entre un lave-pieds qui contribue à la propreté personnelle du baigneur et un pédiluve qui sert à éviter la pollution d'une zone par rapport à une autre. Les plages peuvent en effet être polluées de différentes façons en fonction de la fréquentation ou des activités. Ces équipements permettent d'éviter le transport d'impuretés d'une zone à l'autre.

Au lieu de citer une série de critères déterminants qui peuvent être sujets à interprétation ou qui sont tout simplement plus difficiles à appliquer à une situation pratique, nous suivons le parcours d'un baigneur entrant dans l'établissement:

ENTRÉE PRINCIPALE DU BÂTIMENT

Elle est constituée d'un sas d'une profondeur suffisante pour éviter que les portes ne soient généralement ouvertes en même temps, ce qui réduirait, voire annulerait l'effet désiré du sas. La distance entre les deux portes formant le sas ne doit pas être inférieure à 2 m.

→ **À éviter:** L'utilisation de portes coulissantes avec détection d'ouverture mal réglée qui permettrait d'avoir les portes ouvertes de part et d'autre du sas ;

→ **À éviter:** Ne pas avoir de rappel automatique des portes, ou les bloquer en position ouverte.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

→ Alternative conseillée: Utiliser des portes de type carrousel ou rotative (accessible aux personnes à mobilité réduite (PMR)) qui évitent les courants d'air. Cependant, pour permettre un accès aisé des services de secours, prévoir sur le côté une porte classique en cas d'intervention ;

→ Alternative conseillée: Veiller à l'efficacité du sas en observant son fonctionnement en utilisation normale et apporter, au besoin, les réglages nécessaires.



- Un sas constitué de portes équipées de rappels mécaniques mais régulièrement bloquées en position ouverte. Ce sas présente une longueur suffisante, mais le système de fermeture n'est pas fiable ;



- Un sas, avec fermeture par portes coulissantes automatiques, présente une longueur légèrement trop faible pour être totalement efficace. On constate fréquemment que les deux portes sont ouvertes en même temps, de cette façon, cela permet à la chaleur de sortir. Sur la photo de droite, on peut également attirer l'attention sur le manque d'étanchéité de la menuiserie qui contribue aux déperditions calorifiques.



ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

LE HALL D'ENTRÉE

La température de confort se situera entre 20 et 21°C pour ne pas influencer, de façon importante, les zones voisines.

Le baigneur est invité à s'orienter, selon son choix vers :

- La billetterie ;
- Les vestiaires ;
- La cafeteria ;
- Les sanitaires (zone pieds chaussés) ;
- Les bureaux, la salle de réunion ;
- les zones techniques.

La zone du hall d'entrée peut rester en communication libre vers les zones de même température de confort comme une cage d'escaliers, les sanitaires, la cafeteria ou les bureaux.

Par contre, à partir de la billetterie, un sas doit à nouveau être présent pour délimiter une nouvelle zone de confort.

- Les photos ci-dessous montrent une paroi vitrée séparant un hall d'entrée fortement ventilé du hall des bassins. La faible étanchéité et la faible qualité thermique de cette séparation autorisent d'importantes déperditions calorifiques.



Le hall d'entrée est une zone généralement surchauffée par :

- les apports directs des zones voisines aux conditions de confort plus élevées (exemple : vestiaires) ;
- les apports à travers les parois de la zone bassin. Les parois internes présentent une conductivité thermique élevée autorisant des déperditions vers les zones moins chauffées.

→ Il n'est pas concevable de tolérer une surchauffe quasi systématique dans les zones sèches, plus précisément le hall d'entrée, les couloirs, cafétéria, ... d'une piscine. Nous pouvons trop souvent entendre en effet : « il fait chaud, c'est normal, nous sommes dans une piscine ».

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

- Sur l'illustration ci-contre, le hall d'entrée est en contact direct avec les vestiaires, les déperditions de chaleur ne peuvent être évitées. La porte vitrée est dans ce cas laissée très souvent ouverte. Son étanchéité et ses caractéristiques isolantes ne permettraient pas une efficacité significative si elle était correctement fermée à chaque passage, ce qui est assez difficile à mettre en œuvre.

LES VESTIAIRES

Les vestiaires se représentent comme la zone de transition entre une zone sèche et une zone humide, ainsi que d'une zone « pieds chaussés » à « pieds nus ». La zone où les deux types de circulation peuvent se produire doit se réduire à la cabine, ce qui évitera au maximum une pollution du sol et ensuite de l'eau des bassins.

La température de confort dans cette zone se situera vers 23°C. Celle-ci étant plus élevée que celle de la zone précédente, les espaces seront séparés par un sas à l'entrée des vestiaires.

Une alternative au sas existe : les cabines peuvent être ouvertes sur un seul côté. Classiquement, les cabines sont ouvertes de part et d'autre, en haut et en bas.

Nous pouvons concevoir les parois de façon à ce que le côté de la cabine, qui se trouve vers la zone de plus faible température ambiante, soit fermé du sol au plafond, évitant les échanges thermiques.



Cette solution est plus coûteuse au niveau investissement et moins efficace que le sas, étant donné qu'à chaque ouverture des portes des cabines, les zones sont en contact. De plus, il est plus difficile de garantir le rappel (la fermeture) de chaque porte de cabine.

Sur cet exemple de cabines conventionnelles, le prolongement de la paroi jusqu'au plafond éviterait à la chaleur de transiter facilement vers la zone la plus froide.



ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Comme illustré sur les photos ci-dessus, la zone d'entrée dans les vestiaires (dans laquelle les nageurs sont habillés) est en communication directe avec la zone où les baigneurs rejoignent les douches en sortie de vestiaire. Il n'est pas nécessaire que ces deux zones se trouvent à la même température. L'isolation par une paroi doit dès lors être mise en place pour éviter les déperditions calorifiques (et éviter de chauffer inutilement la zone d'entrée).

→ Il est nécessaire d'assurer une séparation efficace (cloison étanche, sas,...) entre les vestiaires et le hall d'entrée afin de limiter les transferts de chaleur d'une zone à une autre.

Nb : dans le cadre des vestiaires :

- si les deux solutions (sas et paroi continue) peuvent être mises en œuvre simultanément, l'efficacité thermique et le confort seront augmentés ;
- dans le cadre d'une rénovation, l'une ou l'autre solution peut facilement être mise en œuvre ;
- de façon générale, les portes des sas ou des cabines (dans le cadre d'une séparation entre deux zones de confort différentes), doivent être équipées d'un système de rappel automatique efficace. Il faudra veiller à ce que les portes ne soient pas bloquées en position ouverte (manuellement le plus souvent).

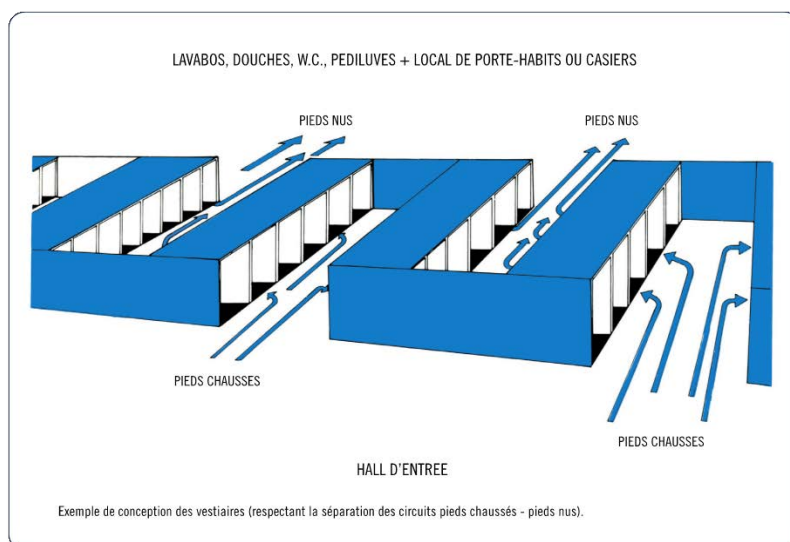


Illustration : Vade Mecum des Piscines A.E.S 2004

A la sortie des vestiaires, le baigneur trouve les casiers, ensuite il est dirigé vers les douches et lave-pieds.

→ **À éviter**: Les systèmes de casier à clés ou à pièces sont à éviter. Il faut limiter autant que possible que des objets venant de l'extérieur des bassins ne rentrent en contact avec l'eau ou les mains pour des raisons d'hygiène, et par conséquent de qualité de l'eau.

→ **Alternative conseillée**: Utiliser des casiers avec commandes électroniques à code. Une commande électronique à code est une solution plus hygiénique pour l'ouverture des casiers.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Le baigneur doit être guidé le long de son parcours pour éviter une pollution inutile par une identification claire de la zone pieds nus.



La sortie des vestiaires est la transition entre une zone sèche pieds nus et une zone humide.

Une température ambiante de l'air de 27°C et une humidité relative de 65% représentent une base acceptable au niveau confort et de l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Les paramètres peuvent être légèrement modifiés pour améliorer la performance énergétique tout en maintenant les conditions de confort (voir chapitre ultérieur : Conditions d'exploitation).



On veillera à assurer des conditions de confort différentes entre l'espace vestiaire et la zone humide, la sensibilité du baigneur au confort est différente lorsque la peau est mouillée (l'eau s'évapore en prenant la chaleur émise par le corps).

- les zones entre les vestiaires et la zone des bassins (sauf à la sortie des douches et lave-pieds) seront fermées par une cloison étanche à l'air (fermée du sol au plafond de façon continue)
- des conditions de confort différentes doivent être assurées entre les zones humides et sèches

Cette disposition doit assurer un taux d'humidité différent dans chacune des deux zones.

L'humidité de la zone des bassins et surtout de la zone ludique est plus importante pendant les plages horaires de fonctionnement des activités.

Cela permettra de limiter la surchauffe dans les vestiaires. Il faut rappeler que les baigneurs sont habillés lorsqu'ils entrent dans les vestiaires.

Sur la photo, un exemple de dispositif mis en œuvre dans le cadre d'une rénovation. Les lamelles souples en matériau synthétique assurent une bonne étanchéité et limitent la température dans la zone des vestiaires. De plus, le confort sera augmenté si le taux d'humidité est plus important dans les douches que dans les vestiaires.

En effet, l'impression de chaleur est perçue de façon plus importante si l'humidité relative est plus élevée. Si cette humidité est plus élevée dès le vestiaire, lorsque le baigneur sera dans la douche, il n'aura pas la même sensation de confort.



ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

→ Les différentes zones d'occupation et/ou de conditions de confort différentes doivent être rendues indépendantes les unes des autres (sas, isolation entre les locaux, douches,...)

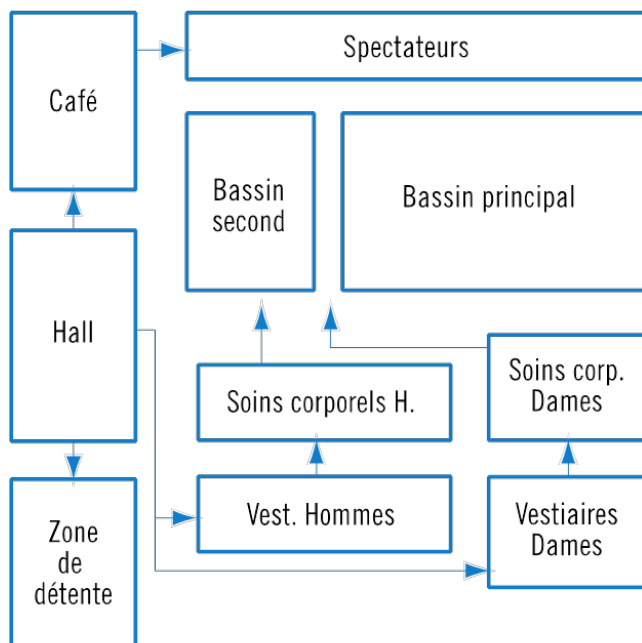


Illustration : Vade Mecum des Piscines A.E.S 2004

Le schéma ci-dessus illustre un exemple de disposition des différentes zones d'occupation qui permet de limiter la pollution et les transferts entre celles-ci.

Les indications ne sont pas toujours respectées, c'est la raison pour laquelle le cloisonnement et la circulation seront prévus de façon à éviter une pollution d'une zone à une autre. C'est le cas également entre les zones techniques et les plages ou les vestiaires. Les passages des techniciens sont dans certains cas fréquents. Des couloirs techniques peuvent être par conséquent prévus pour éviter de traverser des « zones baigneurs ».

DOUCHES, LAVE-PIEDS ET PÉDILUVE



Pour les douches, on privilégiera un couloir de longueur suffisante (minimum 3 m de long) présentant un système de douche sur trois côtés (murs et plafond). La position de ce « couloir sanitaire » doit le rendre incontournable et automatique pour les baigneurs.

Toutefois, il doit être possible de se rendre sur les plages sans se mouiller, nous prendrons comme exemple les parents accompagnant de jeunes enfants, ou des professeurs accompagnant leurs élèves, etc...



Dans ces cas, uniquement le passage par un pédiluve ou le port de sur-chaussure seront rendus obligatoires, ces personnes n'entrant pas en contact avec l'eau des bassins. Un passage latéral aux douches sera prévu à cet effet. Ce passage sera sous la vigilance du personnel d'encadrement de la piscine afin de faire respecter scrupuleusement l'hygiène.

Les douches seront directement suivies par le lave-pieds constitué par des jets d'eau lavants et désinfectants orientés directement sur les pieds des nageurs qui traversent les douches.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Pour des raisons de confort ou de préférence, on peut concevoir que le lave-pieds précède les douches à la sortie des vestiaires, mais il est moins aisé d'organiser son passage de façon obligatoire dans cette configuration.



Or, il faut absolument éviter que les baigneurs puissent se rendre sur les plages à partir des vestiaires sans que leurs pieds ne soient lavés systématiquement.

La diminution de la pollution et de la consommation d'énergie passe par une hygiène corporelle la plus élevée possible.

En effet, au plus les impuretés seront retenues, récupérées et éliminées avant que le nageur n'entre dans le bassin, au plus la charge du système de filtration sera faible. Diminuer la charge du système de filtration permet de limiter la consommation en combustible, en électricité, en eau et en produit de traitement.

→ **À éviter:** Il est courant de lire dans les guides à la construction des piscines que les pédiluves sont constitués d'un bac traversé en continu par de l'eau désinfectante qui sera dirigée directement vers l'égout.

Cette contrainte rend le dispositif très coûteux en exploitation au niveau de :

- la consommation en l'eau de distribution ;
- la consommation en produits de traitement ;
- l'énergie nécessaire pour réchauffer l'eau.

→ **Alternative conseillée:** On privilégiera, pour des raisons économiques, un système automatique (déclenchement au passage des baigneurs) de jets sur les pieds dans une zone à chicanes afin de contraindre le passage (ce qui évitera également que des pieds chaussés ne traversent les plages).

L'ACCÈS AUX PLAGES

Pour l'emplacement de la pataugeoire, il est conseillé de penser à :

- être à proximité des vestiaires et douches pour éviter de souiller les plages sur le chemin de retour des parents qui auront séjournés dans ce bassin plus pollué ;
- ne pas être proche du grand bassin pour éviter les risques liés à la présence de jeunes enfants proches d'un bassin qui présente une profondeur importante. Une séparation physique doit être aménagée si cette proximité ne peut être évitée ;
- ne pas être trop éloignée des sanitaires.

ACTIVITÉS LUDIQUES

Les toboggans passant en général par l'extérieur deviennent un échangeur thermique à grande échelle.

L'air et l'eau chaude traversent le conduit qui n'est pas calorifugé. La température intérieure est très souvent (à quelques jours par an près en Wallonie) bien supérieure à la température extérieure, un refroidissement de l'air et de l'eau s'établit souvent de façon non maîtrisée.

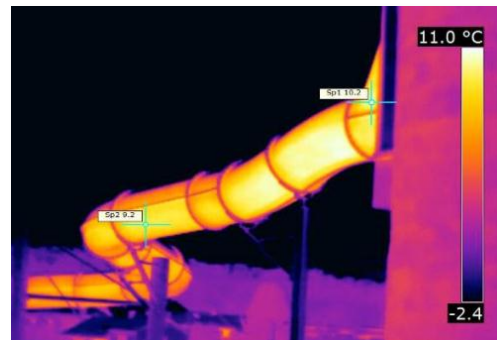


ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

On peut observer que dans les récentes piscines construites en Allemagne ou en France, le parcours du toboggan est entièrement repris dans le hall du bassin sans passer par l'extérieur (exemples : piscine de Lüne n en Allemagne ou centre Aqua Vexin à Trie Château en France).

La mesure par caméra thermique ci-dessous nous montre un cas de figure où avec une température extérieure négative, la surface du conduit est maintenue au-dessus de 10°C alors que l'eau ne traverse pas le conduit au moment de la prise de vue (uniquement de l'air chaud traverse le conduit pendant les heures de fermeture de l'espace ludique).

Nb: Pour de plus amples informations quant au choix du toboggan, l'auteur de projet peut se référer à la norme EN1069, relative à la sécurité de ceux-ci.

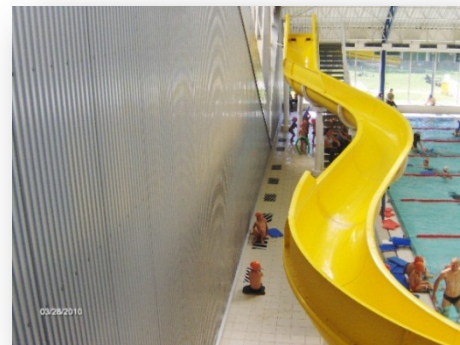


→ **À éviter:** Les activités ludiques, comme le toboggan, peuvent devenir une source importante de déperditions calorifiques. La longueur, et par conséquent l'encombrement du tunnel, est tel que les auteurs de projet prévoient le passage d'une partie du cylindre à l'extérieur du bâtiment. Le tunnel est rarement calorifugé. Il est traversé à la fois par de l'eau des bassins et de l'air du hall qui s'y refroidissent.

→ **Alternative conseillée:** Le trajet du tunnel doit être limité au maximum (voire nul) à l'extérieur du bâtiment. La partie extérieure doit être calorifugée (coûteux) et les accès doivent être fermés pour éviter que l'air chaud ne se refroidisse en le traversant de façon continue.

Nb :

- un seul accès peut être obturé pour éviter la circulation de l'air ;
- étant donné le passage fréquent, la fermeture peut être envisagée pendant les plages horaires de non fonctionnement de l'activité qui représente une large plage horaire ;
- un bassin de réception toboggan est à positionner par rapport au point d'accès, ce qui limitera le trajet entre l'entrée et la sortie de l'animation.



LA CAFÉTÉRIA

Son accès sera aisé à partir du hall d'entrée et éventuellement directement à partir de l'extérieur. Les accès seront prévus pour les personnes à mobilité réduite et les fournisseurs.

Idéalement, une zone de livraison-stockage sera prévue à partir d'une voirie extérieure. Il faut prévoir que lors des livraisons, les portes laissées ouvertes ne libèrent pas la chaleur des espaces intérieurs. La conception d'une zone tampon doit être prévue. Les parois séparant un espace chauffé d'un espace non chauffé doivent être isolées en fonction de la différence de température entre les deux zones pour éviter les déperditions calorifiques.

Les nageurs n'auront pas directement accès à la cafeteria, pour maintenir le principe de séparation entre les différentes zones de conditions de confort et afin d'éviter une pollution supplémentaire. Les échanges directs seront donc proscrits. Un espace cafétéria spécifiquement accessible aux nageurs peut cependant être prévu. Celui-ci doit se trouver dans le même volume que celui des bassins.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

→ **À éviter:** Dans de nombreux complexes, les parois de la cafétéria sont bien souvent communes avec le hall de la piscine (de façon périmétrique). La paroi séparant les deux zones est généralement vitrée, de hauteur importante et de faible performance énergétique. Il y a donc souvent une surchauffe ce qui conduit à l'installation d'un système de conditionnement d'air dans la cafétéria qui consomme beaucoup d'énergie électrique alourdissant la facture d'exploitation de façon inutile.

→ Il est conseillé de limiter les surfaces de vitrage entre le hall du bassin et la cafétéria et d'utiliser un vitrage performant thermiquement.

Un accès aux tribunes intérieures destinées aux spectateurs peut se concevoir à partir de la cafeteria en respectant le principe de séparation de deux zones de confort différent (sas de séparation).

LES LOCAUX TECHNIQUES

Les locaux techniques doivent être localisés de façon à réduire le trajet des fluides (traitement d'air, traitement d'eau et chauffage). D'une part, pour réduire l'investissement, et d'autre part, pour diminuer la consommation d'énergie par pertes de charge et déperditions calorifiques.

L'implantation des locaux qui reçoivent les équipements techniques doit être considérée avec beaucoup d'attention dès la conception générale du bâtiment. Un trajet optimal des canalisations et une bonne accessibilité permettront une exploitation globalement améliorée.

LE POSTE DE CONTROLE

Les postes de contrôle doivent être conçus de manière à pouvoir contrôler au moins les équipements aquatiques et assurer une bonne vue d'ensemble des zones d'eau et des plages du bassin.

La température des postes de contrôle d'une piscine couverte doit être indépendante de celle de l'enceinte du bassin, ils peuvent être combinés avec des infirmeries (sous réserve qu'ils soient correctement conçus).

De façon générale :

→ Il faudra éviter, autant que possible, que deux zones de conditions de confort très différentes soient contiguës pour éviter les déperditions de chaleur de la zone la plus chaude vers la zone de plus basse température.

→ Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter ce contact, la paroi doit être constituée de matériaux suffisamment isolants pour réduire les déperditions de façon significative et ne pas induire de surchauffe dans les zones sèches ou techniques.

→ L'inertie thermique d'une paroi doit être prévue en fonction de l'activité et par conséquent des conditions de confort souhaitées dans chaque zone.

→ **À éviter:** Il est déconseillé de vitrer jusqu'au sol, les déperditions sont importantes et les apports lumineux peu utiles à cet endroit ;

→ **À éviter:** La vue sur les bassins n'est pas indispensable à partir de la cafeteria, un accès (localisé) aux gradins permet également aux visiteurs ou accompagnants d'avoir une vue sur les bassins. Si d'un point de vue rentabilité ou sécurité, une vue doit être conservée, on en limitera les surfaces vitrées.

→ **Alternative conseillée:** Il est intéressant, d'un point de vue énergétique, de réduire les surfaces vitrées et d'utiliser des vitrages dont les performances d'isolation thermique sont élevées afin de limiter les transferts de chaleur d'une zone à une autre ;

→ **Alternative conseillée:** Accorder un soin particulier au choix et à la réalisation des accès entre les différentes zones afin d'éviter les transferts de température et d'humidité entre les zones de conditions de confort différentes.

SITUATIONS À PROSCRIRE

- Derrière ce mur peint en noir se trouve le hall des bassins. Une différence importante de température existe entre le hall d'entrée et les bassins. Les déperditions calorifiques sont permanentes à travers cette paroi non isolée (le béton est très bon conducteur de chaleur).



- Les parois séparant la cafeteria des bassins sont généralement constituées de simples vitrages très peu isolants. La température dans la cafeteria est par conséquent souvent trop élevée. Cela entraîne dans de nombreux cas la nécessité d'installer un système de climatisation afin de maintenir le confort des occupants.



1.4 LES APPORTS NATURELS DE CHALEUR ET DE LUMIÈRE - PROTECTION SOLAIRE



Il est très important de disposer au mieux de l'énergie « gratuite » offerte par le rayonnement solaire lors de l'élaboration d'un projet de construction d'un centre aquatique ou d'une piscine collective.

Les deux impacts positifs dûs à l'effet du soleil sont clairement identifiés, il s'agit des :

- apports de lumière naturelle ;
- apports de chaleur.

Toutefois, il faudra veiller à ne pas induire de surchauffes des locaux suite à un apport solaire trop important et ce afin d'éviter l'installation d'une climatisation, consommatrice importante d'électricité.

Les apports naturels de lumière permettront de diminuer la puissance électrique consommée la journée pour éclairer les locaux et surtout le hall des bassins qui est la zone la plus vaste dans un centre aquatique. L'éclairage naturel et l'éclairage artificiel sont aménagés, de telle manière, que leurs reflets dans l'eau sont limités au maximum, au besoin, une protection solaire sera étudiée en fonction de l'orientation et des saisons.

En effet, pour des raisons de confort visuel et de sécurité, il est important pour les nageurs et le personnel de visualiser le fond des bassins.

On veillera par conséquent à dimensionner les ouvertures en fonction de l'exposition au soleil ou d'étudier le cas échéant des protections efficaces.

→ **À éviter:** Les nageurs évoluent principalement dans le sens de la longueur du bassin (surtout en nage sportive). Une exposition du hall des bassins orientée de façon à percevoir la lumière à travers les surfaces vitrées, dans ce même sens, pénaliserait le confort et la sécurité (éblouissement).

Nb : L'angle d'incidence sera plutôt déterminant pour le confort visuel tandis que la hauteur angulaire sera déterminante pour la quantité d'énergie apportée.

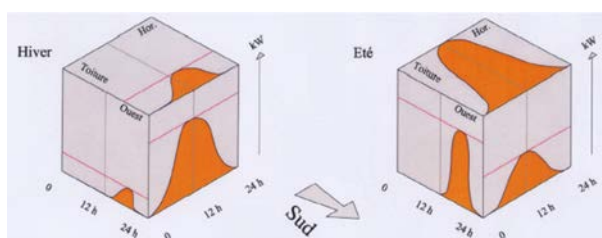


Illustration : 'Mémentos techniques du bâtiment' c.e.r.t.u. - juillet 2002

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Le schéma ci-dessus illustre la puissance solaire reçue en hiver et en été sur les surfaces horizontales et verticales orientées au sud et à l'ouest.

La disposition des vitrages sera dictée par les critères suivants :

- les orientations à l'est et à l'ouest peuvent être prévues à conditions de prendre des précautions comme une occultation efficace (à cause de l'angle d'incidence faible) et des vitrages à faible émissivité ;
- les orientations Sud, Sud-Est et Sud-Ouest sont favorables aux apports de chaleur, donc à favoriser, mais en limitant le rayonnement d'été par les dispositifs adaptés (casquette ou visière architecturale sont les plus adaptées dans le cadre des piscines).

Les surfaces vitrées inclinées ou horizontales sont une source importante de surchauffe en été, période où le soleil est le plus haut, la hauteur angulaire est la plus élevée. On évitera par conséquent cette solution pour des raisons énergétiques et de confort.

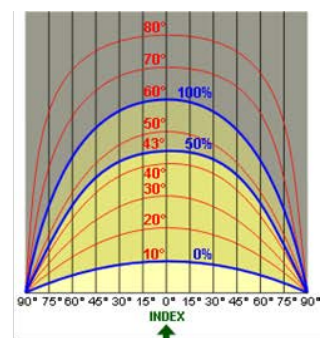
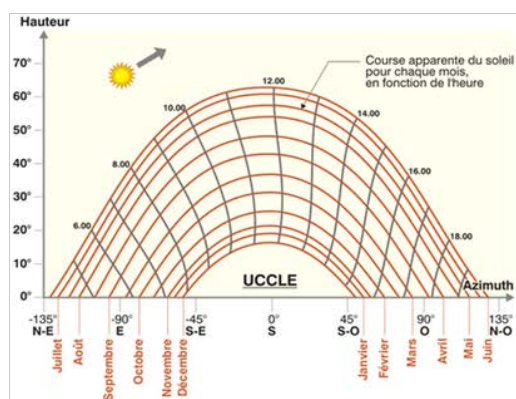
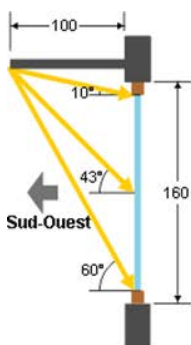
La conception de l'ensemble permettra au rayonnement solaire de traverser les halls des bassins en hiver, mais d'être stoppé en partie ou en totalité en été.

En effet, comme signalé plus haut, on sera amené à en filtrer une partie pour éviter l'éblouissement des nageurs ou des spectateurs par des dispositifs pouvant être de plusieurs natures :

- des visières formant des protections intégrées ;
- des ailes horizontales placées à l'extérieur en élévation de façon à ne pas masquer la vue sur le paysage ;
- des arbres feuillus en été pourront constituer des masques lointains.



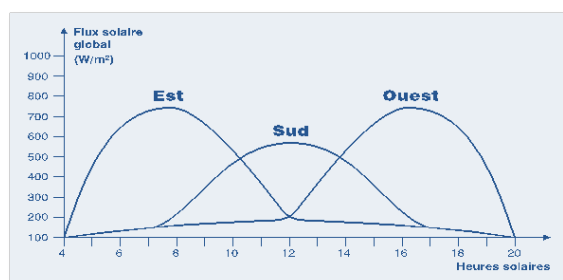
Illustration: Piscine de Mournex, Pyrénées Atlantiques Bruno Ridet - En Act Architecture ©



Energie+ - Cellule de recherche Architecture et climat de l'Université catholique de Louvain

Prenons un cas pratique pour l'évaluation de l'impact de la protection solaire horizontale proposée dans l'exemple ci-dessus.

L'exposition envisagée dans notre cas de figure est celle qui induit les surchauffes les plus importantes en été, l'orientation Sud-Ouest pour lequel le flux solaire peut atteindre des valeurs supérieures à 750 W/m².



Graphique : Flux solaire en fonction de l'heure solaire (source Brochure technique à l'usage des responsables énergie – 2^{ème} édition – Région Wallonne)

TYPE DE VITRAGE	SIMPLE VITRAGE (4)	DOUBLE VITRAGE (4-12-4)	DOUBLE VITRAGE + TRAITEMENT DE SURFACE	TRIPLE VITRAGE (4-12-4-12-4)	TRIPLE VITRAGE + TRAITEMENT DE SURFACE	VITRAGE SOLAIRE TRES HAUTE PERFORMANCE	BRISE-SOLEIL HORIZONTAL + DOUBLE VITRAGE
FACTEUR SOLAIRE (FS%)	86	76	65	67	60	35	10 (*)
TRANSPARENCE (%)	88	80	77	72	70	40	80

Un verre réfléchissant, avec un traitement de surface choisi dans les plus performants du marché, possède un facteur solaire de l'ordre de 35%, mais la transparence est réduite à une valeur proche de 40% alors que la lumière est très appréciée dans le hall des bassins. ((*) Si vitrage complètement ombré).

L'utilisation d'une protection solaire bien dimensionnée combinée à un double vitrage donne un résultat bien supérieur à toutes les solutions plus onéreuses de vitrages spéciaux. La valeur reprise dans le tableau tient compte d'un ombrage total grâce à une protection horizontale.

En modifiant la forme du pare-soleil horizontal et/ou en le combinant avec des éléments verticaux, le profil d'ombre peut être modifié sur l'azimut et la plage horaire d'exposition aux rayons solaires modifiée.

1.5 LA NOTION DE PAROIS FROIDES ET DE PONTS THERMIQUES

La qualité de l'enveloppe du bâtiment tant au niveau de la conception qu'au niveau du soin apporté à la mise en œuvre des matériaux (notamment les isolants) sera déterminante pour assurer le confort des nageurs.

L'état de « faiblesse thermique », dans lequel un nageur se trouve naturellement en sortant de l'eau, accentue la sensibilité aux parois froides.

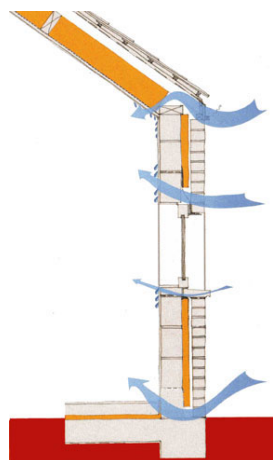
Généralement, une paroi est qualifiée comme « froide » lorsque sa température de surface est inférieure de plus de 3°C à la température de l'air du local. Dans le cadre d'une piscine, cet inconfort (sensation de froid) peut être connu avec un écart de température inférieur à cette valeur.

Le confort est par conséquent directement lié à l'enveloppe du bâtiment. Dès la conception, l'enveloppe du bâtiment doit être étudiée pour garantir cette impression de confort. Une attention particulière sera portée sur les caractéristiques du vitrage puisque la surface de vitrage est importante dans le cas des piscines.

Le confort thermique des baigneurs peut également être altéré par la perméabilité à l'air de l'enveloppe et l'hétérogénéité de la performance thermique des parois. La gestion des interfaces entre les différents lots fera l'objet d'une attention particulière tout au long du projet de construction ou de rénovation.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Le pont thermique qui existe dans une paroi peut également induire cet effet de paroi froide.



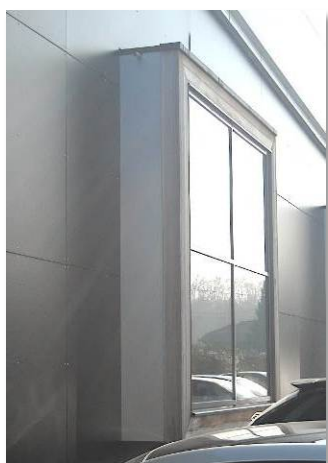
Les ponts thermiques sont généralement observés aux endroits suivants :

- liaisons murs-plancher ;
- liaisons refends-façades ;
- linteaux ;
- appuis des baies ;
- liaisons entre tableaux des baies et huisserie ;
- angles des murs ;
- etc...

Nb : Une différence existe entre les notions de « conditions de confort » et de « sentiment de confort ». En effet, les conditions de confort peuvent être atteintes sans que le sentiment de confort soit optimum, la réaction des gestionnaires de sites, recevant des plaintes d'inconfort de la part de leurs nageurs, est généralement d'augmenter les conditions de confort pour pallier aux problèmes. Cette réaction ne va pas dans le sens de l'utilisation rationnelle de l'énergie et pénalise souvent lourdement la facture énergétique annuelle. Il faut identifier la raison de l'inconfort en maîtrisant les différentes notions qui y sont liées.

Lorsque l'existence d'un pont thermique est révélée, on peut parfois observer de la condensation sur la paroi faisant défaut. Lorsque la température du point de rosée, aux conditions de température et d'humidité ambiante des bassins, est atteinte sur la paroi de faible performance thermique, la condensation apparaît.

Cette condensation peut altérer les matériaux qui, soumis en permanence à l'humidité, voient réduire leur temps de vie de façon parfois significative. Éviter les ponts thermiques assure également la pérennité des matériaux. Ces contraintes hygrothermiques sont à intégrer dès l'origine de la conception du bâtiment pour garantir l'exploitation dans les meilleures conditions.



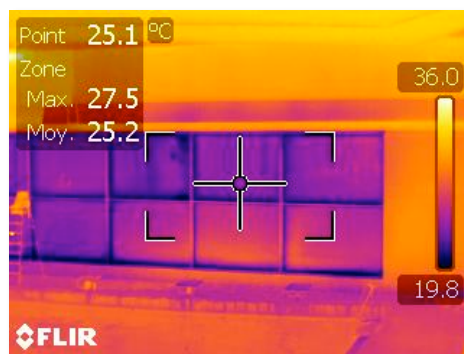
La disposition des châssis dans les parois est également fondamentale pour éviter les ponts thermiques. Même avec des châssis de qualité supérieure, il est très difficile d'éviter un pont thermique dans le cadre de la mise en œuvre comme celle illustrée ci-dessus (châssis en déport par rapport à l'enveloppe). L'isolation autour du profilé de la fenêtre devient délicate à mettre en œuvre. Nous pouvons d'ailleurs constater que la formation de condensation en partie basse du vitrage, signifie que la température de rosée est atteinte à cet endroit.



La présence d'éléments en béton de structure est l'origine la plus fréquente des ponts thermiques. Dans le cas illustré ci-contre, aucune isolation n'est prévue entre la surface intérieure et extérieure de la structure, le béton étant un excellent conducteur de chaleur, les déperditions calorifiques sont importantes et de la condensation se forme sur la surface intérieure du béton. Des traces noires (en réalité des moisissures) se forment en présence de l'humidité permanente et de la chaleur élevée à l'intérieur des halls des

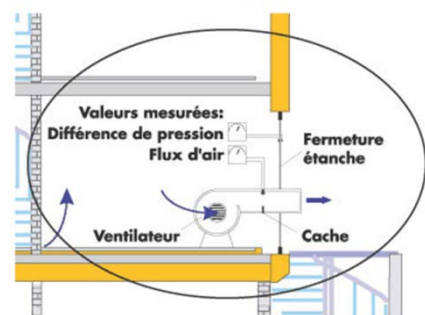
bassins.

Même en présence d'un isolant (mais d'épaisseur insuffisante), on peut observer une différence de température importante entre une poutre en béton armé et le reste de la paroi en blocs de terre cuite ou de béton léger. Une différence de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ a été mesurée sur cette paroi d'une piscine récente.



1.6 L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DU BÂTIMENT

Dans le cadre particulier des piscines, il est recommandé de mettre le bâtiment en légère dépression. Cette précaution doit être prise afin d'éviter la migration d'air humide et chargé de vapeurs chlorées à travers l'enveloppe du bâtiment. On évite de cette façon une dégradation prématurée de la structure du bâtiment.



Source : Passivhaus Institut, Darmstadt

Les normes imposées par la récente législation relative à la Performance Énergétique des Bâtiments (P.E.B.) tiennent compte d'une isolation élevée (Niveau $K \leq K45$) des parois mais également d'une étanchéité accrue (critère relatif à l'étanchéité à l'air $v50 \leq 6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$). Pour atteindre un bon niveau d'étanchéité, cela demande le plus grand soin au niveau des détails architecturaux, mais également au niveau de la mise en œuvre. Pour vérifier et améliorer le niveau d'étanchéité du bâtiment un ou plusieurs tests

d'étanchéité (Blower Door Test) peuvent être réalisés.

Tous les intervenants (Maître de l'ouvrage, Bureaux d'études et Architecte, Entrepreneurs,...) seront sensibilisés au problème qui devient crucial à mesure que le niveau d'isolation du bâtiment augmente. En effet, plus le niveau d'isolation augmente, plus les pertes par transmission diminuent. Par conséquent, dans le bilan final, la part de pertes due au manque d'étanchéité à l'air devient plus importante.



Source : Passivhaus Institut, Darmstadt

Les détails seront à soigner au niveau des ouvrants des châssis, mais également au niveau de la mise en œuvre des châssis dans leur réservation dans la structure. Les liaisons, les discontinuités au niveau de l'étanchéité sont en effet « à risque » pour celle-ci. Les passages de câbles, de gaines et des conduites entre les différents espaces protégés sont à identifier dès l'étude pour y apporter les solutions liées à

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

l'étanchéité. Il est par exemple indispensable de placer une membrane d'étanchéité à l'air entre les différents éléments constructifs du bâtiment (entre le châssis et la maçonnerie, à la jonction mur-plancher,...).

L'étanchéité aura également un impact sur la condensation interstitielle, la mise en œuvre d'un pare vapeur du côté le plus chaud, c'est à dire vers l'intérieur de la paroi, évitera la formation de condensation entre deux matériaux différents composant la paroi. De cette façon, on évitera les infiltrations et les exfiltrations dues au vent, au tirage thermique et aux équipements.

Il restera ensuite à veiller à ce que l'efficacité de l'enveloppe soit respectée en ne laissant pas une porte ouverte alors que la température extérieure est de plus de 20°C inférieure à la température ambiante des bassins.

- Sur l'illustration ci-contre, on constate que la porte d'évacuation extérieure est laissée ouverte pour une raison ou une autre. Ceci a pour conséquence qu'une part importante de l'air intérieur s'échappe vers l'extérieur si le bâtiment est mis en surpression. D'où, une perte importante en énergie de chauffage. Ce type de comportement est à éviter dans le cadre de l'utilisation rationnelle de l'énergie.



1.7 LA COMPOSITION ET LE TYPE DE PAROIS

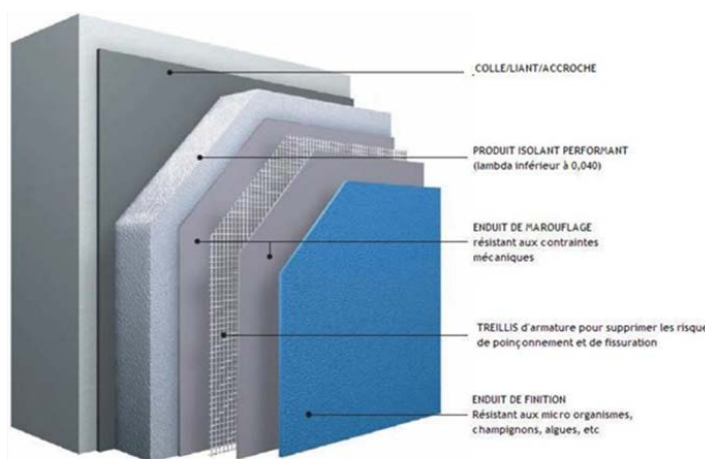
La performance énergétique des bâtiments abritant les piscines collectives passe par une isolation renforcée des parois et par le choix judicieux de la composition de ces parois pour garantir le résultat dans le temps.

Nous veillerons à ce que l'enveloppe résiste aux conditions intérieures de température et d'humidité, tout en évitant la condensation et les ponts thermiques comme vu précédemment.

Le choix des matériaux doit être fait en tenant compte des conditions d'ambiance des différents locaux constituant le bâtiment.

Les solutions qui seront retenues sont :

- Une isolation par l'extérieur des parois, ce qui augmente l'inertie thermique ;
- L'absence de parois froides et de ponts thermiques, obtenue par la conception et la mise en œuvre soignées ;
- Éviter l'apparition de la condensation qui entraînerait des moisissures.



Isolation par l'extérieur (source: Sto Therm)

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Pour éviter la condensation, nous avons le choix entre :

→ un renouvellement d'air poussé, mais avec un coût énergétique élevé, donc à éviter ;

→ une surépaisseur des matériaux d'isolant pour que la température des parois soit supérieure à celle du point de rosée.

S'il n'est pas possible d'éviter la condensation, il est important de choisir des matériaux spécifiques qui permettront d'éviter l'apparition de moisissures et d'éviter les conséquences nuisibles associées. L'évacuation des eaux de condensation devra également être prévue.

Chaque paroi doit faire l'objet d'une étude hygrothermique afin d'identifier les zones critiques pour lesquels des phénomènes de condensation pourraient se présenter. L'objectif est évidemment de limiter ces risques de condensation et de s'assurer qu'ils ne se produisent pas :

- sur les vitrages et les châssis ;
- entre l'isolant et le pare vapeur (risque d'endommager les supports et la structure) ;
- dans l'isolant thermique (diminution des performances thermiques).

Le vieillissement et la corrosion sont des phénomènes qui apparaissent beaucoup plus rapidement en piscine que dans d'autres complexes en raison de son entretien intensif et de l'omniprésence de l'eau et des vapeurs chlorées. Des matériaux et des équipements résistants sont donc indispensables pour assurer la pérennité des ouvrages.

1.7.1 FAÇADES

Les principaux éléments qui constituent les façades des bâtiments abritant une piscine sont les suivants : des murs, des parois opaques et des vitrages.

La transmission de la chaleur, à travers les façades et ces éléments, représente une partie importante de la facture énergétique.

Pour les nouveaux établissements qui seront soumis à la réglementation P.E.B., il faut atteindre un niveau d'isolation de K45 et tenir compte des valeurs de U_{max} (W/m^2K). Dans le cadre d'une rénovation, il est pratiquement très difficile d'obtenir cette valeur. Il est cependant possible d'augmenter les performances des parois en matière d'isolation. Par conséquent, la réglementation impose, pour une rénovation, d'atteindre au minimum les valeurs de U_{max} . Ces valeurs sont reprises dans le tableau ci-dessous.

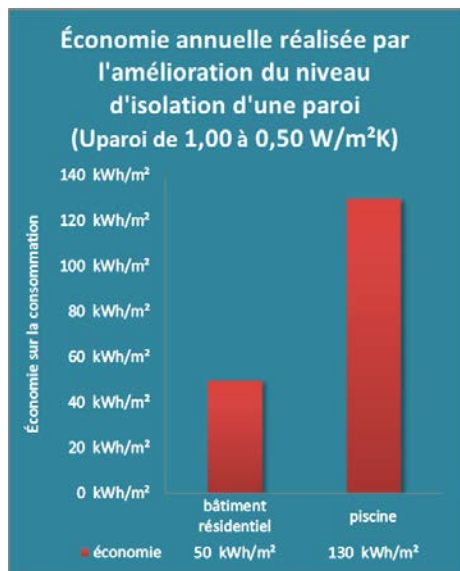
LOCALISATION DE LA PAROI	U_{MAX} (W/m^2K)	EPAISSEUR D'ISOLANT CORRESPONDANT (*) ($\lambda = 0,035 W/mK$)	EPAISSEUR D'ISOLANT CONSEILLE (*) ($\lambda = 0,035 W/mK$)	$U_{CONSEILLE}$ (**) (W/m^2K)	ECONOMIE ANNUELLE (kWh/m^2)
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET L'AIR EXTERIEUR	0,5	7 cm	14 cm	0,25	...40...
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET UN LOCAL NON CHAUFFE EXPOSE AU GEL	0,6	6 cm	8 cm	0,4	...35...
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET UN LOCAL NON CHAUFFE A L'ABRI DU GEL	0,9	4 cm	6 cm	0,6	...30...
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET LE SOL	0,9	4 cm	6 cm	0,6	...20...

(*) Associé à un voile en béton de 20 cm et d'un bardage de type fibro-ciment pour la façade extérieure.

(**) Coefficient de conductivité correspondant à l'épaisseur d'isolant conseillé.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Si nous considérons les superficies d'un établissement de construction récente, nous pouvons estimer l'économie annuelle du renforcement de l'isolation par rapport aux normes (tenant compte d'un rendement global de 90 % pour la production de chaleur). Pour une superficie de 550 m² de parois extérieures (superficie de parois opaques), l'économie atteinte en passant d'un niveau d'isolation U de paroi de 0,5 à 0,25 W/m²K serait de 25.000 kWh par an.



Nb : L'augmentation du niveau d'isolation de l'enveloppe permet une économie sur la consommation en combustible. En effet, les besoins en chauffage sont diminués. En outre, diminuer les besoins en chauffage permet de diminuer la puissance des installations de chauffage. D'où, une économie supplémentaire. Une installation de puissance plus faible demande, en effet, un investissement moins élevé.

Dans de nombreux cas, le calcul de l'isolation thermique globale (K) montre que si les valeurs de U_{max} de chaque paroi sont choisies (valeur minimale), le résultat K45 ne sera généralement pas atteint. Le K max ne tient, en effet, pas uniquement compte de l'isolation des parois mais également du volume chauffé et de la compacité du bâtiment. Il faut par conséquent revoir à la hausse les épaisseurs d'isolants sur les surfaces délimitant le volume protégé de l'air extérieur.

Vu les conditions de température ambiante élevée et les plages horaires très importantes dans les piscines, la rentabilité d'une isolation renforcée sera meilleure que dans le cas de tout autre bâtiment (température intérieure supérieure en

moyenne de 10°C par rapport à un bâtiment d'occupation classique). Il sera par conséquent rentable d'investir davantage dans l'isolation et dépasser les valeurs minimales autorisées du U_{max} et par conséquent de l'isolation thermique globale K.

Le graphique ci-dessus illustre l'économie réalisée sur la consommation en combustible par l'amélioration du niveau d'isolation d'une paroi. Cette économie est chiffrée pour le cas d'un bâtiment résidentiel, d'une part et d'une piscine d'autre part, en tenant compte de conditions de confort et d'occupation différentes. On remarque immédiatement l'intérêt qui existe dans l'amélioration du niveau d'isolation.

On se pose ensuite la question suivante : Quels matériaux, l'auteur de projet, doit-il privilégier pour assurer un niveau d'isolation suffisant, mais également pour permettre de profiter un maximum des apports externes?



LE BÉTON

Les larges ouvertures réservées aux vitrages laissent peu de place à la structure, le béton armé répond à des critères de résistance élevée et se prête idéalement à la construction de ce type de bâtiment.

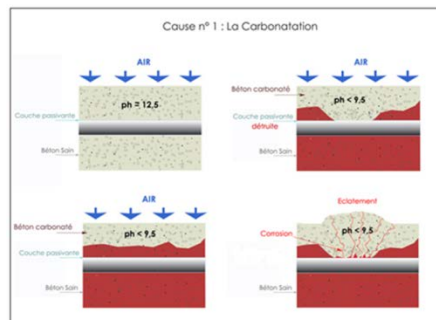
Il faudra néanmoins prévenir les problèmes liés à la dégradation des bétons dans les piscines, qui est un facteur bien connu, dû au milieu saturé en eau et en chlore.

À titre d'information, les normes applicables et les notions importantes sont citées ci-après. La norme EN 1504 définit les produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton. Dans le même ordre d'idée, on cite le PTV S62/S63/S66/S67, les marquages CE et Benor. Ces éléments sont intéressants dans le cadre du traitement des bétons. En effet, lors de travaux de rénovation des piscines, la problématique est régulièrement rencontrée et est particulièrement liée au système de traitement de l'eau et de l'air.

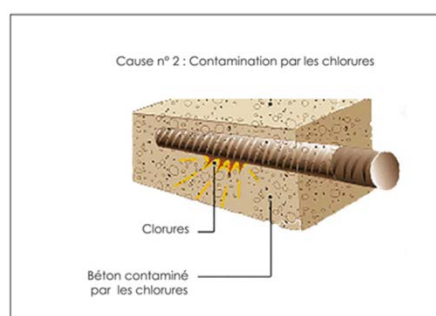
ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Les agents qui sont à l'origine de la corrosion des armatures sont surtout le dioxyde de carbone et les chlorures, nous pouvons brièvement expliquer ces phénomènes de la façon suivante :

→ Le dioxyde de carbone CO_2 pénètre sous forme gazeuse dans le béton. Il provoque en présence de l'eau interstitielle, une réaction avec la chaux ($Ca(OH)_2$) contenue dans le béton, dite de carbonatation. Le front de carbonatation pénètre progressivement à partir du parement jusqu'à une profondeur de +/- 30 mm. Il transforme les hydroxydes en carbonate ($CaCO_3$) et abaisse le pH de la solution interstitielle depuis environ 13 (pH auquel les armatures sont protégées de la corrosion (passivation)) jusqu'à environ 9. La diminution du pH peut provoquer la corrosion des armatures. Celle-ci entraîne ensuite l'éclatement de la surface du béton et permet au front de carbonatation de pénétrer plus avant dans le béton. Il est donc important de placer les armatures à une distance de minimum 30 à 40 mm de la surface du béton afin d'en éviter la corrosion ;



→ Les chlorures dissous dans l'eau pénètrent à partir de la surface du béton (surfaces présentes à l'intérieur des bassins). Ainsi, la teneur en chlorure dans le béton a un certain profil. Il s'agit d'une courbe « concentration-profondeur » qui est strictement décroissante, si les cycles humidification-séchage sont négligeables. Dans le cas contraire, ce profil n'est décroissant qu'à partir d'une profondeur où le béton est, de façon permanente, saturé d'eau (l'eau interstitielle ne s'évaporant pas), ce qui est le cas dans les bassins de natation.



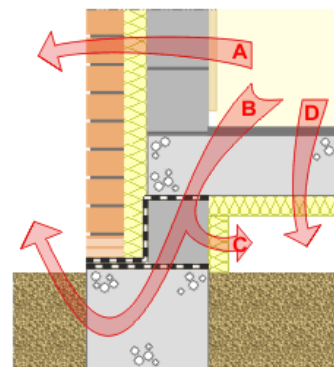
Dégradation des bétons (www.renofors.com)

L'ISOLANT

Les types d'isolants disponibles sur le marché sont nombreux, ils sont principalement d'origine synthétique, minérale ou végétale et présentent des caractéristiques et des comportements différents au feu ou à l'humidité.

La fixation mécanique de l'isolant en évitant les décollements (circulation d'air entre l'isolant et la structure à isoler) est indispensable.

Le tableau ci-dessous reprend différents types d'isolants, avec leurs caractéristiques thermiques et de perméabilité par rapport à la vapeur d'eau, et le caractère recyclable du matériau.



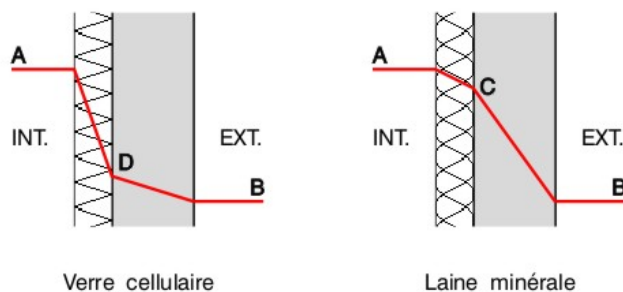
CATEGORIE	CONDUCTIVITE THERMIQUE λ (W/m ² K)	PERMEABILITE A LA VAPEUR D'EAU μ (*)	RECYCLABLE
MINERAL			
MW LAINE DE ROCHE	0,030 à 0,060	1 à ∞ (CG)	Difficilement recyclable
GW LAINE DE VERRE			
CG VERRE CELLULAIRE			
EPB PERLITE EXPANSEE			

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

CATEGORIE	CONDUCTIVITE THERMIQUE λ (W/M ² K)	PERMEABILITE A LA VAPEUR D'EAU μ (*)	RECYCLABLE
SYNTHETIQUE			
PUR POLYURETHANE	0,022 à 0,046	20 à 225	Non recyclable
EPS POLYSTYRENE EXPANSE			
XPS POLYSTYRENE EXTRUDE			
PF MOUSSE PHENOLIQUE			
VEGETAL			
ICB LIEGE	0,032 à 0,080	1 à 30	Recyclable
CEL CELLULOSE			
FIBRE DE BOIS			

(*) La valeur μ (perméabilité à la vapeur d'eau) indique l'épaisseur d'une couche d'air dont la résistance à la diffusion de vapeur est équivalente à la résistance d'une couche d'un mètre du matériau considéré. Plus μ est grand, moins le matériau est perméable à la vapeur.

La problématique de la condensation interstitielle doit être envisagée en sélectionnant un isolant avec le pare-vapeur associé. On peut observer un comportement totalement différent à la diffusion de la vapeur comme illustré ci-dessous :



La capacité isolante et la pérennité des matériaux et, par conséquent, les déperditions calorifiques en dépendent. Les pare-vapeur généralement utilisés sont (avec leur résistance à la diffusion de la vapeur d'eau par rapport à l'air x 10³) :

- Papier bitumé : 7 ;
- Polyéthylène : de 50 à 100 ;
- L'aluminium : 730 ;
- L'aluminium plastifié : 2.000.

La facilité de mise en œuvre de l'isolant contribue à améliorer la continuité de l'isolation, garant du résultat final et de l'élimination de risque de condensation sur les zones mal isolées (cas d'un isolant mal fixé sur sa paroi laissant de l'air frais refroidir la structure par circulation d'air dans la coulisse).

1.7.2 TOITURE



Le problème majeur rencontré dans la composition de la toiture, est la présence d'une atmosphère saturée en vapeur d'eau. Lorsque la vapeur d'eau se trouve à des températures différentes de part et d'autre d'une paroi, elle a tendance à se déplacer de la zone la plus chaude vers la zone la plus froide, ou plus exactement de la zone de pression de vapeur la plus haute vers la plus basse. Cette diffusion est d'autant plus importante que la différence est importante, comme c'est le cas en hiver où l'air extérieur est plus sec.

La cause des désordres que nous pouvons généralement constater au niveau des toitures des établissements abritant des piscines sont :

- La vulnérabilité de nombreux isolants à l'humidité ;
- La réalisation souvent hasardeuse des pare-vapeur ;
- l'absence de ventilation des faux-plafonds isolés ;
- le choix de mauvais systèmes de fixations des faux-plafonds ou de l'isolant.

En effet, ils fragilisent la structure (phénomène de corrosion, de surcharge avec risques de chute).

Afin d'éviter ces phénomènes, il faut choisir :

- ✓ un produit insensible à la vapeur d'eau ;
- ✓ des solutions techniques cohérentes (prenant en compte les problèmes de chantier et les conditions réelles d'exploitation) assurant le transfert de la vapeur, de sorte que sa condensation ne soit pas gênante tant pour l'isolant que pour la structure support.

LOCALISATION DE LA PAROI	U_{MAX} (W/m ² K)	EPAISSEUR D'ISOLANT CORRESPONDANT (*) ($\lambda = 0,035$ W/mK)	EPAISSEUR D'ISOLANT CONSEILLE (*) ($\lambda = 0,035$ W/mK)	$U_{CONSEILLE}$ (**) (W/m ² K)	ECONOMIE ANNUELLE (kWh/m ²)
TOITURE ET PLAFOND	0,3	12 cm	20 cm	0,18	...20...

Pour une superficie moyenne de 2.500 m² de toiture, nous pouvons calculer une économie de l'ordre de 50.000 kWh/an si le niveau d'isolation U de la paroi passe d'une valeur de 0,3 à 0,2 W/m²K.

→ De la même façon que la structure des façades, le béton composant la toiture doit faire l'objet des mêmes attentions pour éviter les dégradations liées à l'utilisation dans un milieu saturé en eau chargée de chlore.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

1.7.3 SOL

Après les parois extérieures et la toiture, il faut également étudier la composition du plancher et son niveau d'isolation globale. La réglementation fixe les valeurs reprises dans le tableau ci-dessous.

LOCALISATION DE LA PAROI	U_{MAX} (W/m ² K)	EPAISSEUR D'ISOLANT CORRESPONDANT (*) ($\lambda = 0,035$ W/mK)	EPAISSEUR D'ISOLANT CONSEILLE (*) ($\lambda = 0,035$ W/mK)	$U_{CONSEILLE}$ (**) (W/m ² K)	ECONOMIE ANNUELLE (kWh/m ²)
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET L'AIR EXTERIEUR	0,6	5 cm	12 cm	0,3	...45...
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET UN LOCAL NON CHAUFFE EXPOSE AU GEL	0,6	5 cm	12 cm	0,3	...45...
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET UN LOCAL NON CHAUFFE A L'ABRI DU GEL	0,9	3 cm	8 cm	0,4	...45...
ENTRE LE VOLUME PROTEGE ET LE SOL	0,9	3 cm	8 cm	0,4	...25...

Les surfaces les plus larges dans l'établissement seront :

- la surface des plans d'eau qui représente en moyenne 55% de la surface des plages, ces surfaces sont reprises comme étant entre le volume protégé et le sol ;
- les plages qui seront disposées au-dessus des galeries techniques entourant les bassins, ces planchers sont en contact avec des locaux non chauffés à l'abri du gel.

1.7.4 CHÂSSIS ET VITRAGE

Comme évoqué dans le cadre des parois opaques, le choix du type de châssis va dépendre de la zone qu'il va délimiter. Les établissements abritant les centres nautiques sont classiquement équipés de grandes surfaces vitrées. Ces vitrages seront soumis à une grande différence de température entre l'ambiance intérieure des bassins et l'extérieur. Il existe également des vitrages à l'intérieur du bâtiment pour séparer la cafeteria du hall des bassins par exemple, ou de façon plus générale, pour séparer toute zone occupée du hall des bassins.

TYPE	U (W/m ² K)	FS (%)	U_{MAX} (W/m ² K) CONSEILLE (VITRAGE)
SIMPLE VITRAGE	5	90	1,6
DOUBLE VITRAGE FAIBLE QUALITE	3	75	1,6
DOUBLE VITRAGE ARGON	1,5	70	1,6
DOUBLE VITRAGE ARGON HAUTE QUALITE	1,2	60 - 70	1,6
TRIPLE VITRAGE ARGON HAUTE QUALITE	0,5	50 - 70	1,6

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Les caractéristiques des châssis et vitrage ne seront pas identiques dans les deux cas de figures énoncés ci-dessus. Dans le cadre des bassins de natation couverts, le vitrage ne sera pas choisi uniquement pour ses qualités d'isolation, mais également pour son facteur solaire (capacité à laisser passer la lumière) de façon à profiter des apports calorifiques des rayons solaires. Le choix se portera essentiellement sur du double ou du triple vitrage ayant chacun leurs avantages et inconvénients. Le tableau ci-dessus nous donne un aperçu des caractéristiques de plusieurs types de vitrage.



Comme évoqué dans le cadre des parois opaques, le choix du type de châssis et de son vitrage va dépendre de la zone qu'ils vont délimiter.

Les normes en vigueur depuis le 1^{er} septembre 2008 sont :

- Valeur globale (profilé du châssis + vitrage) : $U_{\max} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Valeur spécifique à la partie centrale vitrée : $U_{\max} = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

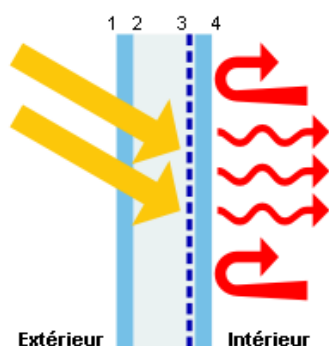
L'utilisation d'un triple vitrage a pour avantages :

- 😊 D'améliorer le niveau de confort en augmentant la température de surface au niveau de la face intérieure du vitrage ;
- 😊 De réduire fortement les déperditions calorifiques ;
- 😊 De limiter le risque de condensation.

Les inconvénients de ce type de vitrage sont principalement :

- 😞 La réduction des apports gratuits de chaleur venant des rayons solaires dû au facteur solaire faible ;
- 😞 Le poids élevé pour la mise en œuvre ;
- 😞 Le coût élevé, mais en constante diminution.

Sous nos latitudes, et dans le cadre d'espaces chauffés à des températures ambiantes élevées comme c'est le cas des piscines, une attention particulière sera portée sur les déperditions calorifiques et surtout sur l'inconfort, induit par les parois froides, souvent ressenti par les baigneurs. L'utilisation de ce type de vitrage permettra également de les orienter vers le nord, ce qui était évité auparavant à cause de l'effet « parois froides » gênant les baigneurs.



Dans les vitrages de qualité supérieure, l'espace entre les vitres est rempli d'argon pour réduire la convection de la chaleur. Pour diminuer les transferts de chaleur par rayonnement, une couche d'oxydes métalliques est ajoutée sur la vitre intérieure, le vitrage est alors appelé « à faible émissivité » (dits également Low-E), une température de surface élevée est ainsi conservée pour le confort des baigneurs et la formation de condensation est également évitée.

Nous pouvons estimer que si le choix se porte sur un triple vitrage, le bilan entre la chaleur solaire qui ne sera pas perçue (par rapport à un double vitrage par exemple) sera largement compensé par rapport à l'énergie économisée par la réduction des déperditions calorifiques pour des régions sur nos latitudes géographiques. En effet, la différence de facteur solaire entre le double et le triple vitrage ne se situe qu'entre 10 et 20%, conservant le bilan énergétique annuel favorable pour le triple vitrage.

Le degré d'isolation du châssis (au niveau du profilé) est un autre facteur dont il faut tenir compte pour éviter le phénomène de pont thermique.

ARCHITECTURE, ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET PEB

Nous porterons l'attention sur les points suivants :

- L'insertion d'un matériau isolant dans le profilé ;
- Les assemblages bois-aluminium ou pvc-aluminium qui présentent beaucoup d'avantages ;
- Le type et forme du joint mis en œuvre entre la vitre et le châssis ;
- L'intercalaire disposé entre les vitres en matériau isolant (peut devenir une source proportionnellement importante de pertes dans le cas des vitrages HR si espaceur métallique) ;
- Pour les ouvrants : une triple batée et joints souples pour augmenter l'étanchéité.

Il faut insister sur la mise en œuvre correcte du châssis, qui peut induire de larges pertes en cas de présence d'un pont thermique avec la paroi, dans lequel il sera placé. En cas de présence d'un pont thermique, le coefficient de conduction thermique U (W/m^2K) peut rapidement augmenter, ce qui ruine tous les efforts d'investissement et d'études consentis jusqu'à la mise en œuvre.

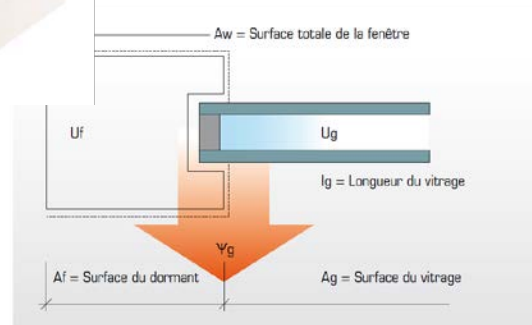
En conclusion, il faut insister sur le fait que le choix d'une fenêtre ne se rapporte pas simplement au choix d'un châssis et d'un vitrage. Il faut également tenir compte de la perméabilité à l'air, de l'étanchéité à l'eau, de la résistance au vent, de l'isolation thermique, de la transmission énergétique et lumineuse.

Ci-dessous sont reprises les caractéristiques essentielles des portes et fenêtres selon la norme européenne EN 14531 - 1 :

- Étanchéité à l'eau ;
- Résistance au vent ;
- Isolation acoustique ;
- Isolation thermique ;
- Perméabilité à l'air ;
- Solidité des équipements de sécurité ;
- Transmission énergétique ;
- Transmission lumineuse ;
- Substances toxiques ;
- (Aération) ;
- (Résistance à l'effraction) ;
- (Choc de corps mous et lourds) ;
- (Test de fonctionnement longue durée).



Source: Finstral



Le marquage CE est devenu obligatoire à compter depuis de 1er février 2010 pour les produits concernés par la norme EN 14351-1. Cela signifie que dans tous les pays européens, seules les portes et fenêtres disposant de ce marquage peuvent être vendues et installées. La déclaration de conformité est obligatoire pour les caractéristiques citées ci-dessus. Pour chacune de ces

caractéristiques, la norme européenne établit une description, une classification et différentes préconisations à suivre dans le choix d'un élément de fenêtre.

Cependant, les quatre derniers éléments ne doivent pas être renseignés, de manière obligatoire, pour les menuiseries.

Pour les vitrages, il est important de consulter la norme sur la sécurité. Pour information, les références de cette norme sont 23.002.

D'un point de vue pratique, il faut noter que les vitrages au bord des plages sont souvent éclaboussés et doivent être entretenus fréquemment. Cet entretien doit parfois être réalisé avec des produits acides pour enlever le calcaire déposé sur la surface vitrée. Il est par conséquent important de prévoir des châssis résistant aux nettoyages fréquents et parfois corrosifs. Des recouvrements des parties inférieures des châssis, en matériaux appropriés, peuvent également être utilisés.

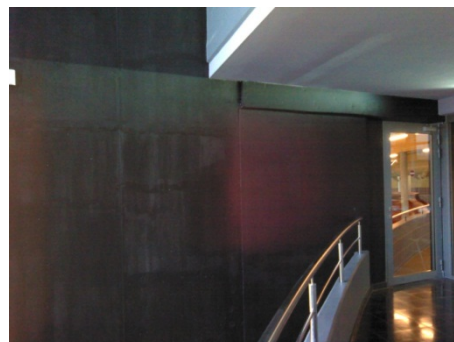
1.7.5 CLOISONS INTÉRIEURES

Dans ce paragraphe, nous ferons la différence entre les volumes protégés ayant des températures ambiantes différentes.

En effet, la P.E.B. préconise un U_{max} repris ci-dessous pour les parois mitoyennes entre espaces protégés.

Dans le cas des piscines, nous pouvons avoir différents cas de parois mitoyennes entre :

- le hall d'entrée ou la cafeteria et les bassins ;
- un local technique et les bassins ;
- les bureaux, la salle de réunion et les bassins ; paroi entre locaux techniques ;
- un bassin tampon (eau à température élevée) et un local technique non chauffé ;
- ...



LOCALISATION DE LA PAROI	U_{MAX} (W/m ² K)	EPAISSEUR D'ISOLANT CORRESPONDANT (*) ($\lambda = 0,035$ W/mK)	EPAISSEUR D'ISOLANT CONSEILLE (*) ($\lambda = 0,035$ W/mK)	$U_{CONSEILLE}$ (**) (W/m ² K)	ECONOMIE ANNUELLE (KWh/m ²)
PAROIS MITOYENNES ENTRE ESPACE DE \neq TEMPERATURE AMBIANTE < 5°C	1,0	3 cm	3 cm	1,0	-
PAROIS MITOYENNES ENTRE ESPACE DE \neq TEMPERATURE AMBIANTE > 5°C	1,0	3 cm	10 cm	0,3	...30...

Le béton ne présente pas une bonne caractéristique isolante s'il n'est pas complété par une isolation spécifique. La chaleur peut le traverser facilement, les déperditions entraînent une consommation d'énergie non maîtrisée.

Nous avons pu constater à plusieurs reprises que des voiles béton (non isolés) séparaient des zones aux conditions de température très différentes.

C'est principalement le cas dans :

- le hall d'entrée (température de 20°C) séparé de la zone ludique (température de 30°C) ;
- le bassin tampon de la piscine d'instruction (eau à 30°C) par rapport au local technique fortement ventilé (quasi à la température extérieure).

Nous pouvons approcher, dans chacun de ces cas, les déperditions de la façon décrite dans le tableau ci-dessous qui reprend les conditions existantes (sans isolation) et les conditions optimales (avec une épaisseur suffisante d'isolation). Il traduit les quantités d'énergie perdues entre deux locaux mitoyens d'occupation et de conditions de confort différentes.

PERTES THERMIQUES AU TRAVERS D'UNE PAROI MITOYENNE				
ZONE	HALL D'ENTRÉE		BASSIN TAMPON	
MATÉRIAU	BÉTON ARMÉ	BÉTON ARMÉ + ISOLANT	BÉTON ARMÉ	BÉTON ARMÉ + ISOLANT
SURFACE (m ²)	40		25	
DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE (°C)	10		22	
HEURES DE CHAUFFE / AN	8.760		8.760	
EPAISSEUR (BÉTON – ISOLANT cm)	20	20 + 10	20	20 + 10
U (W/m ² K)	3,45	0,3	3,45	0,3
PERTES CALORIFIQUES (kW)	1,40	0,10	1,90	0,16
ENERGIE PERDUE (kWh/an)	13.500	900	18.500	1.500



Cette photo nous montre que la température du mur du réservoir tampon de l'eau de piscine est à une température de surface de 24,5°C alors que nous avons $\pm 6^\circ\text{C}$ dans le local technique voisin. Le transfert de chaleur entre les deux zones est par conséquent très important.

1.7.6 ZONES SÈCHES

Le principe de séparation des zones devant être à des conditions de température ambiante différentes doit être respecté pour les zones où les occupants ne seront pas en condition de faiblesse thermique, c'est à dire qu'ils seront habillés (même légèrement) et secs (pas mouillé par l'eau des bassins).

Nous appelons les zones occupées comme étant :

- Salle de réunion ;
- Cafétéria ;
- Sanitaires accessibles au public (autre que les baigneurs);
- ...

Une différence de température de l'ordre de 6°C doit exister entre les zones sèches et les zones humides, considérant que les zones humides sont à 28°C et les zones sèches à maximum 22°C . Un niveau d'isolation U de la paroi de 1,1 à $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ est conseillé comme expliqué dans le



cadre des cloisons mitoyennes. Le choix sera orienté vers un niveau d'isolation plus élevé si le local occupé est lui-même mitoyen avec une zone non chauffée (à l'abri du gel ou non) ou mitoyen avec une zone chauffée aux mêmes conditions de confort.



CONDITIONS D'EXPLOITATION



CONDITIONS D'EXPLOITATION

2 CONDITIONS D'EXPLOITATION

2.1 LES CHIFFRES DU SECTEUR

Jusqu'à aujourd'hui et encore trop souvent, les piscines ont toujours été considérées comme un équipement sportif dont la consommation est inéluctable. Les besoins d'une piscine sont en effet considérables. En moyenne, la consommation en combustible d'une piscine est de 2.800 kWh/m² de plan d'eau et par an. Cette consommation reprend les besoins en chauffage de l'ambiance et de la piscine, la déshumidification avec apport et modulation du débit d'air neuf et la production d'eau chaude sanitaire.

Avec l'évolution des technologies actuelles en matière d'isolation, de chauffage, de ventilation, il est aujourd'hui possible de diminuer conséquemment ces consommations. On peut estimer que la consommation d'une nouvelle piscine varie entre 1.500 et 1.800 kWh par m² et par an.

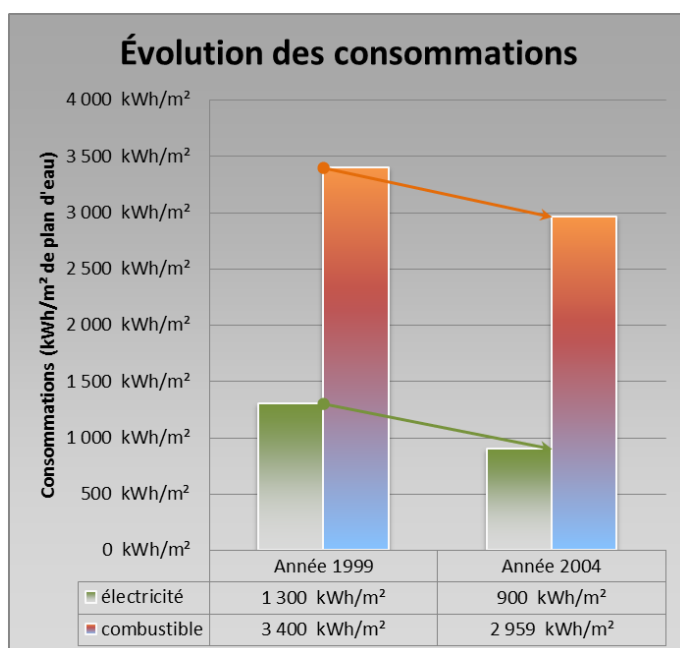
Ce constat permet d'estimer un potentiel d'économies réalisables non négligeable !!

Dans ce chapitre du guide, nous analysons les consommations récentes d'un ensemble de piscines. Cette analyse nous permet d'établir des comparaisons entre les différentes piscines afin de marquer certaines disparités. Elle nous permet également, sur base des consommations des années précédentes, d'en montrer l'évolution. Nous analysons également ces consommations par rapport aux normes fixées en matière de traitement d'air et d'eau. Dans un cas pratique, nous analysons les consommations d'une piscine récemment rénovée afin d'établir les avancées en matière d'économie d'énergie.

2.1.1 ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS

Les graphiques et tableaux ci-dessous reprennent les consommations moyennes pour des établissements de type piscine. (Source des chiffres : *énergie* ; ICEDD)

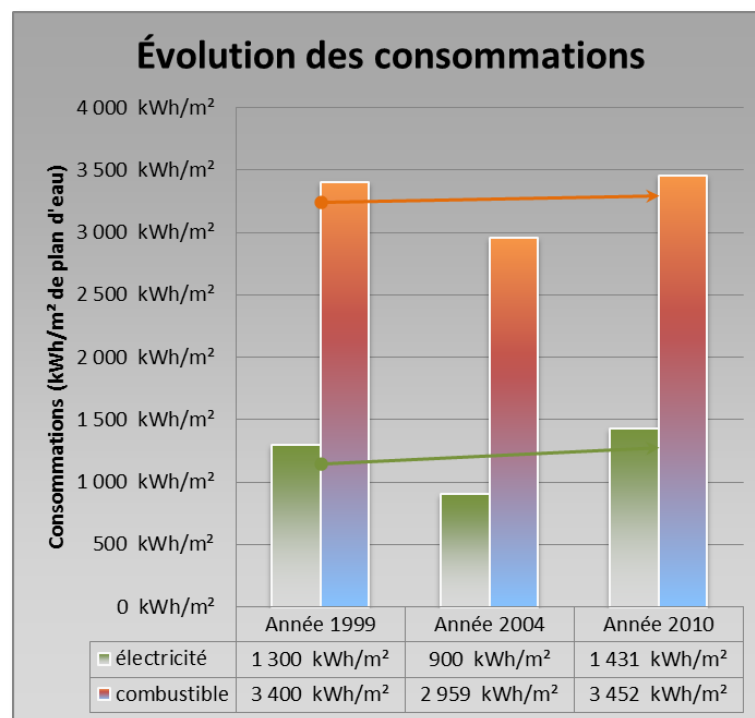
Les données reprises concernent des piscines chauffées couvertes, les consommations spécifiques étant exprimées en fonction de la surface du plan d'eau, et non pas en fonction du bâtiment. Les consommations spécifiques d'électricité varient fortement d'une piscine à l'autre, indépendamment de la surface.



CONDITIONS D'EXPLOITATION

On constate, à la lecture du graphique, une évolution des consommations dans les piscines qui tend à diminuer ces dernières années. Différents facteurs permettent d'expliquer une telle diminution. La rénovation et la construction de nouveaux complexes, permettent, via l'utilisation d'équipements performants, de diminuer les consommations. Par ailleurs, les équipements qui sont aujourd'hui disponibles garantissent une meilleure efficacité de l'ensemble. De plus, ces dernières années ont vu croître l'intérêt de chacun pour une utilisation plus intelligente de l'énergie. Entre parenthèses, l'augmentation du coût de l'énergie est en partie responsable de cette prise de conscience.

Si nous intégrons les consommations moyennes obtenues pour notre échantillon de consommations dans les piscines en région wallonne, qui comprend d'anciennes piscines, des rénovations, de nouvelles constructions, nous obtenons le graphique ci-dessous.



On constate dès lors une augmentation de la consommation, qui va à l'inverse de notre analyse précédente. Cependant, ce constat doit être relativisé. D'une part, avec l'augmentation de la fréquentation, de plus en plus d'établissements investissent dans l'installation de zones de détente, de zones ludiques, etc... nécessitant des besoins en chauffage et en électricité plus importants. D'autre part, un nombre important de piscines en région wallonne ont été construites durant les années 1970 et ont aujourd'hui plus de trente ans. Les installations techniques et les équipements accusent le poids des années.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

2.1.2 ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE DIFFÉRENTES PISCINES

Dans cette partie, nous analysons les consommations récentes d'un ensemble de piscine. Cette analyse nous permettra ensuite d'établir des comparaisons entre ces différentes piscines afin de marquer certaines disparités.

Pour cette analyse, nous nous sommes basés sur les consommations des piscines suivantes :

- Piscine Calypso ;
- Piscine de Herve ;
- Piscine de La Louvière ;
- Piscine de Louvain-La-Neuve ;
- Piscine de Soignies ;
- Piscine d'Enghien ;
- Piscine du complexe sportif d'Andenne ;
- Piscine Longchamps ;
- Piscine de Cuesmes ;
- Piscine du complexe "Les dauphins" ;
- Piscine de Leuze.

Nous remercions d'ailleurs, dans le cadre de cette étude, l'ensemble des gestionnaires qui ont accepté de mettre ces consommations à notre disposition.

Le tableau ci-dessous reprend les consommations en combustible et en électricité par mètre carré pour ces différentes piscines. Il reprend également la consommation moyenne en eau par nageur. Il est important de noter que l'ordre repris dans ce tableau ne correspond pas à l'ordre de la liste ci-dessus, ceci afin de conserver un minimum de confidentialité.

	SURFACE DU PLAN D'EAU (m ²)	NOMBRE DE NAGEURS PAR AN	CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE (kWh/m ²)	CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ (kWh/m ²)	CONSOMMATION D'EAU (LITRES/NAGEUR)
A.	770	450.000	1.643	1.956	45
B.	330	150.000	4.545	1.227	63
C.	465	135.000	3.391	1.232	180
D.	1.390	380.000	2.621	1.498	57
E.	320	70.000	4.246	1.423	120
F.	656	175.000	3.544	1.825	143
G.	720	300.000	3.366	836	64
H.	700	350.000	3.795	895	118

En parcourant le tableau, on constate rapidement qu'il existe d'importantes différences d'une piscine à une autre et ce, à différents niveaux.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

Si on analyse les consommations en combustibles, on constate que les consommations varient de 1.650 kWh/m² et par an à 4.250 kWh par m² et par an. Afin d'expliquer pourquoi on rencontre de telles différences, nous avons intégré au tableau un élément de comparaison supplémentaire. Il s'agit de préciser si oui ou non les infrastructures ont été rénovées. Nous avons également réalisé une distinction entre une rénovation partielle (installations techniques) et une rénovation totale (installations techniques et enveloppe du bâtiment) et si un régime réduit sur le chauffage (diminution de la température des locaux durant les périodes d'inoccupation) est mis en place.

	SURFACE DU PLAN D'EAU (m ²)	ANNÉE DE CONSTRUCTION	CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE (kWh/m ²)	RÉNOVATION DES INFRASTRUCTURES	COMMENTAIRES
A.	770	1981	1.643	Non	Régime réduit de nuit
B.	330	1977	4.545	En cours	Rénovation partielle
C.	465	1980	3.391	Non	/
D.	1.390	2008	2.621	Oui	Construction neuve
E.	320	1970	4.246	En cours	Rénovation partielle
F.	656	1970	3.544	Non	/
G.	720	1969	3.366	Oui	Rénovation partielle
H.	700	1974	3.795	Oui	Rénovation partielle

Les piscines A et D se distinguent directement par une consommation inférieure à la moyenne estimée précédemment.

Pour la piscine A, aucune rénovation n'a été réalisée. Elle utilise cependant un système de filtration de type cuivre-argent qui lui permet de diminuer sa consommation en eau par nageur, en conservant une bonne qualité d'eau. À cela s'ajoute l'utilisation d'une couverture thermique mise en place sur le bassin lors des périodes d'inoccupation. Cette couverture offre plusieurs avantages. Elle permet de diminuer l'évaporation de l'eau. Par conséquent, la consommation en eau et en chauffage est diminuée. En outre, le système permet de mettre en place un régime réduit au niveau de la ventilation, de la déshumidification et du chauffage. L'ensemble de ces actions permettent de diminuer la consommation finale de la piscine. Petit bémol cependant, la consommation électrique est nettement plus élevée que la moyenne.

Pour la piscine D, il s'agit d'une construction récente qui date de 2008. Un soin particulier a été apporté à la conception de l'enveloppe avec notamment une isolation efficace et l'utilisation de vitrage basse émissivité pour les châssis extérieurs. Ceux-ci permettent de limiter les déperditions thermiques. De plus, les surfaces vitrées sont importantes et situées de manière à profiter un maximum des apports de chaleur naturels. D'un point de vue équipement technique, des groupes de traitement d'air avec récupération de chaleur sur l'air extrait ont été installés. Ces différentes actions permettent de limiter la consommation de ce nouveau complexe. Et pourtant, de nombreuses améliorations sont encore envisageables. Par exemple, l'utilisation d'une couverture thermique sur le bassin durant les heures d'inoccupation. Ou l'amélioration du niveau d'isolation de l'enveloppe mais également l'optimisation de la performance énergétique des installations et bien d'autres encore.... Si ces améliorations avaient été mises en œuvre lors de la construction de la piscine, sur base des économies réalisables, la consommation ne serait plus que de 1.500 kWh par m², soit une économie de plus de quarante pourcents. On réalise donc directement la nécessité d'accorder une grande importance à la conception (enveloppe, installations techniques,...) proprement-dite de la piscine.

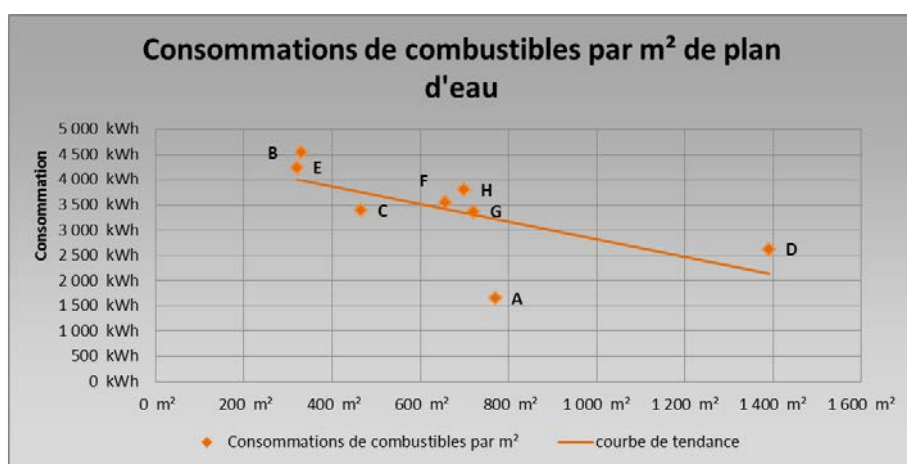
Par ailleurs, si on regarde plus en détail les autres piscines, partiellement rénovées, on remarque que les consommations restent malgré tout supérieures à la moyenne citée précédemment qui était de 2.800 kWh/m². Cela nous permet d'insister sur la nécessité d'étudier soigneusement le projet de rénovation, d'envisager plusieurs pistes possibles, d'analyser différents cas concrets,... Dans certains cas, il sera par exemple plus intéressant d'envisager la construction d'un nouveau complexe.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

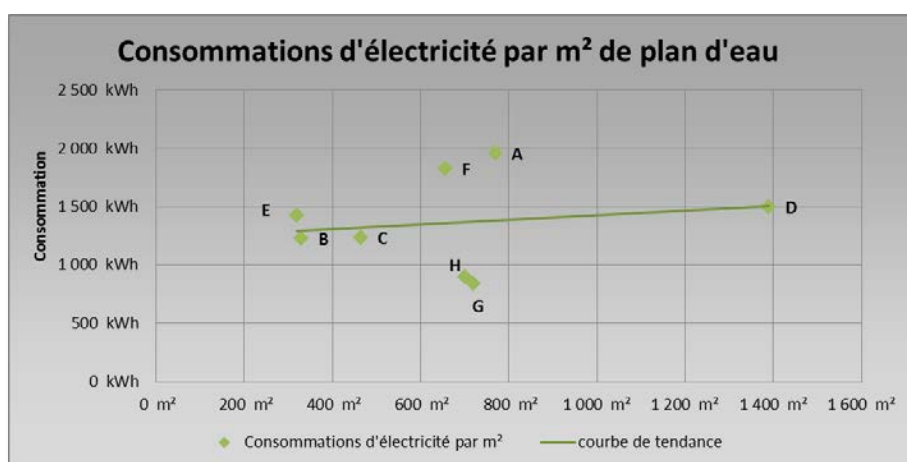
Analysons finalement les informations relatives aux consommations en eau de ces différentes piscines. Au vu de ces chiffres, on remarque directement que ces consommations sont très disparates. Il est à première vue également difficile d'établir un lien entre elles. Nous pouvons cependant nous baser sur la réglementation de la région wallonne qui impose un renouvellement minimum en eau de 30 litres par nageur. Dans les faits, on constate que ce renouvellement est nettement plus élevé. Celui peut monter jusqu'à 180 litres par nageur dans certains cas. Chaque situation doit bien évidemment être étudiée au cas par cas, en fonction du système de filtration, en fonction de relevés d'analyse effectués, en fonction de la fréquentation, ... qui déterminent le renouvellement effectivement nécessaire. Cependant, il n'est pas inutile d'insister sur la nécessité de mettre en place un suivi des consommations afin de relever les éventuelles anomalies, de privilégier les processus économes en eau, d'utiliser des équipements moins consommateurs, ... afin de limiter ces consommations qui ne sont pas inévitables.

2.1.3 RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS

Nous avons établi les courbes de tendances de consommations pour l'échantillon de consommations analysé. Celles-ci se retrouvent dans les graphes ci-dessous pour les consommations en combustibles et en électricité par mètre carré de plan d'eau



Les consommations spécifiques de combustibles diminuent avec la taille de la piscine. On peut y voir sans doute l'influence des activités annexes à la piscine proprement dite (cafétéria etc.).



Les consommations en électricité restent quant à elles assez constantes. Pour la piscine A, l'augmentation de la consommation électrique s'explique par la spécificité de son système de filtration qui nécessite un fonctionnement continu. En ce qui concerne la piscine F, rappelons qu'elle a été achevée en 1970 et n'a pas été rénovée. Par conséquent, les équipements présents sont vétustes et responsables d'une consommation importante. Quant aux piscines G et H, ces piscines ont fait l'objet de rénovation partielle d'un point de vue des installations techniques et de l'éclairage. L'utilisation d'équipements performants explique l'écart de consommation constaté sur le graphique.

2.1.4 CONCLUSIONS

Quelles conclusions pouvons-nous établir au vu de l'analyse précédente?

Tout d'abord, une situation n'est pas une autre et chacune doit être analysée au cas par cas, en fonction des caractéristiques de la piscine, de ses installations, de sa fréquentation...

Ensuite, insister une nouvelle fois en disant que les consommations de piscines, si importantes soient elles, ne sont pas inévitables. Il est possible de prendre une série de mesures, de mettre en place des améliorations spécifiques afin de limiter les consommations en combustible, en électricité et en eau. On pense naturellement à l'amélioration du niveau d'isolation de l'enveloppe. L'utilisation d'un système de traitement d'eau performant est également à étudier dans le cas d'une rénovation ou de la construction d'un nouveau complexe.

Il est également possible de mettre en place des campagnes de sensibilisation. Mais surtout, il est indispensable de mettre en place un suivi des installations, un suivi des consommations et de leur évolution. Des relevés réguliers, une surveillance de ces installations et de ces relevés, par une personne désignée, sont incontournables si l'on veut garantir le bon fonctionnement des installations et pouvoir relever rapidement la moindre anomalie et limiter ainsi les consommations.

Enfin, terminer en disant qu'il existe dans les complexes existants, mais également dans les projets futurs d'importants potentiels d'économie d'énergie et d'utilisation d'énergie verte.

→ Il est intéressant de disposer d'installations et d'équipements performants, économes en énergie, bien étudiés et adaptés au site, dont le fonctionnement est optimisé en fonction des caractéristiques et d'en assurer le suivi au travers d'une conduite et de relevés réguliers afin de limiter les consommations.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

2.2 LES NORMES ET LA RÉGLEMENTATION

Nous avons relevé les chiffres issus de l'Arrêté du Gouvernement Wallon portant conditions sectorielles relatives aux bassins de natation (M.B. du 25/03/2003 modifié par l'AGW du 6 mai 2004) qui auront une influence sur la facture énergétique.

Il s'agit ici uniquement des conditions de température et d'humidité dans l'air, les critères de qualité d'eau sont repris dans un chapitre ultérieur.

- Art. 20. Le taux d'humidité relative de l'air est maintenu en dessous de 65 %, pour contrôler ce taux, l'exploitant dispose, dans le hall de natation, d'un hygromètre en bon état de fonctionnement, placé à une hauteur comprise entre 1,5 et 2 mètres du sol.
- Pendant les heures d'ouverture au public, la température de l'air du hall de natation dépasse de 2°C au moins celle de l'eau du plus grand bassin.
- Art. 45. L'eau du bassin de natation est entièrement recyclée en un temps maximum de 4 heures.
- Art. 46. L'eau chaude et tiède des douches provient d'une installation de chauffage de l'eau portant la température de celle-ci à au moins 65 °C. Le mélange éventuel avec l'eau froide s'effectue le plus près possible de la distribution d'eau des douches.
- Art. 53. Le taux maximal de chloramines dans l'air mesuré à 1,5 mètres du sol, est limité à 0,5 mg/m³. Sa mesure est réalisée une fois par an en hiver, à un moment représentatif de la fréquentation du bassin et aux frais de l'exploitant.

Nb :

Deux fois par an, à 6 mois d'intervalle, la bactérie *Légionella pneumophila* sera recherchée dans l'eau sortant d'un pommeau de douche. Pour cette bactérie, la valeur limite maximale à respecter est de 1.000 colonies par litre.

Donnons quelques éléments de comparaison par rapport à l'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale fixant des conditions d'exploitation pour les bassins de natation (AGB 10 octobre 2002) :

- La température de l'air doit être de + 1° par rapport au bassin le plus chaud. (Rmq : ceci est très difficile à mettre en œuvre car, en cas de bassin « bébés nageurs » à 34°C, la T° de l'air devrait être de 35 °C. Dans la pratique, on respecte les normes wallonnes) ;
- Le texte bruxellois insiste sur le contrôle du débit des filtres (pose de débitmètres) ;
- Les autorités publiques peuvent exiger une installation de dégazage continu sur l'eau des baignoires à bulles et des bassins équipés d'appareils ludiques (toboggan, ...) et exige un débit d'air de 30 m³/heure/m² de sol + bassin(s) ;
- On ne peut avoir que 1 nageur pour 3 m² d'eau en grand bassin et 1 nageur pour 2 m² d'eau dans les autres bassins. La FMI (Fréquentation Maximale Instantanée) doit être contrôlée (la future norme européenne reprend la valeur de 1 nageur pour 3 m²) ;
- Le nombre de douches est égal à la FMI / 20 avec minimum 2 douches tièdes par sexe ;
- Le nombre de toilettes pieds nus (accrochées au mur) est de FMI / 80 avec minimum 3 WC hommes et 3 WC dames + 1 toilette pour personne à mobilité réduite.



CONDITIONS D'EXPLOITATION

Comparaison avec la FRANCE :

- La loi 77-804 du 19/07/1977 prévoyait un décret concernant les températures d'eau des bassins et de l'eau sanitaire. Il est toujours en préparation. Dans la pratique, on adopte 27°C pour les bassins ordinaires et 28°C pour les bassins d'initiation ;
- La circulaire 75-141 du 03/06/1975 du secrétariat à la jeunesse et au sport prévoit une température de 32°C en hiver pour les enfants de moins de 6 ans. Elle mentionne aussi la nécessité d'accorder la température d'air à celle de l'eau ;
- L'arrêté du 25/07/1977 fixe la température de différents locaux où s'exercent des activités à caractère sportif et notamment des piscines (toutefois, les activités de loisirs ne sont pas forcément à caractère sportif) :
- hall des bassins (27°C) ;
- annexes (vestiaires, douches 23°C).
- Le décret 79-907 du 22/10/1979 concerne les températures en inoccupation: 16°C pour des inoccupations comprises entre 24 et 48 heures, 8°C pour des inoccupations supérieures à 48 heures. Ce décret n'est en général pas appliqué dans les piscines lorsque les bassins sont remplis d'eau chaude (plus de 25°C) ;
- L'arrêté du 12/03/1976 relatif au dispositif de renouvellement d'air fixe à 21,6 m³/h la valeur de référence du renouvellement d'air spécifique dans une piscine et limité à 1,3 fois cette valeur, soit 28 m³/h, le renouvellement d'air maximum au moyen d'un dispositif spécifique de ventilation. En outre, la perméabilité des parois extérieures doit être telle que le "renouvellement d'air extérieur non spécifique ne dépasse pas de plus de 20% le renouvellement d'air spécifique".

En résumé, nous pouvons établir un tableau reprenant quelques paramètres principaux :

PARAMETRE	REGION WALLONNE	REGION BRUXELLES-CAPITALE	FRANCE
HUMIDITE RELATIVE %	65 %	70%	65 à 75%
RECYCLAGE EAU (GRAND BASSIN)	1 x / 4 heures	1 x / 4 heures	1 x / 4 heures
T° AIR	28°C	28°C	27°C
T° EAU	24 à 27°C	28 à 30°C	27 à 28 °C
T° VESTIAIRE	24°C		23°C
T° INOCCUPATION	-	-	16°C si 24 à 48 heures 8°C si > 48 heures

Au niveau de la qualité de l'eau et de l'air, la Région Wallonne et la Région Bruxelles-Capitale utilisent les mêmes valeurs limites.

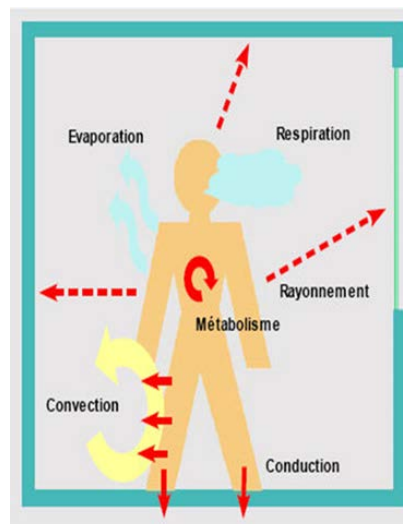
CONDITIONS D'EXPLOITATION

2.3 LES CONDITIONS DE CONFORT

Il est utile de commencer ce chapitre par la réflexion suivante : « le confort thermique restera toujours variable en fonction des individus et le zéro plainte n'est pas possible ».

Le confort thermique dépend de 6 paramètres :

- Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos ;
- L'habillement, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement ;
- La température ambiante de l'air T_a ;
- La température moyenne des parois T_p ;
- L'humidité relative de l'air (HR), qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température ;
- La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection.



Confort thermique www.certu.fr

L'humidité relative ambiante influence la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire, c'est un facteur important dans notre cas de figure.

Un exemple illustrant simplement le taux d'humidité dans l'air :

- Une température extérieure de 24°C et une humidité relative de 82 % (après une pluie en période de forte chaleur), entraînent une forte impression de moiteur, due à l'impossibilité pour la peau d'évaporer l'eau de transpiration et donc de se rafraîchir ;
- Par contre, une température de 24°C conjointe à une humidité relative de 18 % (climat estival méditerranéen) permet de refroidir la peau.

→ La température de l'eau, et par conséquent de l'air, doit dépendre du type de bassin. La séparation physique et thermique, entre les différentes zones humides de confort thermique différent, doit être réalisée pour éviter les transferts.

Cet aspect a été abordé dans les chapitres précédents relatifs à l'architecture et la circulation dans le bâtiment.

Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s, le système de ventilation et le réseau de distribution seront conçus et dimensionnés pour garantir un niveau de confort optimum.

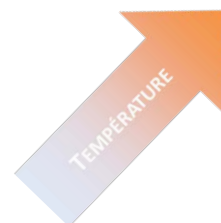
Nb : L'attention des auteurs de projet est attirée sur la distance à respecter entre les bouches de pulsion de type "jet" et les baigneurs car une vitesse de l'air trop élevée entraîne un inconfort.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

Dans une piscine, le baigneur qui sort de l'eau est dans une situation de « faiblesse thermique » : son corps est mouillé et l'eau qui s'évapore prend sa chaleur de vaporisation sur sa peau. Une sensation de refroidissement importante apparaît.

Le gestionnaire de la piscine peut donc agir :

→ soit en augmentant la température de l'air, ce qui est coûteux et déconseillé étant donné les températures ambiantes mesurées qui sont déjà trop élevées ;



→ soit en augmentant le taux d'humidité intérieur de la piscine : l'évaporation de l'eau sera ralentie et le confort du baigneur en sera augmenté.

Cette solution est avantageuse mais elle a ses limites, c'est le risque de condensation superficielle qui augmente sur les vitrages et le risque de condensation interne dans les parois (murs, structure, toiture) également.

Le degré d'isolation mis en œuvre dans le cadre de constructions récentes (même si l'isolation est inférieure aux normes actuelles fixées par la P.E.B. depuis le 1^{er} septembre 2008) permet de monter à des taux d'humidité de l'ordre de 75% sans que de la condensation n'apparaisse sur les parois (fenêtres, murs et plafonds). C'est le résultat d'une température de surface des parois supérieure au point de rosée de l'eau dans ces conditions de température et d'humidité. Les consignes de confort peuvent s'exprimer en termes d'humidité spécifique, c'est à dire en poids d'eau.

2.3.1 LA TEMPÉRATURE ET L'HUMIDITÉ AMBIANTE



La température de chaque bassin doit être définie en fonction du type de bassin (SPA, pataugeoire, bassin sportif, d'instruction, ...) et des usages prévus (bébés nageurs, 3^{ème} âge,...).

Une importante économie d'énergie peut être réalisée suite à la diminution des consignes généralement rencontrée ainsi qu'un gain de confort de la part des baigneurs. Cette augmentation doit se faire progressivement pour observer le comportement de la condensation suite à l'augmentation de l'humidité relative, surtout pour les bâtiments existants avec des taux d'isolation et une composition des parois souvent mal connus.

Cet aspect est rencontré par un arrêté du Gouvernement de Bruxelles Capitale du 10/10/2002 qui recommande une humidité relative, la plus haute possible, sans détériorer l'enveloppe (les valeurs rencontrées sont proches de 65%).

Pour illustrer ce qui précède, prenons une situation existante mesurée dans une piscine de la Région Wallonne dont les conditions de confort ont été mesurées pour le grand bassin (piscine sportive). La température de l'air est de 30 °C pour une température d'eau de 28,5 °C. L'humidité relative est de 60 % ou encore d'un poids d'eau de 15g/kg.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

Il aurait été intéressant de passer aux conditions ci-dessous :

- Température de l'air : 28,5°C ;
- Température de l'eau : 27°C ;
- Humidité relative : 70% à 75% ou encore un poids d'eau à 16,5...17 g/kg (à 28,5°C).

La modification de ces paramètres engendrerait des économies d'énergie non négligeables au niveau du chauffage de l'air et de l'eau, tout en maintenant une sensation de confort acceptable pour le nageur.

Nb : L'adaptation des paramètres doit se faire progressivement, toutes les composantes doivent être surveillées pour vérifier l'impact des modifications, notamment sur la structure de l'enveloppe, sur les systèmes,...

2.3.2 LA TEMPÉRATURE DE L'EAU



La température maximale de l'eau recommandée est de 28° C pour les grands bassins et de 30°C en ce qui concerne les petits bassins.

Il faut veiller à laisser la température de l'air ambiant toujours légèrement supérieure à la température de l'eau pour éviter une évaporation excessive difficile à résorber par la suite.

2.3.3 LES PÉRIODES D'OCCUPATION ET D'INOCCUPATION

La plage d'occupation est souvent très importante (généralement de 8h30 jusqu'à 21h30), l'établissement restera par conséquent inoccupé pendant \pm 46% du temps. On peut généralement constater que les conditions de confort sont figées de la même façon en période d'occupation que pendant l'inoccupation, ce qui induit une dépense énergétique importante sans être utile aux conditions de confort des baigneurs.

Même si une relance demande un fonctionnement à plein régime des équipements pendant un temps réduit (qui devra être optimisé), la mise en œuvre d'un régime réduit a systématiquement pour conséquence des économies de combustible et d'électricité en abaissant (de façon mesurée et progressive) les consignes de température et d'humidité.



2.3.4 LA QUALITÉ DE L'EAU

Il convient de souligner que la teneur en corps chimiques indésirables dans l'air dépend de leur teneur dans l'eau et de la surface de contact entre l'air et l'eau. Une chaîne de traitement d'eau performante aboutit à des quantités de gaz dissous volatils (trichlorure d'azote, chloroforme, organochloré volatil en général) suffisamment faibles pour satisfaire aux normes sans devoir ventiler à taux importants avec de l'air neuf qui doit être réchauffé à des températures élevées. Les économies d'énergies qui peuvent être réalisés dans le cadre des piscines passent par les conditions de confort évoquées auparavant dans ce document, mais par la qualité de l'eau également.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

La réglementation en vigueur en Région Wallonne résume en 4 tableaux les paramètres à respecter :

TABLEAU A : PARAMETRES CHIMIQUES				
TYPES	METHODES	UNITES	VALEURS	
			GUIDES	LIMITES
LIMITE INFÉRIEURE				7,0
LIMITE SUPÉRIEURE				7,6
UREE : LIMITE SUPÉRIEURE	Berthelot ou diacétylmonoxime	mg/l	2,0	
OXYDABILITE A CHAUD ET EN MILIEU ACIDE	Titrimétrie au permanganate de potassium	mg/l	5	
CHLORURE (A L'EXCEPTION DES BASSINS SALES) : LIMITE SUPÉRIEURE	Potentiométrie, titrimétrie ou chromatographie ionique	mg/l	800	

TABLEAU B : PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES			
TYPES	METHODES	UNITES	VALEURS
NOMBRE TOTAL DE COLONIES A 37°C ET APRES 48H D'INCUBATION	Dénombrement après incorporation en gélose	Nbre/ml	100
PSEUDOMONAS AERUGINOSA	Dénombrement après filtration	Nbre/100 ml	0
STAPHYLOCOQUES A COAGULASE POSITIVE	Dénombrement après filtration	Nbre/100 ml	0
STREPTOCOQUES FECAUX	Dénombrement après filtration	Nbre/100 ml	0

TABLEAU C : PARAMETRES PHYSIQUES		
TYPES	VALEURS	
	GUIDES	LIMITES
TRANSPARENCE		Vision du fond (*)
POLLUTION VISIBLE	Absence	
COULEUR	Aucune	

(*) un repère est placé à la plus grande profondeur

TABLEAU D (COMPLEMENT DU TABLEAU A) : PARAMETRES CHIMIQUES				
TYPES	METHODES	UNITES	VALEURS	
			GUIDES	LIMITES
CHLORE LIBRE MESURE	Colorimétrie (DPD,..)	mg/l		
LIMITE INFÉRIEURE			0,5	1,0
LIMITE SUPÉRIEURE			1,0	1,5

Le dépassement des valeurs limites des tableaux implique la fermeture du bassin si la situation ne peut être remédiée endéans la demi-heure.

Sur les feuilles de relevé des résultats des analyses quotidiennes, il est préférable de toujours indiquer quelle est la fréquentation de base pour chaque performance et rien n'interdit de prévoir des performances supérieures à ce qu'exige la réglementation.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

Ces différents tableaux ainsi que des explications complémentaires peuvent être retrouvés dans le VADE-MECUM pour les piscines wallonnes (http://www.aes-asbl.be/aes_sect_piscine.html).



LES SYSTÈMES



3 LES SYSTÈMES

3.1 LA PRODUCTION DE CHALEUR

3.1.1 GÉNÉRALITÉS

La cohabitation entre l'énergie renouvelable et fossile, pour un projet basse énergie ou très basse énergie, conditionne, dans la plupart des cas, la centralisation de la production de chaleur de manière à ne pas multiplier les unités de production de chaleur afin de :

- limiter les frais d'exploitation, de limiter les pertes d'énergie liées à la multiplication des unités de production et de limiter les coûts d'investissement ;
- favoriser le « Management » des différentes sources d'énergie et donc assurer une certaine stabilité de l'ensemble des équipements de l'installation. Les unités de production de chaleur doivent impérativement disposer d'une plage de modulation de puissance importante afin de maximiser le rendement global saisonnier. Dans le cas d'une production centralisée, il faudra également tenir compte des pertes de chaleur qui sont liées à la distribution du fluide. L'implantation des unités de production doit donc être murement réfléchie.

Le choix d'un système de chauffage des locaux et de surcroît, dans des espaces volumineux, implique le choix du vecteur caloporteur final capable d'amener la calorie là où elle est nécessaire. En effet, le confort dans les grands espaces impose que la répartition de chaleur soit homogène au même titre que dans les espaces classiques.



La difficulté du choix réside dans la manière dont l'émetteur doit amener les calories en tout endroit en respectant certains critères :

- dans des conditions idéales de confort thermique. Les principaux paramètres qui conditionnent le confort thermique sont une température et une humidité homogène en tout point et une vitesse d'air la plus faible possible ;
- avec un minimum de consommations énergétiques finales et de dépenses d'exploitation. De ce point de vue, le choix de l'émetteur tiendra compte :
 - de la stratification possible des températures dans les espaces de hauteur importante qui augmente les consommations énergétique ;
 - de l'efficacité de la distribution de la chaleur dans le local et du rendement d'émission ;
 - du rendement du système de régulation ;
 - d'un impact environnemental réduit (émission de CO₂).

3.1.2 LES BESOINS

Un des points fondamentaux qui est lié à la production de chaleur, concerne la définition de besoins. C'est sur base de ces différents besoins que l'installation pourra être conçue et dimensionnée afin d'obtenir le meilleur résultat.

Une bonne partie de la définition des besoins doit être fixée avec le Maître de l'Ouvrage ou l'exploitant. En effet, l'exploitant dispose de toute une série d'informations qui sont fondamentales pour définir, de manière correcte, ces besoins. Il y a donc lieu d'établir une bonne communication avec celui-ci afin qu'il puisse apporter sa pierre à l'édifice.



On trouve parmi ces besoins notamment, pour le dimensionnement, le nombre de nageurs, les conditions de confort, ... mais également pour la conception, les éléments qui sont relatifs à l'utilisation des installations et des locaux de manière à orienter les concepts « théoriques » vers une installation performante non seulement sur le plan de l'utilisation et mais également sur le plan énergétique.



Lors de nouveaux projets, les besoins sont principalement basés sur des notes de calculs ou d'utilisation de logiciels spécifiques, les résultats obtenus sont donc approchés et souvent surévalués...C'est la raison pour laquelle, dans le cas de rénovations, il est fortement conseillé de réaliser tous les relevés, les mesures et les enregistrements nécessaires afin de disposer des données réelles.

SYSTÈMES

3.1.3 CHOIX DU COMBUSTIBLE

Les types de combustible utilisables sont souvent liés à la situation géographique du bâtiment. En effet, suivant la localisation, on peut envisager d'utiliser différents types d'énergie comme le gaz naturel, le bois, la géothermie, etc..., les autres types de combustibles comme le mazout, le gaz propane, l'huile végétale pouvant être utilisés un peu partout puisqu'ils sont stockables. Les différents types de combustibles ont des avantages et des inconvénients qui sont repris ci-dessous :

COMBUSTIBLE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	ÉMISSION CO ₂ [KG CO ₂ /KWH]
MAZOUT	<p>Son stockage est possible, il n'est donc pas sensible aux coupures comme pour le gaz</p> <p>Il n'existe aucun engagement auprès d'un fournisseur. Il est donc possible d'observer l'évolution de l'offre pour s'approvisionner au meilleur prix</p>	<p>Le mazout est un combustible fossile des plus polluants</p> <p>Il nécessite une cuve de stockage, qui engendre un coût pour l'installation et à l'exploitation et présente des risques pour la pollution</p> <p>Ses caractéristiques ne sont pas très favorables pour la condensation</p> <p>Son utilisation génère régulièrement des odeurs désagréables</p> <p>Le prix du litre de mazout est élevé</p>	0,306
GAZ NATUREL	<p>Le gaz est moins polluant que le mazout</p> <p>Il ne nécessite pas de cuve de stockage</p> <p>Ses caractéristiques sont favorables à la condensation</p> <p>Le relevé et le comptage sont plus aisés que pour le mazout</p>	<p>Il est sujet au risque de coupure</p> <p>Il n'est pas utilisable partout, son utilisation est lié au réseau de distribution</p> <p>Il présente un risque plus important en cas de fuite</p>	0,251
GAZ PROPANE	<p>Il n'est pas sujet au risque de coupure</p> <p>Il est moins polluant que le mazout</p>	<p>Il nécessite une cuve pour le stockage</p> <p>Ses caractéristiques sont moins favorables à la condensation que le gaz naturel</p> <p>Le prix est généralement plus élevé que le gaz naturel et le mazout</p> <p>Inapproprié pour les gros consommateurs</p>	0,275
BOIS	<p>Il est très écologique</p>	<p>Il nécessite un local pour le stockage</p> <p>L'exploitation est plus lourde que pour les autres énergies</p> <p>Le prix varie suivant la situation géographique mais le montant de l'investissement total du système de production est plus élevé</p>	0,040
HUILE VÉGÉTALE	<p>Elle est très écologique (respect de la biomasse, aucun agent chimique polluant, etc.)</p>	<p>Elle nécessite un local pour le stockage</p> <p>La qualité de l'huile fournie, bien que réglementée, pose parfois des problèmes</p> <p>L'exploitation est plus lourde que pour les autres énergies</p> <p>Le prix varie suivant la situation géographique mais le montant de l'investissement total du système de production est plus élevé</p>	0,065
ELECTRICITÉ	<p>Elle ne nécessite pas l'installation d'un réservoir de stockage</p> <p>Le comptage de l'énergie est très aisé</p> <p>Elle est disponible presque partout</p>	<p>L'émission de CO₂ et l'énergie primaire sont élevés</p> <p>Le prix par kWh est élevé comparativement aux autres énergies</p>	0,456

Le choix du type de combustible doit être murement réfléchi, puisqu'il y a un impact très important sur les coûts d'énergie et d'exploitation, les coûts d'investissements, les systèmes et bien entendu sur l'environnement.

Ce choix doit être basé sur une étude pointue intégrant les besoins du Maître de l'Ouvrage et les différentes solutions envisageables et chiffrées de manière à donner tous les éléments au Maître de l'Ouvrage pour qu'il puisse prendre la bonne décision.

Cette étude doit aboutir sur un tableau bilantaire reprenant l'ensemble des coûts sur la durée de vie des installations.

Ceux-ci sont notamment :

- les investissements liés aux différentes solutions énergétiques ;
- les coûts énergétiques ;
- l'énergie primaire ;
- les émissions de CO₂ ;
- les primes et/ou subsides ;
- les coûts de maintenance et d'exploitation.

Le rôle de l'auteur de projet est de donner tous les éléments positifs et négatifs de différentes solutions possibles.

En effet, des solutions peuvent parfois paraître, à première vue, très alléchantes sur le plan du principe mais s'avèrent très contraignantes sur le plan « pratique ».

IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES ENERGIES				
COMBUSTIBLES	ÉNERGIE FINALE (kWh)	FACTEUR DE CONVERSION D'ENERGIE FINALE EN ENERGIE PRIMAIRE	RAPPORT PCS/PCI	PRODUCTION CO ₂ (kg/kWh)
FUEL	10 kWh/l	1	1,06	0,306
GAZ NATUREL	9,3 ... 10,8 kWh/m ³	1	1,11	0,251
GAZ PROPANE	12,8 kWh/kg	1	1,09	0,275
BOIS	2,5 ... 4,9 kWh/kg	1	1,08	0,040
HUILE VEGETALE	7,5 ... 9,8 kWh/l	1	1,07	0,065
ÉLECTRICITE	1	2,5	-	0,456

3.1.4 LES SYSTÈMES DE PRODUCTION

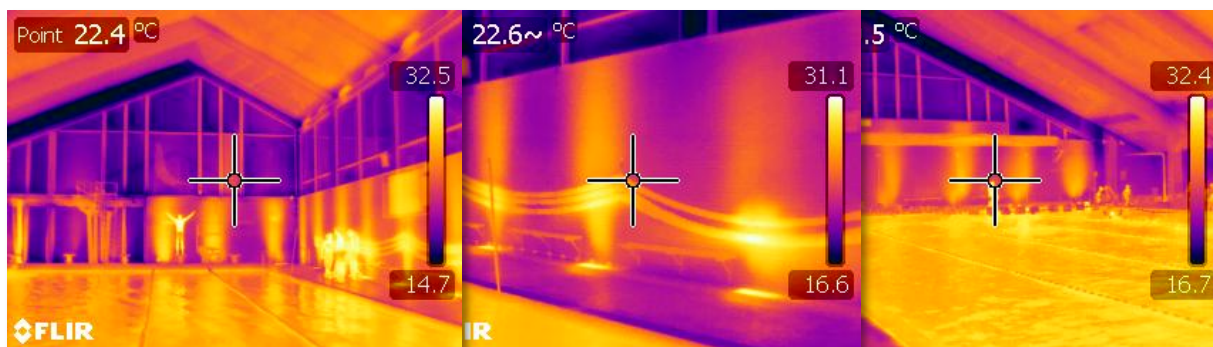
3.1.4.1 GÉNÉRALITÉS

La performance énergétique du système de production de chaleur est fondamentale et plus importante que dans les cas d'autres types de bâtiments. En effet, la demande de chaleur est très importante (températures ambiantes très élevées, énergie nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire, énergie nécessaire au chauffage de l'eau des bassins, etc.), la plage d'occupation est très importante durant la semaine mais également durant les week-ends et les possibilités de régime réduit sont très limitées.

SYSTÈMES

Le choix du système a une influence sur :

- Le type d'émetteurs ;
- La distribution.



La base de la réflexion au niveau des installations de chauffage et de production de chaleur étant de produire de la chaleur à une température la plus basse possible afin :

- d'augmenter le rendement de production ;
- de réduire les pertes par distribution ;
- d'augmenter les rendements d'émission ;
- d'augmenter le confort des occupants.

Afin de limiter les puissances installées et le coût des installations de production, de distribution, des systèmes, etc..., il est primordial de limiter la demande de chaleur.

Il convient donc de mettre en œuvre une enveloppe performante aussi bien au niveau :

- de l'isolation des parois ;
- des murs extérieurs et dans certains cas intérieurs ;
- du sol ;
- de la toiture ;
- de la qualité thermique des châssis et du vitrage (U_w), mais aussi de l'étanchéité de ceux-ci ;

Ces caractéristiques ont déjà été développées dans la partie 1.71.7 ci-dessus

Nb : L'annexe III de la réglementation relative à la Performance énergétique dans les bâtiments reprend le niveau maximum des coefficients thermiques des différentes parois. Ces valeurs constituent un « minimum » à atteindre pour respecter la réglementation en vigueur. Dans le cadre des piscines, accroître ces performances, est d'autant plus intéressant que la demande en chaleur est élevée.

- de l'étanchéité du bâtiment afin de limiter les infiltrations d'air extérieur (en apportant un soin particulier à l'étanchéité, il est aisé d'obtenir des valeurs inférieures à $6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$).

Mais également mettre l'accent sur :

- la performance des installations de distribution ;

- la performance de l'émission et de la distribution de chaleur dans le local ;
- la performance des équipements terminaux au niveau du chauffage mais également au niveau de l'eau chaude sanitaire afin de limiter la consommation aux réels besoins en respectant les conditions d'exploitations définies.
- etc...

3.1.4.2 LA CENTRALISATION DE LA PRODUCTION DE LA CHALEUR

La production de chaleur peut être réalisée de manière centralisée ou décentralisée. Le choix dépend de l'ensemble des informations qui sont relatives au projet. Le choix peut donc être différent suivant la situation.

La centralisation de la production de chaleur dans les bâtiments présente une série d'avantages et d'inconvénients repris ci-dessous :

TYPE DE PRODUCTION DE CHALEUR	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
PRODUCTION CENTRALISÉE	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Optimiser les investissements ; ⊕ Faciliter l'exploitation et la maintenance ; ⊕ Simplifier l'approvisionnement énergétique ; ⊕ Faciliter la combinaison entre les différents types d'énergies fossiles et renouvelables ; ⊕ Etc... 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ La perte d'énergie plus importante au niveau de la distribution de l'énergie ; ⊕ La nécessité de mettre en place des équipements de production et de distribution pouvant s'adapter aux besoins sans perte de rendement ; ⊕ De disposer d'un plus grand espace qui peut nécessiter la construction d'un local annexe ; ⊕ Etc...

La centralisation de la production de chaleur nécessite donc une réflexion globale quant :

- au choix de l'emplacement du local technique dans le bâtiment avec accès direct vers l'extérieur (introduction de matériel et de consommables pour la mise en œuvre des opérations de maintenance et pour les travaux de rénovation) ;
- à la performance énergétique du réseau de distribution (calorifuge) ;
- à la performance du système de transport du fluide (circulateurs).



3.1.4.3 LE DIMENSIONNEMENT

3.1.4.3.1 GÉNÉRALITÉS

L'évaluation de la puissance totale nécessaire intègre les déperditions du bâtiment, les infiltrations d'air, la puissance nécessaire au chauffage de l'eau chaude sanitaire et au chauffage de l'eau de piscine, le chauffage de l'air et un éventuel supplément pour la relance des installations.

L'évaluation de la puissance doit faire l'objet d'une attention toute particulière, car celle-ci a une influence sur :

- Le montant de l'investissement (chaudière mais également tous les équipements et accessoires périphériques) ;
- Le rendement global saisonnier de la production de l'eau chaude :

$$\eta_{global} = \frac{\eta_{combustion} - q_c}{1 + q_e \times \left[\frac{n_t}{n_b} - 1 \right]}$$

SYSTÈMES

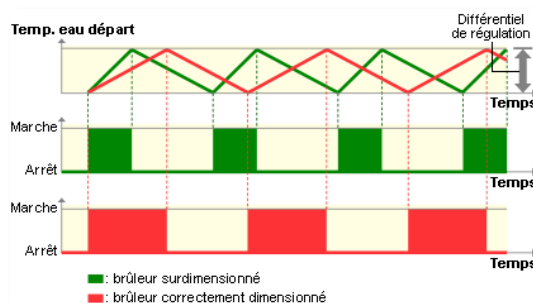
Où :

- $\eta_{\text{combustion}}$ représente le rendement de combustion de la chaudière ;
- q_c représente le pourcentage de pertes vers la chaufferie, lorsque le brûleur est en fonctionnement ;
- q_e représente le pourcentage de pertes à l'arrêt ;
- n_t / n_b représente le rapport entre la durée de la saison de chauffe et le temps de fonctionnement annuel du brûleur.

Il est donc très important de ne pas surdimensionner les installations et de prendre toutes les précautions (besoins et bases fiables pour les calculs dans le cas de nouvelles constructions et relevés ou enregistrements pour les rénovations) pour garantir la juste puissance.

3.1.4.3.2 LES DÉPERDITIONS

Dans le cas d'une installation destinée au chauffage de locaux, les besoins calorifiques totaux servant de base au calcul de la puissance utile totale des systèmes de chauffe correspondront aux déperditions calculées suivant les normes NBN B62-003 (calcul des déperditions) et B62-002 (coefficients de transmission thermique) moyennant les adaptations des paragraphes 2.2 et 2.3. Le cas échéant, le calcul s'effectuera suivant les normes européennes qui remplacent les normes NBN B62-003 et B62-002.



3.1.4.3.3 LES INFILTRATIONS

Les infiltrations d'air dans un bâtiment sont relatives à l'amenée d'air extérieur et sont liées principalement au niveau de l'étanchéité du bâtiment (parois, aux angles de changement de matériaux, châssis, les portes, etc.). Conformément au rapport n°1 du CSTC (1992), les déperditions calorifiques totales du bâtiment ne comprendront pas la totalité des pertes par infiltrations normalisées. On considère que dans les circonstances normales, la moitié du volume du bâtiment subit une déperdition par infiltration.

Le niveau d'infiltration peut varier fortement d'un bâtiment à l'autre. En effet, le taux de renouvellement peut aller pour des constructions existantes de 0,8 volume heure à 0,05 volume heure pour les bâtiments passifs. Ces niveaux d'étanchéité à l'air sont mesurables à l'aide d'un test d'étanchéité appelé aussi test "Blower Door". On peut aussi se référer à la nouvelle réglementation PEB et à la norme EN 13779 qui définit un taux de renouvellement horaire pour un niveau de pression différentielle défini.

En moyenne, par défaut, on considère des niveaux d'étanchéité de 12 m³/hm². La réalité des tests donnent dans le cas de bâtiments existants des niveaux de 8 m³/hm². Si un certain nombre de précautions sont prises (membranes d'étanchéité, enduits, colmatage des fuites, étanchéité à l'air des châssis,...) on peut rapidement descendre à 2 m³/hm² voire 0,6 m³/hm².

Lorsque le bâtiment est mis en surpression par le système de ventilation mécanique et que le débit excédentaire de la pulsion par rapport à l'extraction dépasse le débit d'infiltration, celui-ci ne doit pas être pris en compte dans le calcul des déperditions globales par renouvellement d'air. C'est le cas pour les enveloppes de bâtiment dont le degré d'étanchéité à l'air est élevé, c'est-à-dire $n_{50} < 2$ (n_{50} est le taux horaire de renouvellement d'air résultant d'une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur).



Lamaisonpassive.be/étanchéité-air

3.1.4.3.4 SUPPLÉMENT DE PUISSANCE POUR LA RELANCE

La puissance obtenue suite aux calculs des déperditions ne sera pas majorée pour assurer une relance plus rapide des installations si, la puissance de la chaudière prend en compte la puissance nécessaire au chauffage de l'air neuf et si ces apports d'air neuf peuvent être diminués en période de relance.

Dans le cas contraire, une majoration pour surpuissance sera adoptée dans les bâtiments à occupation discontinuée, majoration proportionnelle à l'inertie du bâtiment, conformément à la norme EN 12831 (Norme suisse SIA : « Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calculs des déperditions calorifiques de base » ; 2003).

Avec le renforcement de l'isolation des bâtiments, la puissance de déperdition du bâtiment devient nettement plus faible par rapport à la puissance nécessaire à la relance en cas de coupure. Cependant, l'application des normes NBN B62-003 et du tableau du paragraphe 2.6 (inspiré de la norme D30-001), conduit à un surdimensionnement suffisant des chaudières pour permettre une relance en cas de chauffage intermittent.

Cet effet sera en outre renforcé par :

- un dimensionnement des émetteurs en régime 70/50°C ou moins encore en cas de bâtiment à basse énergie (40/30°C) ;
- un apport d'air neuf hygiénique pouvant être arrêté en période de relance (fonctionnement en recyclage ou arrêt des ventilateurs) ;
- Il ne sert donc à rien de prévoir une réserve de puissance complémentaire pour la chaufferie (chaudière(s) et brûleur(s)) ou tout autre système de chauffe. Dans la pratique, une installation dimensionnée suivant les règles de l'art sera déjà surdimensionnée ;
- La norme EN 12831 dit qu'une surpuissance de relance n'est pas nécessaire si les pertes par renouvellement d'air peuvent être diminuées en période de ralenti. En effet, si le système de production de chaleur assure également la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage de la piscine, la puissance dédiée à ces besoins peut être utilisée pour assurer la relance (coefficient de simultanéité) ;
- Dans le cas contraire, la norme EN 12831 propose des valeurs par défaut de surpuissance en fonction du type d'enveloppe et du temps de relance souhaité. Cette surpuissance varie entre 4 et 39 W/m² (moyenne de 20 W/m²).

Dans la pratique, la puissance du système de production d'eau chaude ne sera majorée que de la différence entre :

- La puissance de chauffage de l'eau chaude sanitaire ;
- Et celle du surdimensionnement lié à la relance.

Le surdimensionnement peut déjà couvrir une bonne partie de la demande d'eau chaude sanitaire et le cumul serait excessif.

Exemple : le calcul des déperditions prévoit 180 kW, 15 % de relance sont ajoutés, ce qui nous amène à 204 kW, si la puissance installée est de 240 kW, le supplément est de 60 kW (soit 33%). Si la puissance du système de production d'eau chaude sanitaire est de 80 kW, le supplément de puissance à prévoir sera de 80 kW – 60 kW = 20 kW soit 260 kW.

SYSTÈMES

3.1.4.4 LE NOMBRE D'UNITÉS ET LES CASCADES

3.1.4.4.1 GÉNÉRALITÉS

Il y a toujours intérêt à limiter le nombre d'unités de production. La performance énergétique des nouveaux systèmes de production et l'augmentation de la plage de modulation de ceux-ci ne nécessitent plus nécessairement de découper la puissance en plusieurs unités.

→ En effet, le nombre réduit d'unité de production de chaleur a pour effet de :

- limiter les investissements (à puissance égale, l'installation de 2 chaudières de 50% de la puissance coûtent plus cher qu'une seule chaudière de 100% de la puissance) ;
- Simplifier l'installation hydraulique pour la mise en parallèle des unités (moins de tuyauteries et d'accessoires) ;
- Eviter la problématique de la gestion des cascades toujours très hasardeuses et qui représente toujours une perte d'énergie. En effet, les cascades sont très souvent inefficaces. La cause en est souvent que la régulation et les équipements nécessaires pour assurer une vraie cascade ne sont pas présents ou que les vannes laissent tout simplement « passer » ;
- Réduire les coûts d'exploitation (moins de pannes, moins d'entretien, moins d'équipements, moins de frais qui pourraient être liés à une garantie omnium, etc...) ;
- Réduire l'espace nécessaire à l'installation des unités.



Source: Ökofen

Le nombre d'unités peut être augmentée pour différentes raisons comme :

- La sécurité de production de chaleur (la panne d'une unité peut devenir problématique) ;
- La séparation des unités pour l'installation de chauffage et pour la production d'eau chaude sanitaire.

De plus, les éléments repris ci-dessous, doivent guider inévitablement dans le choix final du nombre d'unité de production :

- la présence de systèmes tiers comme la cogénération ;
- la spécification dans le contrat de maintenance de disposer en stock des équipements importants ;
- la spécification de délais d'intervention courts en cas de pannes ;
- le fait que les installations sont légèrement surdimensionnées ;
- le fait que toutes les pannes n'arrivent pas dans des conditions atmosphériques extrêmes (quelques jours par an) et des conditions d'occupation maximum ;
- etc...

3.1.4.4.2 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE EN FONCTION DU NOMBRE D'UNITÉS

La puissance utile (P_{ut}) des chaudières à prévoir en fonction des besoins calorifiques totaux (Q_{tot}) peut être définie suivant la méthodologie reprises ci-dessous :

$$\rightarrow \text{1 chaudière : } P_{ut} = 1,1 \times Q_{tot}$$

$$\rightarrow \text{2 chaudières : } P_{ut} = 0,6 \times Q_{tot} + 0,6 \times Q_{tot}$$

$$\rightarrow \text{3 chaudières : } P_{ut} = 0,39 \times Q_{tot} + 0,39 \times Q_{tot} + 0,39 \times Q_{tot}$$

Ou

$$P_{ut} = 0,33 \times Q_{tot} + 0,33 \times Q_{tot} + 0,50 \times Q_{tot}$$

SYSTÈMES

3.1.4.5 LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PRODUCTION

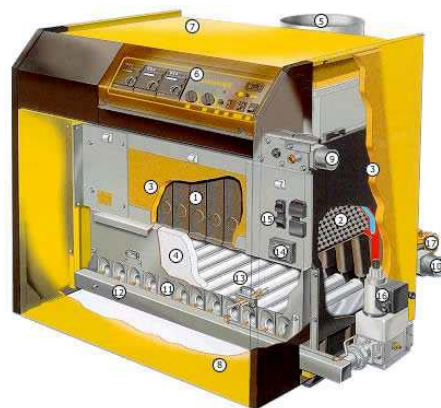
3.1.4.5.1 LES CHAUDIÈRES AU GAZ

A. LES CHAUDIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

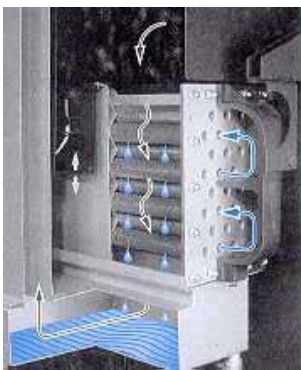
Les chaudières au gaz atmosphériques ont, de par leur conception, un mauvais rendement de combustion (ventilation continue du foyer, peu de possibilités de modulation progressive, mauvaise combustion, pas de clapet de fermeture de l'air, etc...). Il faut donc leur préférer les chaudières à air-pulsé équipées de brûleurs modulants qui atteignent des rendements plus élevés.

En effet, les chaudières atmosphériques ont des rendements de 9 à 14% inférieurs par rapport aux chaudières à condensation et de 3 à 5 % inférieurs par rapport aux chaudières équipées de brûleurs à air-pulsé.

Ce type de chaudières sera bientôt interdit par l'UE et n'est pas adapté dans le cas des piscines puisque le rendement du système y est primordial.

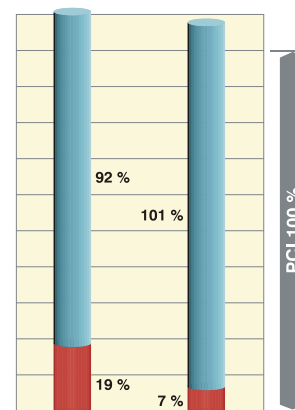


B. LES CHAUDIÈRES À CONDENSATION



Les chaudières au gaz à condensation ont un rendement nettement supérieur aux chaudières classiques (6 à 9%). Ce rendement est lié à la récupération de l'énergie latente contenue dans les fumées de combustion. Cette énergie est de 11 % dans le cas du gaz naturel (PCS=PCI+11%). Le point de rosée des fumées de combustion du gaz est de 55°C.

Les émissions de CO₂ qui sont liées à la combustion du gaz naturel s'élèvent à 0,251 kg/kWh contre 0,306 kg/kWh pour le mazout. Le gaz est donc plus « propre » que le mazout.



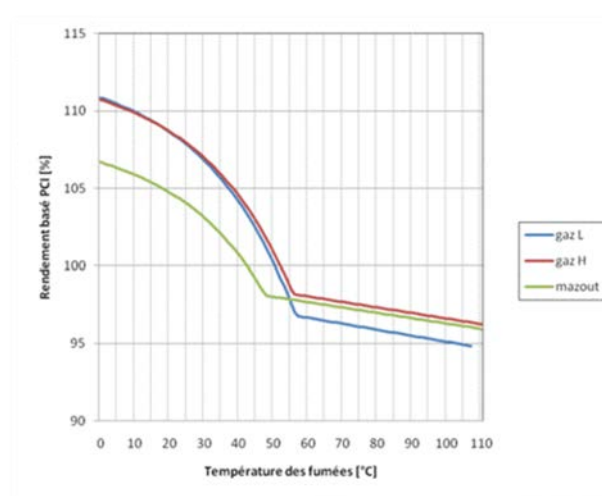
Chaudière traditionnelle haut rendement
Chaudière à condensation

■ : pertes par vaporisation, pertes sensibles à la cheminée et pertes vers l'ambiance
■ : énergie utile fournie à l'eau

Source : énergie +

Pour récupérer un maximum de cette énergie, il y a lieu de faire condenser les fumées de combustion. Cette « contrainte » impose donc un régime de température relativement bas au niveau de l'installation HVAC (Heating Ventilation air-conditionning) et au niveau de l'installation de production d'eau chaude sanitaire si celui-ci est repris sur la chaudière.

Les équipements de chauffage et les systèmes de production d'eau chaude sanitaire doivent donc être sélectionnés et dimensionnés (« surdimensionnés ») de manière à favoriser une température de retour de l'eau vers la chaudière la plus basse possible.



Dans les bâtiments "basse énergie" ou "très basse énergie", le surdimensionnement est relatif puisque les besoins sont fortement ou très fortement réduits. La taille et les coûts sont donc équivalents à celui d'un bâtiment classique (d'où l'intérêt de disposer d'une enveloppe performante..).

Les régimes de température pour la sélection des équipements sera par exemple de 70°C/50°C pour les radiateurs et de 70°C/40°C pour les échangeurs à plaques de l'installation d'eau chaude sanitaire.

Il faut également pour éviter de remonter la température de l'eau sur le retour de la chaudière, que le collecteur soit ouvert (figure 1) et ne permette donc pas un bouclage (figure 2) de l'eau chaude. Cette contrainte nécessite que la ou les chaudière(s) installée(s) puisse (ent) fonctionner à « débit nul ». Il existe sur le marché toute une série de chaudières à condensation, il y a donc lieu de sélectionner le modèle le plus adéquat (grand volume d'eau) afin qu'il respecte ces exigences.

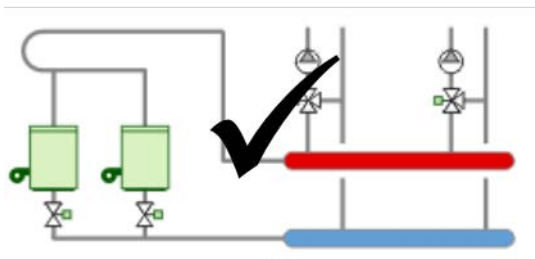
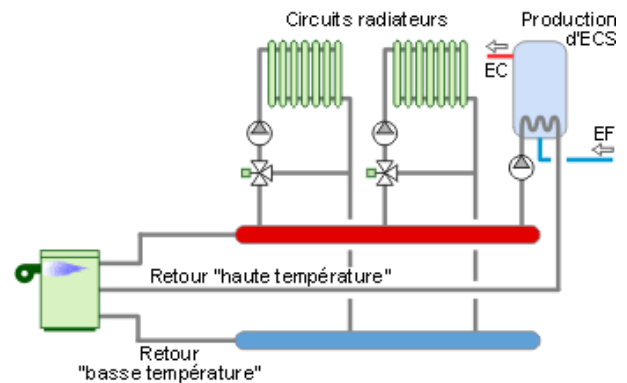


fig. 1

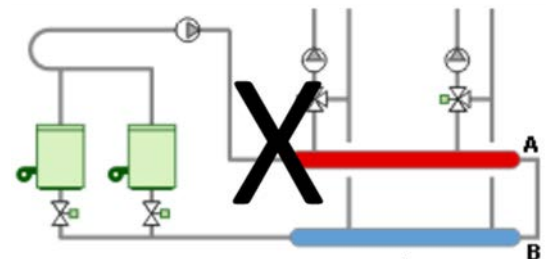


fig. 2

La modulation de la puissance a une grande influence sur le rendement saisonnier de la production d'eau chaude, la plage de modulation du brûleur doit donc être maximum (de 10 à 100% par exemple). Il existe également des brûleurs qui sont équipés de sondes d'oxygène et permettent donc d'obtenir une combustion optimale (contrôle de l'excès d'air).

Si le système de production de chaleur assure également la production d'eau chaude sanitaire, il est conseillé de prévoir une chaudière équipée de 2 retours.

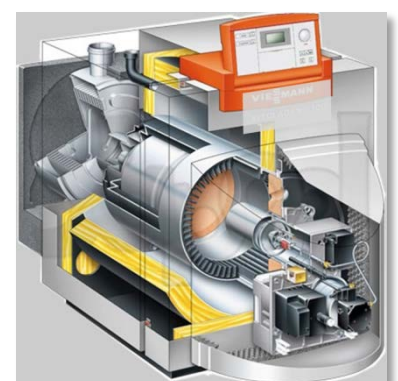
Un retour « basse température » pour les circuits de chauffage et un retour « haute température » pour la production de l'eau chaude sanitaire.

De plus, la Région Wallonne octroie des primes ou subsides pour l'installation de chaudières à condensation. Ce qui rend le choix encore plus attrayant.

3.1.4.5.2 LES CHAUDIÈRES AU MAZOUT À CONDENSATION

Les chaudières au mazout sont plus polluantes que les chaudières au gaz. La quantité d'énergie latente contenue dans les fumées de combustion du mazout est inférieure (6,9%) à celle du gaz et le point de rosée des fumées de combustion du mazout est de 47°C (pour condenser, la température d'eau de retour doit donc être d'autant plus basse avec ce type de combustible). Les chaudières à condensation au mazout sont donc moins courantes pour ces différentes raisons.

Les émissions de CO₂ qui sont liées à la combustion du mazout s'élèvent à 0,306 kg/kWh. L'utilisation du mazout peut être envisagée pour des solutions mixtes afin d'assurer une



Source: Viessmann

SYSTÈMES



certaines sécurité de production (comme dans les hôpitaux par exemple) ou pour des raisons financières (stratégie sur l'évolution des prix des combustibles).

Le mazout doit donc être utilisé lorsqu'il n'existe pas d'autres énergies plus « propres » sur le site ou à proximité. En effet, s'il existe encore quelques endroits géographiques qui ne sont pas équipés au gaz naturel, il existe cependant d'autres possibilités comme le bois, les pompes à chaleur, l'huile végétale, etc...

3.1.4.5.3 LES CHAUDIÈRES AU BOIS

Les chaudières au bois sont évidemment très intéressantes sur le plan environnemental (Bilan CO₂ - 0). Il existe différentes technologies, comme les bûches, les plaquettes, les copeaux et les pellets. Les chaudières aux pellets ont des rendements de l'ordre de 92% et présentent des avantages sur le plan du conditionnement.



Il y a lieu cependant de prêter attention aux différents points repris ci-dessous :

- La disponibilité et le prix du bois est lié à la situation géographique du point de consommation. La Région Wallonne étant relativement privilégiée comparativement à d'autres régions du Pays ;
- L'utilisation du bois demande un endroit de stockage important qui soit sec et ventilé ;
- La modulation de la puissance des chaudières est moins aisée que pour les autres types de chaudières. Il est donc recommandé alors de prévoir plusieurs unités de production afin de faciliter la modulation de puissance ;
- Ce type de chaudières demande une plus grande attention et un suivi d'exploitation accru.

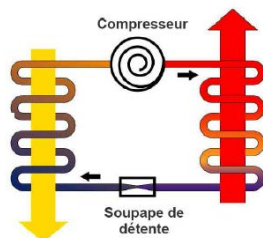
Les solutions combinées renouvelables et fossiles sont toujours envisageables pour atteindre un niveau d'émission de CO₂ limité.

3.1.4.5.4 LES POMPES À CHALEUR

L'utilisation des pompes à chaleur peut être envisagée lorsque les besoins énergétiques du bâtiment ont été fortement réduits (bâtiments basse énergie ou très basse énergie).



1. Evaporateur
2. Compresseur
3. Condenseur
4. Détendeur



Les pompes à chaleur « valorisent » l'énergie gratuite présente dans notre environnement. Cette énergie ou source dite « froide » contient une énergie qui peut être récupérée grâce à un cycle thermodynamique et un fluide frigorigène et transférée vers une source « chaude » pour être exploitée par une installation de chauffage.

Il existe toute une série de possibilités qui dépendent :

- du type de source froide (environnement extérieur) : air, eau, sol ;

- du type de source chaude (techniques utilisées pour le transfert de la chaleur) : air (Système à détente directe), eau (radiateurs, ventilo convecteurs, chauffage par le sol, batterie chaude d'un groupe de ventilation, etc.), sol ;

L'intérêt de la pompe à chaleur est lié à son coefficient de performance appelé COP. Ce coefficient de performance nous donne le rapport entre l'énergie calorifique produite et l'énergie électrique consommée (et donc payée). La contrainte de la pompe à chaleur est que le niveau de performance diminue lorsque la température de la source chaude augmente. Il faut donc que le système de chauffage puisse fonctionner à basse température (35/40°C). Il y a donc lieu de « surdimensionner » les émetteurs de chaleur (radiateurs, ventilo-convecteurs, batteries, etc..) ou d'utiliser le chauffage par le sol si celui-ci est adapté aux locaux.

Ce coefficient est variable suivant le type de PAC (Air/air, Air/eau, sol/eau, etc..) et suivant les conditions de température de la source froide et de la source chaude. Ce coefficient peut varier de 2,5 à 5,0 voire plus, suivant les types de PAC et suivant la température des sources chaudes et froides.

Le COP définit le niveau de performance de la PAC dans certaines conditions (différence de température entre la source chaude et la source froide la plus faible possible) de fonctionnement.

Le SPF (*Seasonal Performance Factor*) définit un niveau de performance annuel qui est basé sur l'évolution de la température de la source froide. Ce coefficient plus représentatif que le COP peut varier de 2,5 à 4,5 suivant les cas.

Les informations concernant les performances peuvent être consultées sur le site D'EUROVENT (<http://www.eurovent-certification.com>).

Les différentes solutions peuvent être envisagées et doivent faire l'objet d'une analyse pointilleuse qui doit tenir compte :

- des disponibilités du site en matière de sol (forages, nappes, etc..) ;
- de la problématique de la pollution des sols (réglementation, notamment au niveau des forages et du système envisagé) ;
- des disponibilités en matière d'Architecture (unités extérieures) ;
- des coûts d'investissements (très lourd dans le cas des sondes géothermiques) ;
- de la rentabilité financière des différentes solutions ;
- de la durée de vie des équipements.
- etc...

Les solutions combinées renouvelables et fossiles sont toujours envisageables pour atteindre un niveau d'émission de CO2 limité.

3.1.4.5.5 LA COGÉNÉRATION

La cogénération consiste à produire de l'électricité à l'aide d'un moteur thermique et d'un alternateur et de récupérer l'énergie calorifique dégagée par le cogénérateur et ses accessoires (circuit de refroidissement du moteur, générateur, gaz de combustion, etc..) pour assurer le chauffage du bâtiment.

Cette solution est intéressante sur le plan environnemental (production combinée d'électricité et de chauffage) et jouit d'un soutien financier important (primes, subsides et certificats verts), ce qui rend la solution d'autant plus attrayante.



Source: Cogengreen

SYSTÈMES

Pour être « viable » et « rentable », le cogénérateur doit pour pouvoir évacuer sa chaleur vers l'installation de chauffage. Par conséquent, pour garantir une cogénération de « qualité * » (voir ci-dessous), il est nécessaire que les besoins en chaleur (chauffage ou eau chaude sanitaire) du bâtiment soient :

- importants (dans une piscine la demande est élevée, chauffage des locaux, ventilation, eau chaude sanitaire, chauffage de l'eau de piscine, etc. ;) ;
- répartis sur une plage importante (la plage d'occupation d'une piscine est importante durant la journée) ;
- relativement stables (les régimes réduits et donc les besoins sont très limités).

Les besoins de la cogénération correspondent bien au profil des piscines.

Par ailleurs, pour réussir son projet de cogénération (*), il faut impérativement que le nombre d'heures de fonctionnement du cogénérateur soit de minimum 4.000 à 5.000 heures par an. Cette condition implique toute une série de points d'attention comme :

- le dimensionnement correct du cogénérateur (le surdimensionnement peut s'avérer catastrophique) ;
- l'intégration hydraulique du cogénérateur dans l'installation de production (le cogénérateur peut être associé à une chaudière moyennant quelques précautions hydrauliques) ;
- la mise en place d'une régulation adaptée afin d'assurer une gestion efficace des différentes unités (le cogénérateur doit fonctionner en priorité et ne supporte pas les arrêts et les démarrages intempestifs) ;
- la mise au point de l'installation et de la régulation afin de garantir un fonctionnement « harmonieux » sur site ;
- la conduite et le suivi de l'installation afin de vérifier le bon fonctionnement de l'installation (production, régulation,...) ;
- La maintenance du cogénérateur qui est fondamentale sur la durée (diminution du rendement).

3.1.5 LA DISTRIBUTION DU FLUIDE

3.1.5.1 GÉNÉRALITÉS

La distribution de fluide est nécessaire pour transporter la chaleur du système de production aux différents équipements consommateurs d'énergie. On trouve parmi ces équipements, les émetteurs de chaleur (radiateurs, ventilo-convecteurs, etc.), les batteries chaudes des groupes de ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, le système de chauffage de l'eau de piscine, etc.

Le transport de cette énergie est assuré au travers :

- d'un réseau de tuyauteries ;
- d'accessoires (vannes d'isolement, vannes de réglages, séparateur d'air, débourbeur, etc..) ;
- de circulateurs.

Tous ces éléments ont une influence sur la consommation d'énergie du réseau de distribution. Des pertes d'énergie très importantes peuvent dès lors être générées si celui-ci n'est pas bien conçu et réalisé (absence de calorifuge, parcours de tuyauterie peu optimisé, surdimensionnement,...). Il est par conséquent indispensable de prendre des précautions lors de la conception du réseau de distribution de chaleur.

Les solutions qui peuvent être apportées sont détaillées dans la partie suivante.

3.1.5.2 LA CONCEPTION

3.1.5.2.1 LE RÉGIME DE TEMPÉRATURE

Le tableau des pertes de chaleur dans une tuyauterie ci-dessous montre l'importance de la température de transport du fluide. Il faut donc prendre toutes les précautions possibles pour limiter cette température. Cette température est liée au régime de température des consommateurs de chaleur et donc à la conception de l'installation.

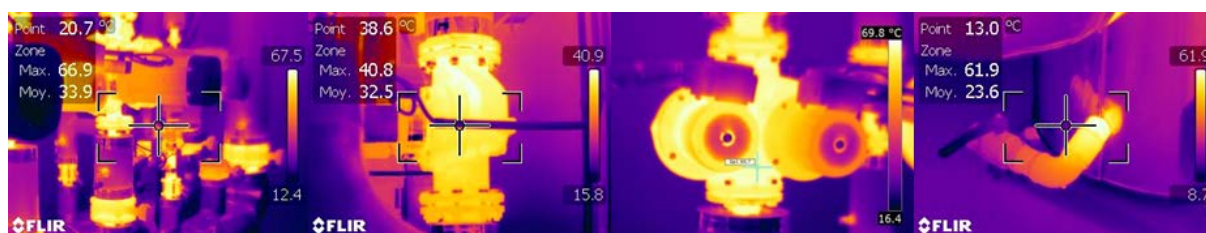
PERTE DE CHALEUR D'UN TUYAU EN ACIER NON ISOLÉ EN [W/M]										
T _{air} / ≠ / T _{eau}	DN [mm]									
	10	15	20	25	32	40	50	62	80	100
20°C	11	13	17	21	26	30	38	47	55	71
40°C	22	29	36	45	57	65	81	101	118	152
60°C	36	46	58	73	92	105	130	164	191	246
80°C	52	67	84	105	132	151	188	236	276	355

Il est donc nécessaire, pour obtenir un ensemble performant au niveau de l'installation de chauffage, de travailler à basse ou très basse température. L'intérêt est évidemment tant au niveau du transport qu'au niveau de la production de chaleur. Il y a donc lieu de privilégier les systèmes de production et d'émission à basse température ou très basse température et de dimensionner les émetteurs dans un régime "basse température" (lié au type d'émetteurs).

3.1.5.2.2 RÉSEAU DE TUYAUTERIES

Le tableau des pertes d'énergie dans une tuyauterie, nous indique que l'énergie dégagée augmente fortement avec la section de tuyau. Le réseau doit donc être dimensionné au plus juste en respectant les règles de l'art en matière de pertes de charge et en matière de vitesse maximale.

En effet, on constate souvent que les réseaux sont souvent surdimensionnés, ce qui engendre des pertes excessives. Ce surdimensionnement est lié au surdimensionnement de l'ensemble de l'installation et ce, au niveau du calcul du réseau lui-même. Ces éléments conjugués génèrent des pertes colossales.



Le surdimensionnement du réseau a un impact très important sur :

- le montant de l'investissement (section de tuyauteries plus importante, section des accessoires plus importante, etc..);
- les pertes d'énergie (sections plus importantes).

Pour limiter les pertes de chaleur liées aux tuyauteries, il faut :

- ✓ dimensionner judicieusement le réseau de tuyauterie et éviter absolument le surdimensionnement ;

SYSTÈMES

- ✓ simplifier le réseau hydraulique (éviter les solutions complexes) ;
- ✓ calorifuger les tuyauteries avec des isolants performants en spécifiant l'épaisseur mais également les caractéristiques thermiques ;
- ✓ utiliser les accessoires pour supprimer les ponts thermiques qui seraient liés au « système de support » du réseau.

3.1.5.2.3 ACCESSOIRES

Les accessoires d'une installation de chauffage engendrent également des pertes de chaleur. Les pertes de chaleur sont proportionnelles à leurs sections et à la température, mais également à leur conception (surface déperditive, matériaux, etc...).

PERTE THERMIQUE DES VANNES ET BRIDES EN ÉQUIVALENT DE LONGUEUR DE TUYAUTERIE DE MÊME DIAMÈTRE			
ACCESSOIRE	DN	TEMPÉRATURE DE LA TUYAUTERIE	
		50°C	100°C
VANNE	25	0,5 m	1,0 m
	100	1,2 m	2,5 m
	300	3,0 m	6,0 m
PAIRE DE BRIDES	25	0,2 m	0,4 m
	100	0,5 m	1,0 m
	300	1,5 m	3,0 m

Pour limiter les pertes de chaleur liées aux accessoires, il faut :

- Dimensionner judicieusement le réseau de tuyauterie et éviter absolument le surdimensionnement (les vannes d'isolements ont la même section que les tuyaux) ;
- Dimensionner, de manière optimale, tous les autres accessoires afin de limiter les surfaces de déperditions (vannes de réglage, corps de vannes, séparateur d'air, débourbeurs, etc...) ;
- Sélectionner les équipements qui présentent, pour une même section, les pertes de chaleur les moins importantes (concept, matériaux, etc..) ;
- Simplifier le réseau hydraulique afin de limiter les équipements superflus ;
- Calorifuger les accessoires avec des systèmes efficaces et durables (éviter la solution des coquilles aluminium par exemple) ;
- Définir un niveau de performance à atteindre en spécifiant l'épaisseur et les caractéristiques thermiques de l'isolant (exemple: tableau ci-dessous).

ÉPAISSEUR MINIMALE (EN MM) DU CALORIFUGE AYANT UN λ (W/mK) A 40°C												
DN	k max (W/mK)	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07
10	0,135	10,8	15,9	22,5	31,1	42,0	55,9	73,7	96,2	124,8	161,0	206,9
15	0,144	12,5	18,1	25,2	34,2	45,6	59,9	77,9	100,3	128,4	163,4	207,1
20	0,155	14,2	20,4	28,1	37,6	49,5	64,2	82,3	104,6	132,1	165,9	207,4
25	0,168	16,2	22,9	31,1	41,1	53,3	68,1	86,1	108,0	134,5	166,5	205,3

ÉPAISSEUR MINIMALE (EN MM) DU CALORIFUGE AYANT UN λ (W/mK) A 40°C												
DN	k max (W/mK)	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07
32	0,183	18,4	25,6	34,4	44,8	57,4	72,5	90,5	111,9	137,6	168,1	204,5
40	0,19	20,1	27,9	37,2	48,2	61,4	77,1	95,7	117,8	143,9	174,9	211,5
50	0,21	22,2	30,4	40,0	51,3	64,6	80,0	98,1	119,2	143,8	172,5	205,9
65	0,23	24,9	33,8	44,2	56,1	69,9	85,8	104,2	125,3	149,6	177,6	209,9
80	0,245	27,0	36,5	47,4	59,8	74,0	90,3	108,9	130,1	154,4	182,0	213,5
100	0,275	30,4	40,6	52,1	65,2	79,9	96,4	115,1	136,1	159,7	186,3	216,1
125	0,3	33,6	44,6	57,0	70,7	86,1	103,2	122,3	143,6	167,3	193,7	223,1
150	0,33	36,2	47,7	60,5	74,7	90,4	107,6	126,7	147,8	171,0	196,6	224,9
200	0,375	40,8	53,4	67,3	82,4	98,9	116,9	136,5	157,9	181,3	206,7	234,4
250	0,425	44,1	57,5	71,9	87,5	104,4	122,6	142,2	163,5	186,4	211,1	237,7
300	0,465	47,2	61,3	76,4	92,7	110,1	128,7	148,8	170,3	193,3	218,0	244,5
350	0,493	48,6	63,0	78,3	94,7	112,2	130,9	150,9	172,3	195,1	219,5	245,5
400	0,535	50,8	65,6	81,3	98,1	115,9	134,8	154,9	176,2	198,9	223,0	248,6

On rencontre régulièrement des coquilles d'isolation vides (isolant absent) suite aux opérations de maintenance (système pas adapté à l'entretien d'une installation). Pour pallier à cet inconvénient, il existe sur le marché des systèmes démontables qui offrent un bon rendement d'isolation. Ces systèmes ont le gros avantage de garder le même niveau de performance durant leur durée de vie.

Dans le cas d'une piscine, suite à la demande de chaleur presque continue, les pertes engendrées par les accessoires sont importantes, d'où l'intérêt d'autant plus important (que dans le cas d'autres types de bâtiments) d'isoler l'ensemble des sections, dès que la section de celles-ci est supérieure ou égale à DN 20.

3.1.5.2.4 LE TRANSPORT DU FLUIDE

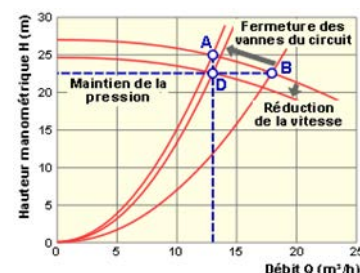
Le transport du fluide est assuré par les circulateurs. La consommation électrique d'un circulateur est fonction de ses caractéristiques techniques. Ces caractéristiques sont :

- le débit Q en m^3/h qui est fonction de la puissance à véhiculer ;
- la hauteur manométrique H en mCE (mètre de colonne d'eau) qui est liée à la perte de charge du circuit hydraulique concerné.

Pour limiter la consommation électrique des circulateurs, il faut donc :

- ✓ Dimensionner au plus juste les besoins en chaleur du chauffage lié au circuit (comme dans le cas d'un système de production), afin de limiter le débit ;
- ✓ Réaliser un calcul détaillé (à l'aide d'un logiciel ou d'une feuille de calcul) et précis du réseau hydraulique afin de spécifier la hauteur manométrique réellement nécessaire. Ce logiciel tiendra compte de éléments qui ont une influence sur le résultat final, comme :

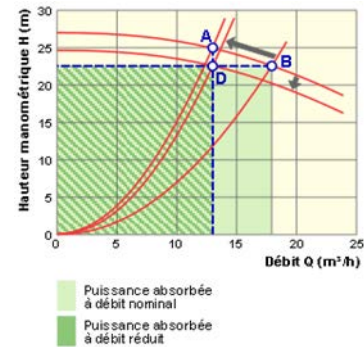
- le type de matériaux utilisé (acier soudé, acier galvanisé, matériau synthétique, etc.) ;



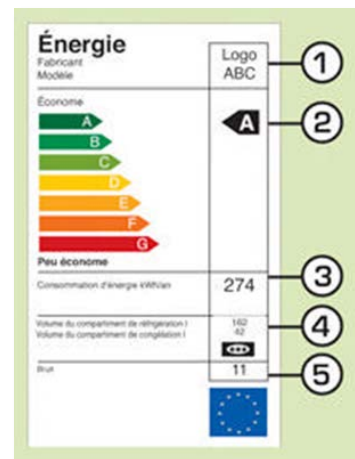
SYSTÈMES

- le type de fluide ;
- le régime de température ;
- les pertes de charges spécifiques liées aux accessoires de la tuyauterie (coudes, tés, etc...) ;
- les pertes de charges des équipements (vannes, radiateurs, batteries, chaudières, etc..) correspondant au matériel prescrit et qui devra être installé.

- ✓ Le logiciel ou la feuille de calcul fournira les résultats sous la forme d'un tableau qui reprendra :
 - l'ensemble du réseau calculé (tronçons par tronçons) ;
 - les vitesses et les pertes de charges dans les différents tronçons ;
 - la perte de charge totale du circuit.



- ✓ Utiliser des accessoires de tuyauterie qui présentent des pertes de charges plus faibles (courbes, tés, etc...) au niveau des rayons de courbure par exemple ;
- ✓ Utiliser des équipements et des accessoires qui, pour les mêmes caractéristiques techniques nécessaires, présentent moins de pertes de charges. Il faut alors aussi définir, au niveau des spécifications techniques, les pertes de charges maximum qui sont admissibles par type équipement ;
- ✓ Utiliser des circulateurs qui ont des caractéristiques énergétiques performantes, comme les circulateurs de classe « A » par exemple. L'économie en énergie d'un tel circulateur est de l'ordre de 60 % par rapport à un circulateur de label D ;
- ✓ Utiliser au maximum les circulateurs à vitesse variable afin de limiter la consommation électrique. L'intérêt de l'utilisation d'un système à vitesse variable est illustré sur les graphiques ci-contre. La rentabilité d'un tel investissement est d'autant plus importante que le temps de fonctionnement et la consommation électrique sont élevés ;



Nb : Les technologies à aimants permanents consomment de 20 à 30 % de moins que les anciennes technologies.

- ✓ Prévoir une coquille thermique pour limiter les pertes de chaleur au niveau du circulateur, l'objectif à atteindre étant de réduire de 90 % les déperditions.

3.1.6 LE CHAUFFAGE DES LOCAUX

3.1.6.1 GÉNÉRALITÉS

Le moyen de chauffage est spécifique au type de local à chauffer.

Il dépend de la température souhaitée, de la hauteur du local, de l'espace disponible pour les émetteurs, des moyens de réglage, du type de régime (continu ou intermittent) et du temps de réponse pour la montée en température, etc... mais également des conditions à respecter au niveau de l'air ambiant (humidité et qualité d'air).

Les types de chauffage possibles seront donc liés au type de local et le choix sera donc propre au projet.



3.1.6.2 LA CONCEPTION

3.1.6.2.1 LE ZONAGE

Le nombre de circuits et la distribution doivent être définis de manière à permettre une utilisation rationnelle du chauffage dans le bâtiment. En effet, il y a lieu de séparer les circuits qui ont des besoins différents en occupation, en température ambiante, en température de fluide, etc... de manière à chauffer chaque local suivant ses besoins propres.

Le choix du nombre de circuits et la définition de la zone ou des équipements qu'ils desservent est un élément de base fondamental pour toute la durée de vie du bâtiment. C'est le point de départ qui doit être défini avec le Maître de l'Ouvrage car la réflexion est parfois plus globale et demande une vue à long terme que seul celui-ci peut ou pourrait avoir.

3.1.6.2.2 TYPE DE CHAUFFAGE

A. HALL DES BASSINS

Vu les conditions ambiantes à maintenir dans le hall de la piscine, il s'avère que généralement c'est le système par ventilation qui est le plus adapté pour le chauffage de cette zone. En effet, dans cette zone, il faut maintenir une température ambiante élevée (27...30°C...), une qualité d'air règlementée (via un apport d'air neuf important), un niveau d'humidité acceptable et un brassage de l'air important.

Toutes les conditions et les réglementations à respecter sont reprises au point 2 (conditions d'exploitation).

→ Le système de ventilation permet de combiner l'ensemble des besoins liés à ce local. Il permet également de récupérer l'énergie importante contenue dans l'air évacué (air humide) avant de la rejeter vers l'extérieur.

SYSTÈMES

Le chauffage et le brassage de l'air dans le hall peuvent être réalisés via des jets de pulsion, des grilles ou des gaines perforées en textile suivant les cas. L'objectif étant d'assurer une bonne distribution de l'air dans le hall afin de garantir des conditions de confort homogènes (effet de bord et stratification) pour une efficacité énergétique optimum.

La pulsion d'air sera orientée préférentiellement vers les surfaces vitrées afin de limiter au maximum la sensation d'inconfort (effet de bord) mais également la condensation sur le vitrage.



B. VESTIAIRES

Les conditions ambiantes requises dans les vestiaires nécessitent une qualité d'air minimum (via un apport d'air neuf lié à l'occupation), une température ambiante élevée (...24°C...) et un niveau d'humidité acceptable.

Le système de chauffage par ventilation permet de combiner l'ensemble de ces besoins, il peut donc être utilisé également pour assurer la partie chauffage, si les locaux présentent les mêmes caractéristiques (orientation, apports extérieurs, etc..).

Le chauffage par ventilation sera d'autant plus adapté que les locaux sont peu exposés, peu vitrés, bien isolés, etc... En effet, dans ces conditions, l'apport d'air nécessaire au chauffage sera réduit et les besoins de régulation très limités.

Un système de ventilation indépendant du système du hall peut être prévu pour cette zone. Les débits pourront être définis de manière à apporter la quantité d'air et de chaleur pour assurer les besoins du local.

Cette solution permet :

- de réduire le nombre d'équipements (le groupe de ventilation assure à lui seul toutes les fonctions) et donc aussi l'investissement et les frais d'exploitation ;
- de libérer de l'espace dans les vestiaires (pas de nécessité de placer des émetteurs souvent encombrants dans cette zone) ;
- d'utiliser une technique basse température (régime de sélection de la batterie du groupe) et donc d'obtenir une installation performante sur le plan énergétique) ;
- d'éviter les systèmes de régulation locaux souvent vandalisés.

Si la solution de chauffage via la ventilation n'est pas totalement envisageable, des émetteurs locaux peuvent être prévus pour assurer le maintien de la température ambiante. Les radiateurs et les ventilo-convecteurs peuvent être envisagés. Le système de chauffage combiné statique +



dynamique a l'avantage de limiter la durée de mise en température ambiante des locaux et est plus adapté aux régimes de température d'eau plus bas.

C. CAFÉTÉRIA - BUREAUX - AUTRES LOCAUX

Les autres locaux présentent les mêmes besoins, au niveau du chauffage (20..21°C et de la ventilation (apport d'air neuf). Ces locaux peuvent donc être ventilés par un autre système de ventilation qui pourra amener de l'air aux conditions ambiantes requises et ils pourront être chauffés par des émetteurs locaux suivant les besoins et la nécessité (régulation locale).

3.2 LA RÉGULATION

3.2.1 GÉNÉRALITÉS

La régulation est toujours dans un bâtiment un secteur fondamental sur le plan de la performance énergétique. Il existe à ce niveau un potentiel important d'économie.

Pour atteindre les meilleurs résultats, il faut que :

- la conception du système de gestion/régulation soit performante et adaptée aux installations relatives au projet ;
- la mise en œuvre soit contrôlée par l'auteur de projet afin de déceler les anomalies de fonctionnement (il y en a toujours) et de faire corriger la programmation dans le cadre des travaux (éviter les interventions ultérieures payantes) ;
- lorsque l'installation est « opérationnelle », optimiser le système afin de trouver et de définir l'ensemble des paramètres qui mèneront à une consommation minimum ;
- l'utilisateur soit capable d'exploiter les possibilités du système.

Il faut donc que les différentes conditions reprises soient respectées, si l'on veut une efficacité optimale sur le plan énergétique.

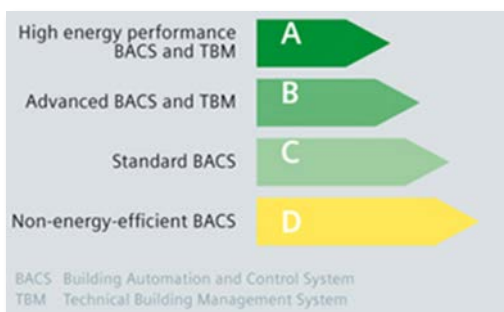
Il faut souligner que si les 2 premiers points sont à charge de l'auteur de projet, l'optimisation énergétique doit être mise en œuvre par un spécialiste en « gestion technique » et l'exploitation doit être confiée à un utilisateur ayant les compétences et les formations qui lui permettent de gérer les installations de manière rationnelle.



3.2.2 LA NORME EN 15232

Depuis peu, il existe une norme Européenne EN 15232 qui définit les méthodes permettant d'évaluer le niveau d'efficacité d'un système de gestion technique ainsi qu'une méthode permettant d'évaluer les exigences minimales que doit respecter ce système suivant la complexité du bâtiment.

Les classes de Performance Énergétique BACS - selon la norme EN 1532 sont les suivantes :



A → Haute performance

B → Avancée

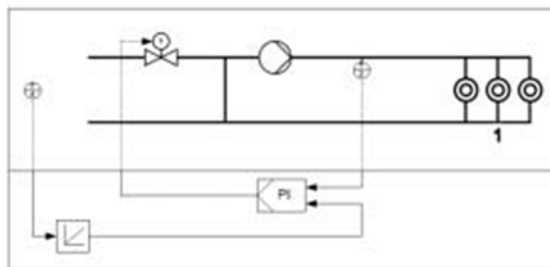
C → Normale - Standard

D → Faible performance

La norme EN 15232 indique les orientations à prendre et spécifie :

- La liste des fonctions de régulation qui ont un impact sur la performance énergétique des bâtiments ;
- La méthode pour définir les spécifications minimales à implémenter dans les bâtiments suivant leur niveau de complexité ;
- Les méthodes détaillées pour déterminer l'influence des fonctions sur les calculs des indices de performance énergétique ;
- La méthode simplifiée pour obtenir une estimation rapide de ces fonctions sur des bâtiments "types".

La conception de l'ensemble du système de régulation doit donc être basée sur cette norme.



Norme EN 15232

Le choix final du système et des fonctionnalités devra être fait sur base des budgets disponibles, d'un niveau d'automatisation « raisonnable », des économies générées et des coûts d'exploitation.

Les besoins, les modes de fonctionnement étant différents pour chaque type de bâtiment (Piscines, Résidentiel, Bureaux, Ecoles, Hôtels, eEtc..), l'Architecture, les fonctions, et le système de régulation sera propre à chaque type de bâtiment et spécifique au projet concerné.

Les textes et les idées détaillées ci-après sont basés en partie sur cette norme.

3.2.3 LA CONCEPTION

3.2.3.1 GÉNÉRALITÉS

Le résultat final est lié à la conception de l'ensemble du système de régulation. En effet, l'impact d'un mauvais « design » ou « concept » sur les consommations d'énergie finales d'une piscine peut être très important.

Pour concevoir une installation performante, il y a lieu de tenir compte de certains principes tels que :

- l'utilisation de sondes qui permettent de mesurer correctement les besoins réels (qualité d'air, énergie calorifique, température ambiante, etc...) de l'installation régulée. Celles-ci doivent être correctement intégrées et les informations transmises au système de telle manière qu'elles soient le reflet de la réalité (bonne référence - implantation des sondes) ;
- le système et les fonctions soient développées de manière à gérer l'ensemble des installations en partant des besoins énergétiques des locaux traités, puis en passant par la ou les distributions pour aboutir aux différentes unités de productions (et pas dans l'autre sens comme c'est encore parfois le cas). On évite ainsi que les installations de production ou de distribution ne fonctionnent si il n'existe pas de besoins localement ;
- les principes de régulation des différentes installations contrôlées soient définis, de manière suffisamment précise par l'auteur de projet, pour garantir la classe de performance souhaitée ;
- il existe un système de régulation maître qui centralise toutes les informations (les chaudières, la distribution, les conditions ambiantes, les groupes de ventilation, le traitement de l'eau, la cogénération, l'éclairage, les stores, etc..) de façon à gérer de manière performante et en toute harmonie l'ensemble des consommateurs d'énergie et d'éviter ainsi toute incohérence de fonctionnement ;

SYSTÈMES

- le système soit convivial et « facilement exploitable » pour que l'objectif, en termes de confort, soit atteint tout en limitant la consommation d'énergie. Il faut donc que l'interface utilisateur soit bien définie et que les possibilités des différents niveaux d'utilisateur soient définis (les images, les consignes, la gestion horaire et calendaire, etc.) ;
- etc...

La norme peut donc servir de guide pour concevoir, définir et sélectionner tous les éléments de l'installation de régulation qui ont une influence sur l'efficacité finale.

3.2.3.2 RECOMMANDATIONS

3.2.3.2.1 LE CHAUFFAGE (PRODUCTION, DISTRIBUTION, ÉMISSION)

La régulation relative au chauffage des locaux peut être réalisée de différentes manières. Ci-dessous, les différentes solutions envisageables qui vont de la moins efficace à la plus efficace :

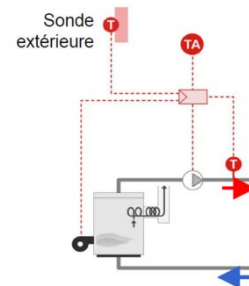
A. L'ÉMISSION

- « Sans régulation » ;
- Gestion automatique centralisée : la gestion du chauffage est liée à la température extérieure ;
- Régulation automatique individuelle pièce par pièce : la gestion est réalisée à l'aide d'une vanne thermostatique par exemple ;
- Régulation automatique centralisée pièce par pièce : les régulateurs qui communiquent entre eux et la centralisation permettent une gestion plus performante des besoins ;
- Régulation automatique centralisée pièce par pièce et liée aux besoins : on ajoute au système précédent une gestion liée à l'occupation.



B. LA TEMPÉRATURE DE DISTRIBUTION D'EAU

- « Sans régulation » ou température de référence la plus élevée (température maximum) ;
- Suivant les conditions atmosphériques : courbe de chauffe ;
- La température de distribution est liée aux conditions atmosphériques et à la température ambiante permettant d'intégrer les apports solaires et les apports liés aux personnes, aux équipements, à l'éclairage, etc... ;
- Régulation automatique centralisée pièce par pièce : il existe une communication entre les régulateurs terminaux et la centralisation permet une gestion plus performante des besoins.



C. LA GESTION DES CIRCULATEURS ET DES POMPES

- « Sans régulation » ;
- Commande marche ou arrêt suivant le mode d'occupation ;
- Vitesse variable suivant une différence de pression constante afin de réduire la consommation électrique ;

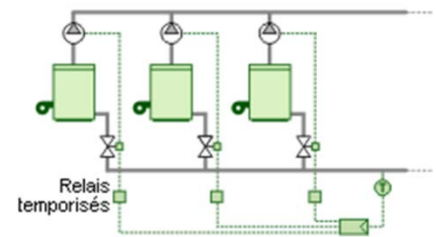
- Vitesse variable suivant une différence de pression variable permettant de réduire encore plus la consommation électrique du circulateur.

D. LA TEMPÉRATURE DES GÉNÉRATEURS DE CHALEUR

- « Sans régulation » ou température de référence la plus élevée ;
- Suivant la température extérieure : courbe de chauffe ;
- Suivant la demande des consommateurs : besoins réels du bâtiment.

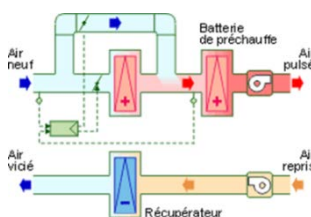
E. LA GESTION DES GÉNÉRATEURS DE CHALEUR

- Libération du générateur suivant la charge (cascade simple) ;
- Libération suivant la charge et la puissance des générateurs (ordre de puissance - cascade intelligente) ;
- Suivant le rendement des générateurs (privilégier les générateurs qui ont un meilleur rendement, cogénération, géothermie, etc...) et la puissance réelle du générateur afin d'éviter la libération d'un générateur supplémentaire si le générateur actif n'a pas atteint sa puissance maximum.



Aux différents éléments cités ci-dessus, on peut ajouter la rotation des différentes unités (1, 2, 3,...) la commutation été/hiver, la programmation d'un régime réduit, l'optimisation de l'arrêt et de la relance du chauffage, l'utilisation de courbes de chauffe corrigées par une mesure de la température ambiante afin de travailler avec un système de régulation le plus précis et le plus complet possible.

3.2.3.2.2 LE REFROIDISSEMENT (PRODUCTION, DISTRIBUTION ET ÉMISSION)



Le refroidissement est à proscrire. Néanmoins, si ce type d'installation s'avère indispensable, il y a lieu de tenir compte des recommandations suivantes.

La régulation relative au refroidissement est relativement semblable à celle du chauffage au niveau de l'émission, de la distribution et de la gestion des générateurs.

La différence réside surtout au niveau de l'asservissement entre le chauffage et le refroidissement :

- Il n'existe pas de « verrou » entre l'installation de chauffage et l'installation de refroidissement (le chauffage et le refroidissement simultané est possible) ;
- Asservissement partiel du chauffage et du refroidissement : les consignes de température de chauffage et de refroidissement sont liées à la température extérieure et le système de gestion empêche le « post chauffage » en été et le « post refroidissement » en hiver afin d'éviter une destruction d'énergie ;
- Asservissement total : la gestion des consignes de chauffage et de refroidissement sont liées aux besoins des locaux.

3.2.3.2.3 LA VENTILATION

La régulation des installations de ventilation est relativement différente suivant la configuration et l'objectif du groupe de traitement d'air (apport d'air neuf, chauffage, refroidissement, humidification, déshumidification, etc..).

SYSTÈMES

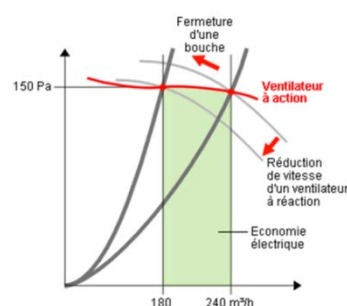
La norme donne cependant des indications qui permettent d'orienter et de guider l'auteur de projet vers les choix les plus adaptés à son projet ou à la situation :

A. LE DÉBIT D'AIR AU NIVEAU DES PIÈCES

- « Sans régulation » : le débit d'air maximum est insufflé ;
- Régulation manuelle : le débit d'air peut être modifié par l'occupant (gestion peu efficace puisqu'elle dépend de l'occupant) ;
- Régulation programmée : le débit d'air maximum est insufflé durant la période d'occupation ;
- Régulation basée sur la présence : le débit d'air maximum n'est insufflé que durant la période d'occupation effective ;
- Régulation suivant les besoins : le débit d'air est lié aux besoins réels du local (sonde de qualité d'air).

B. LE DÉBIT D'AIR AU NIVEAU DE LA CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

- « Sans régulation » : le groupe de ventilation fournit en permanence le débit d'air maximum ;
- Régulation programmée (marche/arrêt) : le groupe de ventilation fournit le débit d'air maximum durant la période d'occupation ;
- Régulation automatique du débit d'air : le débit d'air produit par le groupe de ventilation est lié aux besoins des consommateurs (variateur de vitesse) ;
- Régulation suivant les besoins : le débit d'air est lié aux besoins réels du local (sonde de qualité d'air).

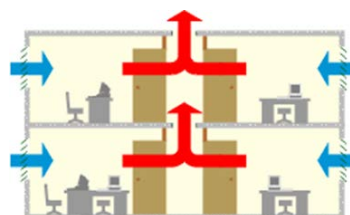


C. LA RÉGULATION DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR

- La gestion des débits d'air doit être réalisée en cas de givre ;
- La gestion de l'air au niveau du récupérateur doit pouvoir éviter la surchauffe.

D. LE RAFRAÎCHISSEMENT GRATUIT

- Le rafraîchissement nocturne : les locaux peuvent être rafraîchis « presque gratuitement » durant la nuit lorsque la température extérieure est plus basse afin d'évacuer la chaleur accumulée la journée. Le groupe de ventilation doit, durant cette période, fournir le débit maximum afin de « refroidir » suffisamment les locaux concernés.



- L'algorithme de régulation de la ventilation nocturne, doit tenir compte de :
 - la consigne de température au-dessus de laquelle il est nécessaire de refroidir ;
 - la température ambiante dans le local afin de voir s'il est nécessaire de refroidir ;
 - la température extérieure ;
 - l'écart entre la température extérieure et la température ambiante afin de libérer ou non la ventilation nocturne ;
 - la plage horaire pour le fonctionnement de la ventilation nocturne.

- Le rafraîchissement gratuit : la régulation du récupérateur de chaleur est basée sur la température d'air neuf et sur la température à la reprise (favoriser la récupération si la température de l'air repris est inférieure à la température d'air neuf) ;
- La régulation enthalpique : la régulation du système de récupération de chaleur est liée aux enthalpies au niveau de l'air repris et au niveau de l'air neuf. Cela consiste à prendre l'air dont l'enthalpie est la plus intéressante sur le plan énergétique.

E. LA RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE DE SOUFLAGE

- « Sans régulation » : la valeur de la température de pulsion est au maximum ;
- La consigne de température de pulsion est constante : cette situation n'est pas optimale ;
- La consigne de la température de pulsion est liée à la température extérieure : cette solution tient compte des conditions atmosphériques et limite donc la consommation d'énergie ;
- La consigne de la température de pulsion est liée aux besoins réels des locaux (la régulation tient compte de la demande maximum) : c'est le type de régulation qui consomme le moins d'énergie.

3.2.3.2.4 L'EAU CHAUDE SANITAIRE

La régulation de l'installation de production d'eau chaude sanitaire, doit permettre :

- De maintenir la température de l'eau chaude sanitaire à la valeur souhaitée ;
- De définir la température de la production de l'eau chaude de chauffage à sa valeur optimale/minimale ;
- D'assurer la fonction relative à la légionnelle (élévation de la température d'eau chaude sanitaire durant une plage horaire définie) ;
- De permettre un régime réduit durant les périodes de non-occupation ;
- De permettre une gestion horaire du circulateur de bouclage d'eau chaude sanitaire pour assurer le confort des nageurs ;
- D'assurer une gestion de la vitesse du circulateur de boucle de manière à maintenir un écart de température de maximum 5°C entre le départ et le retour de la boucle (asservissement de la vitesse du circulateur aux températures d'eau chaude sanitaire – départ et retour).

La production d'eau chaude sanitaire nécessite une consommation d'énergie très importante. Les paramètres de cette installation doivent donc être fixés de façon à travailler avec la température d'eau la plus basse possible tout en respectant les critères "légionnelle" (température suffisante pour éviter le développement de la bactérie + conception du réseau) et le confort des utilisateurs.

3.2.3.2.5 LE CHAUFFAGE DE L'EAU DE PISCINE

La régulation de l'installation de chauffage de l'eau de piscine (vannes, circulateurs, pompes, etc..) doit être assurée par le système qui assure la régulation de l'ensemble des techniques du bâtiment (système Maître). Il faut donc éviter de dissocier cette partie du reste comme c'est parfois le cas (limite d'entreprise HVAC).

3.2.3.2.6 LA COGÉNÉRATION

Pour assurer un fonctionnement optimum de la cogénération, il est conseillé que :

- celle-ci soit bien dimensionnée (la régulation ne sait pas tout résoudre) ;
- l'intégration hydraulique soit correcte afin d'assurer une bonne « cascade » des différentes unités de production ;

SYSTÈMES

- la conception de l'installation de régulation doit permettre une bonne gestion de l'ensemble des unités de production ;
- le système de régulation « maître » récolte toutes les informations importantes du cogénérateur (via une liaison informatique ou des informations physiques) ;
- les puissances des différentes unités de production soient relativement semblables afin d'assurer une bonne gestion des cascades.

Le cogénérateur fonctionne rarement seul. En effet, il est souvent intégré dans une installation qui est constituée d'autres unités de production de chaleur (chaudières par exemple). La gestion des différentes unités en présence est donc fondamentale pour assurer un fonctionnement stable. Il ne faut donc pas être grand savant pour dès lors en déduire les différents points repris ci-avant.

Le cogénérateur contrairement aux chaudières supporte très mal les arrêts et démarrages intempestifs. En effet, ceux-ci réduisent la durée de vie du moteur et sont néfastes à une cogénération de qualité. En supposant que le cogénérateur soit bien dimensionné et que son intégration hydraulique soit correcte, la gestion est donc directement liée à la régulation.

Pour assurer une bonne gestion du cogénérateur, il faut que l'installation de régulation (régulateur Maître) :

- soit équipée de toutes les sondes d'eau nécessaires (départ cogénération, retour cogénération, départ général eau chaude, retour générale eau chaude, etc..) ;
- dispose des informations relatives à la puissance de chaque unité de production (chaudières, cogénérateur, etc..) afin de permettre une « vraie » cascade. En effet, il n'est pas possible de réaliser une cascade si l'on ne dispose pas de la puissance instantanée des différentes unités ou si le régulateur Maître ne pilote pas directement en puissance l'unité de production. Il y a donc lieu de prévoir des systèmes de mesure de la puissance calorifique sur les unités qui le nécessitent.

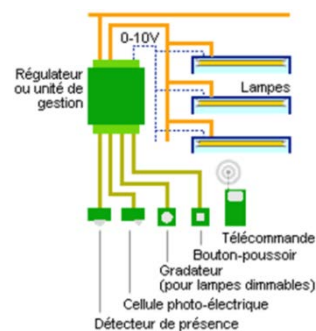
La régulation d'une installation qui comprend une cogénération nécessite plus qu'un algorithme de régulation. En effet, une fois l'algorithme programmé, l'optimisation et le réglage des régulateurs PI (Proportionnel...Intégral) est déterminante dans ce cas de figure car la cogénération ne peut pas être assimilée (comme on a souvent tendance à le faire) à une chaudière.

3.2.3.2.7 L'ÉCLAIRAGE

L'éclairage représente un consommateur d'énergie important. Il est donc conseillé de profiter du système de régulation pour y intégrer la gestion des commandes d'éclairage.

A. LA GESTION SUIVANT L'OCCUPATION

- « Sans régulation » : interrupteur simple allumé/éteint ;
- Interrupteur simple couplé à une extinction automatique : extinction automatique en dehors de l'occupation sur base d'une plage horaire programmée ;
- Allumage et extinction automatique couplé à une détection de présence ;
- Allumage manuel et extinction automatique couplé à une détection de présence.



La commande de l'éclairage extérieur doit également être intégrée au système de régulation pour les mêmes raisons. Il convient juste de prévoir au niveau du système les sondes de luminosité qui pourront être couplées à une plage horaire à programmer sur le système.

3.2.3.2.8 LES ÉQUIPEMENTS AUXILIAIRES (STORES,...)

Afin de profiter du système de régulation, il est envisageable de reprendre sur le système la gestion des stores. On réduit, de cette manière, les coûts liés à l'utilisation de différents systèmes de gestion et on améliore l'efficacité des installations puisque c'est le même système qui gère l'ensemble des équipements (pas d'incohérences de fonctionnement).

3.2.4 L'ARCHITECTURE DU SYSTÈME

3.2.4.1 TYPE ET OBJECTIF DU SYSTÈME

Le système de régulation est constitué de contrôleurs qui peuvent fonctionner de manière autonome ou qui peuvent être reliés sur un bus de communication. Vu l'importance des consommations énergétiques que l'on rencontre dans les piscines, il est bon de disposer d'une interface utilisateur conviviale et performante.

→ **À retenir** : la mise en place d'un superviseur est fortement conseillée

La Gestion Technique Centralisée permet lorsqu'elle est bien étudiée et bien exploitée d'optimiser le confort tout en limitant la consommation d'énergie. La gestion technique centralisée a pour fonction de gérer de manière centralisée les différents équipements du bâtiment, notamment : les installations de chauffage, de ventilation, de production d'eau chaude sanitaire, de climatisation, l'éclairage, les stores, etc...

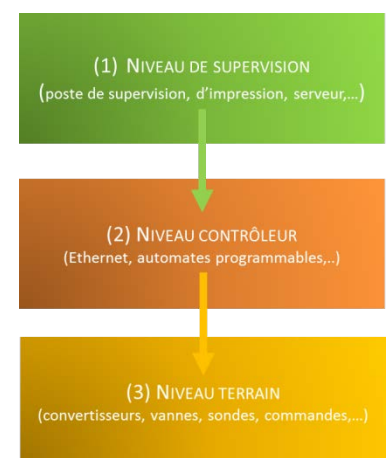
Les fonctionnalités principales d'un tel système doivent être :

- D'assurer la surveillance des installations ;
- D'avertir d'un défaut de fonctionnement ;
- D'archiver les défauts et les mesures ;
- De faciliter les diagnostics lors de dysfonctionnements ;
- D'assurer le réglage à distance de certains paramètres ;
- De permettre l'établissement de bilans sur les différentes énergies ;
- Etc...

3.2.4.2 SYSTÈME DE GESTION TECHNIQUE CENTRALISÉE (GTC)

Le système GTC se décompose en trois niveaux :

- Le niveau de « management » (supervision, concentrateur de données et communication, etc.) ;
- Le niveau contrôleur avec les automates programmables qui disposent d'entrées/sorties analogiques et digitales et qui contiennent les algorithmes et les paramètres ;
- Le niveau terrain (régulateurs terminaux, convertisseurs, sondes, vannes de régulation, etc...).



SYSTÈMES

3.2.4.3 PROTOCOLES DE COMMUNICATION

Lorsque l'on installe un système de régulation dans un bâtiment, le maître d'ouvrage est souvent un peu lié vis à vis du fabricant surtout lorsqu'il dispose d'un superviseur. Une fois le matériel installé ce fabricant est privilégié. En effet, il est pratiquement le seul à pouvoir intervenir sur le matériel et il est « favorisé » lorsqu'une rénovation totale ou partielle de l'installation s'avère nécessaire.

C'est la raison pour laquelle, des protocoles de communications « ouverts » ont vu le jour. On trouve parmi ceux-ci, le LONTalc, BACnet, Modbus, etc...

3.2.4.4 LE SUPERVISEUR



Le système de supervision permet de visualiser en mode dynamique les images et de gérer, au travers d'actions, les installations techniques à partir d'un ordinateur situé sur site ou via une liaison à distance. Toutes les informations transitent entre le superviseur et les contrôleurs au travers d'un bus de communication.

Le poste de supervision doit permettre une exploitation optimum des installations, il sera donc équipé d'un écran grand format, d'une imprimante couleur, d'un modem pour le transfert des alarmes, etc...

Les fonctions de base, lui permettent de fonctionner dans un environnement multitâches, de gérer les niveaux accès et les communications avec les contrôleurs, de définir des adresses et des textes de désignations pour les points du système, de permettre l'archivage et l'exportation vers des tableurs, des bases de données, etc...

Les fonctions de surveillance, assurent le suivi d'évènements, de pannes, d'alarmes, d'actions liées à la maintenance, de graphiques de suivi d'évolution de mesures, le transfert d'informations vers d'autres périphériques, etc...

Les fonctions d'exploitation, permettent une utilisation conviviale, une gestion aisée des consignes et des programmes horaires via une grille, une gestion conviviale des jours de congés, etc...

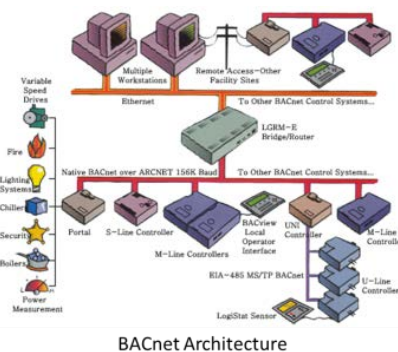
Les écrans graphiques, permettent de visualiser, en mode dynamique, au travers des schémas de principe, les installations techniques, la navigation sera réalisée grâce à des menus, les temps d'actualisations sont très courts (< 1 seconde), la réalisation ou la modification d'images sera aisée (accessible au MO via une petite formation), etc...

3.2.4.5 LES CONTRÔLEURS

Le contrôleur assure à lui seul (indépendamment de tout autre système comme la supervision) la commande des différents équipements techniques de l'installation qu'il gère. Celui-ci doit pouvoir communiquer avec d'autres contrôleurs ou avec un système de supervision afin d'échanger des informations indispensables à une gestion performante. Celui-ci doit pouvoir fonctionner de manière autonome en cas de problème sur le bus de communication. Il doit supporter les communications directes avec des appareillages tiers via protocoles de communications standards ouverts, comme LONTalc, BACnet, Modbus, etc...



S'il n'existe pas de système de supervision (GTC), sa mémoire et ses fonctionnalités doivent lui permettre d'assurer une visualisation du suivi d'évolution de mesures ou de paramètres.



Il faut éviter autant que possible les dérogations manuelles sur les tableaux mais aussi sur les modules de commande afin d'empêcher l'intervention d'une personne non avertie (gestion rationnelle de l'énergie).

3.2.4.6 LA COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE

Il n'est évidemment pas nécessaire de rappeler la nécessité de disposer d'une comptabilité énergétique. Il existe différents moyens pour réaliser ce suivi énergétique. On trouve évidemment, le relevé manuel (qui a ses limites) mais également le relevé automatique via des systèmes de comptabilité énergétique exclusivement réservés à cet effet.



Il est également possible d'effectuer ce relevé automatique via le système de régulation.

Cette solution présente les avantages suivants :

- Elle limite le nombre d'interfaces utilisateur ;
- Elle limite les frais de maintenance et d'exploitation ;
- Les informations peuvent être utilisées plus facilement par les programmes de régulation (amélioration de l'efficacité de la régulation du processus) ;
- Les alarmes « énergétiques » qui peuvent apparaître lorsqu'une consommation d'énergie est considérée comme « anormale » et peuvent être transmises par le même canal.

Cette solution présente donc beaucoup d'intérêt, tant sur le plan financier que sur le plan énergétique.

→ Il est donc important d'analyser la solution d'une comptabilité énergétique dans un contexte global de manière à réduire le nombre de systèmes de gestion.

3.2.5 LA MISE EN ŒUVRE

Une fois les concepts finalisés et le matériel défini, vient l'étape de la mise œuvre.

Cette phase est aussi (plus même) importante que les étapes précédentes. Il peut y avoir (sans que personne ne s'en rende compte..) de grosses différences entre ce qui a été prévu au niveau des algorithmes et la réalité.

Il faut donc impérativement tester en profondeur toutes les fonctionnalités des algorithmes et du système (transfert des alarmes, horaires, jours de congés, etc..). Le résultat final en dépend fortement. L'installation de régulation doit être testée durant la période de garantie avec l'aide de l'utilisateur des installations (société de maintenance, gestionnaire, technicien communal, etc..).

Les programmes sont souvent réalisés sur « mesure » et sont sujets à des anomalies de fonctionnement suite à des erreurs « humaines ». Toutes les anomalies ne sont pas « détectables » facilement. Certains dysfonctionnements n'apparaissent que lorsque certaines conditions sont remplies. Les constats de ces anomalies ne peuvent être établis que par l'utilisateur régulier du système.

3.2.6 LA FORMATION

Une fois la mise en œuvre terminée et les installations opérationnelles, les installations de régulation peuvent être utilisées suivant les besoins du site de manière à maintenir les conditions de confort souhaitées.

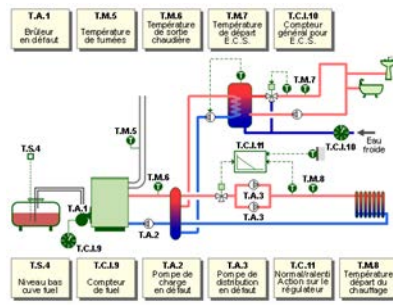
L'efficacité énergétique de la piscine dépend aussi fortement du niveau de maîtrise de celui qui a en charge la « conduite des installations ».

SYSTÈMES

Pour favoriser une bonne maîtrise du système de régulation :

Il faut prévoir que :

- La formation doit être donnée aux personnes chargées de la conduite des installations (le gestionnaire, le technicien, etc...);
- La formation doit être donnée sur site dans les installations techniques et sur le système ;
- La formation s'attarde sur l'utilisation du système mais également sur les algorithmes de régulation de manière à ce que l'utilisateur puisse comprendre comment tous les éléments interagissent les uns avec les autres ;
- La formation soit donnée par le programmeur qui connaît mieux que quiconque le fonctionnement des régulations puisque c'est lui qui en a élaboré les programmes (ce volet est fondamental pour l'exploitation des installations) ;
- Suivant l'ampleur et le niveau de complexité, la formation peut avoir lieu en 2 phases :



- La première à la réception des travaux ;
- La deuxième, après une période définie, de manière à laisser le temps à l'utilisateur de se familiariser avec le système et de pouvoir obtenir des réponses à toutes les questions qui seraient restées sans réponse.

Il faut éviter :

- Que la formation soit théorique ;
- Que l'utilisateur soit passif (c'est l'utilisateur qui doit être aux commandes et pas le formateur) ;
- Que le nombre de participants ne soit trop élevé (cibler les participants) ;

3.2.7 LES DOCUMENTS

Une fois que l'installation de régulation est terminée, le moment est venu d'exploiter ce nouveau système. Il est donc fondamental de disposer de toutes les informations et documentations (AS-BUILT) nécessaires pour pouvoir utiliser de manière efficace les installations techniques de la piscine.

Pour assurer cette bonne exploitation, il faut pouvoir disposer :

- Du guide d'utilisation du système en français ainsi que la liste de tous les équipements installés afin de permettre une bonne gestion ;
- Du descriptif fonctionnel des différentes installations techniques permettant au Maître de l'Ouvrage de savoir comment ses installations fonctionnent, pour qu'il puisse, le cas échéant, juger d'un dysfonctionnement. Ce descriptif est fondamental puisque c'est lui qui « traduit » les programmes présents dans les contrôleurs ;
- Des rapports de tests et du suivi d'évolution permettant de juger du bon fonctionnement des installations (régulation stable, régime réduit opérationnel, maintien d'une mesure à la valeur définie, etc..) ;
- De la liste de tous les points du système (sondes, commandes, etc..) ;



- De la liste reprenant tous les paramètres (consignes, horaires, etc..) ainsi qu'une sauvegarde sur support informatique ;
- Du schéma reprenant les entrées/sorties existantes sur les différents contrôleurs ainsi que l'Architecture du système dans son ensemble ;
- Etc...

3.2.8 LA MAINTENANCE

Afin de profiter de la concurrence qui existe dans le cadre d'un marché de travaux, il peut être judicieux de coupler un contrat de maintenance à ce marché de travaux. En effet, il n'y aura plus vraiment de concurrence si le Maître de l'Ouvrage souhaite conclure un contrat de maintenance par la suite. Qui peut mieux (et moins cher) remplir ce contrat, que le fabricant désigné dans le cadre du marché de travaux ?

Il existe toute une série de services qui sont envisageables dans le cas d'un contrat de maintenance :

- L'entretien (contrôle du fonctionnement et surtout du dysfonctionnement, sauvegardes, commutation été/hiver, remplacement des batteries, etc...);
- Le dépannage (l'intervention rapide pour solutionner un dysfonctionnement peut éviter des dérives énergétiques importantes) ;
- L'assistance opérationnelle sur site. Dans le cadre de cette mission, des informations ou une formation complémentaire relative à l'utilisation et/ou une optimisation de la programmation existante peuvent avoir une incidence non négligeable sur la gestion énergétique et donc la consommation d'énergie ;
- La garantie totale ou partielle des équipements installés;
- Etc...



La réalité du terrain prouve (malgré ce que l'on a l'habitude de croire) qu'une installation de régulation nécessite un suivi régulier et que des dérèglements apparaissent, provoquant des dysfonctionnements visibles ou pas, pouvant causer des dégâts et des consommations d'énergie inutiles. Vu le volume des consommations d'énergie dans les piscines, il est souhaitable que les installations de régulation soit en permanence 100% opérationnelle. Il est à ce titre également indispensable de pouvoir visualiser les graphiques de fonctionnement de la GTC de manière à voir à l'écran toutes les irrégularités et d'y remédier rapidement. (cfr 3.2.4.2)

Complémentairement aux opérations de maintenance définies ci-dessus, la garantie totale a pour objet toutes les opérations de maintenance sans aucune limitation de montant, de l'ensemble des installations de régulation (contrôleurs, modules d'e/s, les sondes, les ordinateurs, les imprimantes, les modems, etc...), en ce compris les réparations et remplacements courants qui ne sont pas compris dans la partie maintenance.

SYSTÈMES

3.3 LA VENTILATION

3.3.1 GÉNÉRALITÉS

La ventilation dans une piscine, et plus particulièrement dans les bassins, est importante. Elle doit être étudiée de manière spécifique afin de garantir le confort, la qualité d'air ainsi que le maintien en bon état des éléments de construction du bâtiment.



3.3.2 LE ZONAGE

Les besoins de ventilation dans un bassin ne sont pas les mêmes que dans un vestiaire ni dans une cafétéria. Lors de la conception, c'est donc le premier point à aborder afin de définir quelles zones seront alimentées par quel type de groupe.

- Quels sont les horaires d'occupation des différents locaux ?
- Apport d'air neuf et/ou chauffage ?
- Dans quelle zone faut-il déshumidifier l'air ?

3.3.3 LES CONDITIONS DE CONFORT

L'occupation humaine dans les piscines étant importante, il est nécessaire de renouveler l'air ambiant. Dans le cadre des halls de bassins, cette réflexion est plus spécifique vu les conditions de confort souhaitées.

3.3.3.1 TEMPÉRATURE AMBIANTE

Voici les températures ambiantes annoncées par la norme VDI 2089 :

ZONE	TEMPÉRATURE	
	T° Min	T° Max
PISCINE	30°C	34°C
VESTIAIRES	24°C	28°C
SANITAIRES, LOCAUX DU MAÎTRE-NAGEUR ET DU PERSONNEL	22°C	26°C
DOUCHES ET ZONES SANITAIRES AVOISINANTES	27°C	31°C
ENTRÉE, LOCAUX ANNEXES ET HALLS D'ESCALIERS	18°C	22°C

L'Arrêté du gouvernement wallon (AGW) pour les piscines en Wallonie spécifie que la température de l'air doit être de 2°C plus élevée que la température de l'eau du grand bassin.

3.3.3.2 HUMIDITÉ

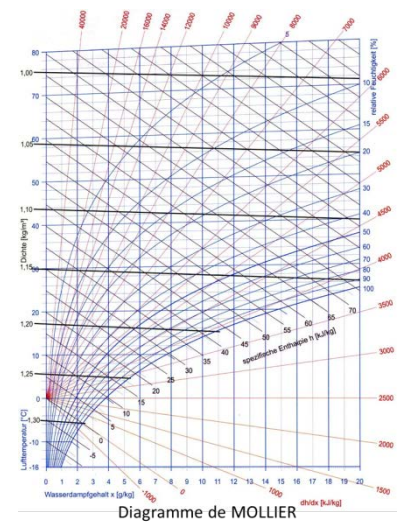
La limite de sudation pour les personnes dénudées se situe à 14,3 g d'eau / kg d'air sec, ce qui correspond :

- A une humidité relative de 55% à une T° ambiante de 30°C ;
- A une humidité relative de 42% à une T° ambiante de 34°C.

En été, lorsque le taux d'humidité extérieur est supérieur à 10,2 g d'eau / kg d'air sec, ces valeurs pourront être plus élevées dans le but de diminuer les débits d'air neuf à apporter pour la déshumidification.

Selon l'AGW pour les piscines en Wallonie, le taux d'humidité maximal doit être de 65%.

Afin d'éviter d'endommager la structure du bâtiment, l'humidité relative de l'air de la piscine sera maintenue entre 40% et 64%. Dans le cas d'un bâtiment peu isolé, la diminution de l'humidité peut engendrer de l'inconfort auprès des occupants.



3.3.3.3 RENOUELEMENT D'AIR

Le renouvellement d'air dans la piscine est primordial. Les valeurs suivantes sont issues de la norme VDI 2089 :

ZONE		APPORT D'AIR NEUF
		> 30 %
VESTIAIRES	CABINES INDIVIDUELLES	15 m³/h.m²
	GRANDES CABINES	20 m³/h.m²
SANITAIRES		100 m³/h (par poste)
DOUCHES		220 m³/h (par poste)

Le confort ne dépend pas uniquement des deux paramètres précités. En effet, le choix de la vitesse de l'air joue un rôle primordial dans un bassin. Celle-ci doit être définie afin de ne pas refroidir les nageurs.

3.3.4 VENTILATION DES LOCAUX

3.3.4.1 LE BASSIN

A. TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ

C'est dans cette zone que l'on rencontre les conditions les plus extrêmes. Dans les bassins, la ventilation joue un rôle important. Elle assure souvent le chauffage, l'apport d'air neuf et le maintien du degré d'hygrométrie. L'installation doit donc être conçue pour assurer un confort optimum !!!

Afin de lutter contre les sensations d'inconfort, il existe deux possibilités :

- Augmentation de la température de l'air ;

SYSTÈMES

→ Augmentation du taux d'humidité.

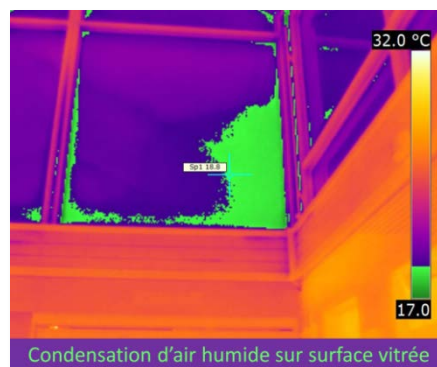
La première solution a pour inconvénient de générer des dépenses énergétiques importantes.

La deuxième solution est donc une alternative aux soucis énergétiques et ralentira l'évaporation de l'eau sur la peau du nageur.

Attention ! Cette solution a des limites et n'est applicable de manière performante que dans des bâtiments bien isolés et munis de pare-vapeur sur les parois. Le risque d'augmenter le taux d'humidité dans un bâtiment, ne répondant pas aux critères définis, est de voir apparaître sur les vitres des traces de condensation superficielle ainsi que de la condensation interne au niveau des murs et toitures, voire des moisissures.

Ci-contre, la thermographie montre les problèmes de condensation existants sur une fenêtre.

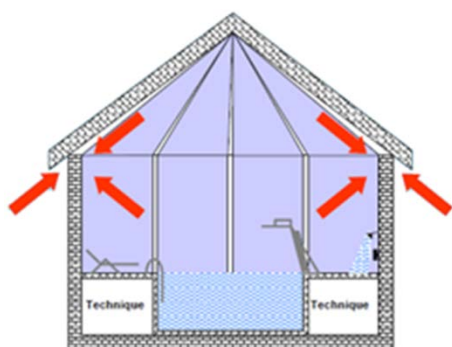
Le taux d'humidité est réglé à 65% alors que l'enveloppe du bâtiment est peu performante. La zone verte représente tous les points se trouvant sous le point de rosée.



B. VITESSE DE L'AIR

La vitesse de l'air est importante dans le cadre d'une piscine. Il faut donc limiter autant que possible la vitesse de l'air dans cette zone afin de ne pas gêner les nageurs.

De même, il est donc déconseillé de pulser de l'air directement sur le plan d'eau. Ceci afin d'éviter d'activer le phénomène d'évaporation à la surface du plan d'eau, et donc d'augmenter ainsi la consommation d'eau et d'énergie pour déshumidifier l'air ambiant.



Source: MENERGA

C. PRESSION DE L'AIR

Pour assurer la pérennité de la structure d'un bâtiment existant, il est recommandé de maintenir les locaux de la piscine en légère dépression.

En effet, si les locaux (les halls de la piscine principalement) se trouvent en surpression, l'air humide s'infiltré au travers des interstices (schéma ci-contre), ce qui peut engendrer des problèmes de condensation pouvant déboucher sur une dégradation de la structure du bâtiment.

3.3.4.2 LES LOCAUX ANNEXES

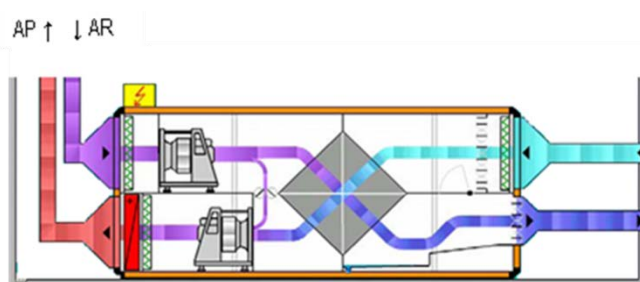
On conseillera de pulser l'air dans les vestiaires et d'effectuer la reprise au niveau des douches. Afin d'éviter toute sensation de froid pour le nageur, il est préférable de reprendre l'air également dans d'autres locaux (couloir par exemple).

Les conditions dans une cafétéria sont beaucoup moins sévères et contraignantes. Le but dans ces locaux sera de récupérer un maximum de chaleur issue de l'air vicié.

3.3.5 SYSTÈMES DE VENTILATION

Il existe une multitude de système de ventilation sur le marché. Dans le cadre d'une piscine, on utilisera principalement des systèmes à double flux équipés de récupérateur d'énergie.

Ce système a pour avantage de capter la chaleur issue de l'air vicié afin de préchauffer l'apport d'air neuf et donc d'effectuer de substantielles économies d'énergie. Ce système est d'autant plus important dans une piscine car les températures ambiantes sont élevées !



Source: MENERGA

Légende

- AN : air neuf
- AR : air repris
- AV : air vicié
- AP : air pulsé

Ci-dessous, diverses recommandations concernant le choix des équipements du système de ventilation.

3.3.5.1 FILTRE

Les filtres dans les groupes de ventilation jouent les rôles suivants :

- Débarrasser l'air des polluants ;
- Protéger les équipements des poussières qui risqueraient autrement d'endommager ceux-ci ;

Ceux-ci seront placés principalement à l'aspiration de l'air neuf et sur la reprise de l'air vicié avant le recyclage.

Lors de la conception, les filtres doivent être choisis afin que leur perte de charge soit la plus faible possible afin de limiter la consommation électrique du ventilateur.

Pour les piscines, les filtres d'air neuf et d'air repris seront de préférence de la classe F5 (F5 : locaux ou la pureté de l'air n'est pas primordiale et qui ne contiennent pas d'objets sensibles à la poussière).

CLASSE DE FILTRE	PERTE DE CHARGE INITIALE MAXIMALE AU DÉBIT D'UTILISATION DP [Pa]
SUIVANT LES NORMES NBN EN 779 ET NBN EN 1822	
G1, G2	40
G3, G4	50
F5	80
F6	100
F7	150
F8, F9	180
H10 A H14	250
U15 A U17	250

Le remplacement des filtres s'effectuera lorsque la perte de charge provoquée par un encrassement sera trop élevée. Cette information doit être relayée par une alarme afin que l'exploitant puisse agir dans les meilleurs délais, ceci dans le but :

- D'éviter une diminution des débits d'air qui se traduirait par une mauvaise efficacité du groupe ;
- D'éviter une augmentation du débit d'air non filtré (passant par les joints, ...) qui engendrerait des noircissements au niveau des bouches ;
- De limiter la consommation électrique du ventilateur.

SYSTÈMES

3.3.5.2 VENTILATEUR

Les ventilateurs utilisés la plupart du temps sont de type centrifuge. Il est conseillé d'opter pour des aubes recourbées en arrière qui contribuent à avoir un meilleur rendement.

Afin de limiter les consommations énergétiques, il est conseillé d'installer des variateurs de vitesse qui adaptent le débit d'air en fonction de la demande.

A. MOTEUR

On optera de préférence pour des moteurs à courant continu dont les rendements sont supérieurs aux moteurs à courant alternatif.

B. ENTRAÎNEMENT DU MOTEUR

Dans le cadre de groupes de ventilation dans les piscines, l'idéal est d'opter pour des entraînements de type direct. Ils génèrent peu de pertes (2 à 5 %) par rapport aux autres systèmes (par courroies, ...). L'avantage de ce type d'entraînement est son coût attractif et son encombrement faible puisque la roue est calée sur l'arbre du moteur.



3.3.5.3 RÉCUPÉRATEURS DE CHALEUR

Dans les halls de piscine, l'air ambiant possède un niveau énergétique très élevé ! Afin de récupérer un maximum de cette énergie dans le but de préchauffer l'air neuf, on dispose un système de récupération d'énergie dans le groupe de ventilation. Il existe sur le marché plusieurs types de récupérateurs de chaleur :

- Les échangeurs à plaques ;
- Les échangeurs par accumulation ;
- Les échangeurs à eau glycolée ;
- Les caloducs.

EFFICACITÉ THERMIQUE DES ÉCHANGEURS	
ÉCHANGEUR À PLAQUES	50 - 85%
ÉCHANGEUR À ACCUMULATION	75 - 95 %
ÉCHANGEUR À EAU GLYCOLÉE	40 - 80%
CALODUC	50 - 60%
RENDEMENT DES DIFFÉRENTS TYPES DE RÉCUPÉRATEURS	

Ce guide ayant pour but d'orienter le lecteur vers la meilleure solution énergétique, le choix se fera donc entre l'échangeur à plaques et l'échangeur par accumulation.

TYPE D'ÉCHANGEUR	À PLAQUES	PAR ACCUMULATION
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Simple et fiable ; ⊕ Longue durée de vie ; ⊕ Peu de maintenance nécessaire ; ⊕ Faible contamination de l'air frais. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Faible perte de charge ; ⊕ Récupération de l'énergie latente avec le système à roues ; ⊕ Rendement +/- constant.
INCONVÉNIENTS	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Risque de givre sur les plaques ; ⊕ Perte de charge relativement grande à grands débits d'air. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Contamination de l'air neuf possible ; ⊕ Nécessité d'entretien de l'entraînement ; ⊕ système de purge qui réduit l'efficacité de la récupération.

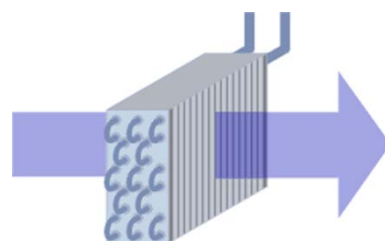
On verra par la suite l'avantage de travailler avec un échangeur à plaques (couplé à une pompe à chaleur) dès que l'on parle de ventilation des bassins.

Dans le cadre d'une simple récupération de chaleur, le rendement d'un système à accumulation semble plus intéressant mais l'auteur de projet devra analyser au cas par cas la possibilité de travailler avec l'un ou l'autre type d'échangeur.

3.3.6 LA DÉSHUMIDIFICATION

Dans un bassin, l'évaporation de l'eau a tendance à augmenter le degré hygrométrique de l'air ambiant, ce qui peut engendrer des sources d'inconfort et provoquer des problèmes au niveau des matériaux de construction.

→ Plus l'eau de la piscine s'évapore, plus il faut déshumidifier...



3.3.6.1 RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE ET POMPE À CHALEUR

La récupération de chaleur via un simple échangeur à plaques n'est pas suffisante dans le cas du hall de piscine.

En effet, l'échangeur ne fait que récupérer l'énergie sensible présente dans l'air. L'air de la piscine possédant un taux d'humidité important, la part d'énergie latente est donc considérable.

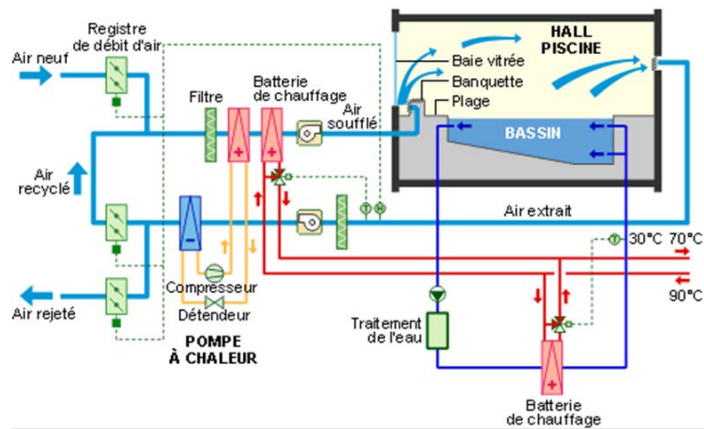
Comment peut-on récupérer cette énergie ?

→ Une pompe à chaleur intégrée à l'échangeur à plaques dans un groupe de ventilation est une technique très intéressante dans le cadre des piscines.

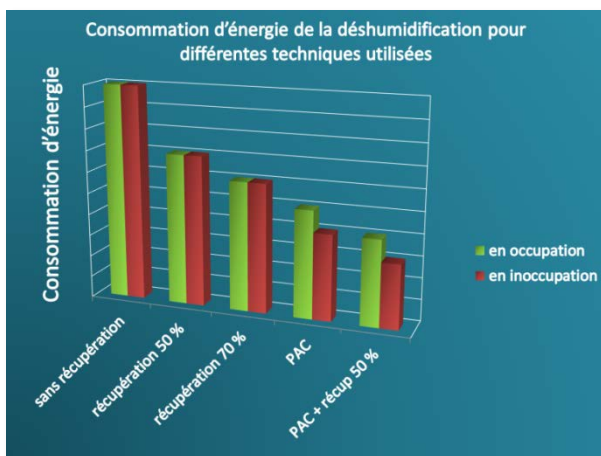
SYSTÈMES

Principe :

La déshumidification de l'air de la piscine s'effectue par refroidissement au passage de l'évaporateur de la pompe à chaleur. La déshumidification est accentuée par le pré-refroidissement au passage de l'échangeur. On a ainsi récupéré une bonne partie d'énergie latente.



Utilisation d'une pompe à chaleur pour la déshumidification



L'air qui sera réinjecté dans le hall de piscine est préchauffé par le condenseur qui utilise la chaleur de déshumidification et ensuite chauffé par la batterie du groupe.

La pompe à chaleur permet donc de combiner :

- La déshumidification de l'air ;
- La récupération de la chaleur latente de l'air humide.

En poussant la technologie, il est possible d'aller encore plus loin, toujours pour grappiller des kWh supplémentaires en jouant sur le sous-refroidissement par exemple.

Le tableau ci-dessus montre l'intérêt d'une déshumidification par pompe à chaleur couplée à un récupérateur de chaleur.

3.3.7 DIMENSIONNEMENT

A. DÉBIT D'AIR

BASSIN

On veillera à ne pas surdimensionner le débit d'air par rapport aux besoins. Un débit trop important est source de pertes énergétiques :

- Consommations de combustible plus élevées vu le débit plus important ;
- Consommations électriques plus importantes au niveau du ventilateur.

En effet, la puissance absorbée (P_a) varie avec le cube de la vitesse de rotation du moteur et donc du débit d'air (Q_a), d'où l'importance de dimensionner correctement le débit nécessaire.

$$\frac{P_{a1}}{P_{a2}} = \left(\frac{Q_{a1}}{Q_{a2}} \right)^3$$

Selon l'AGW, le débit d'air neuf doit être de minimum 30 m³/m².heure.

La surface à considérer tient compte du plan d'eau et des abords, soit la surface entière du hall abritant le bassin mais il ne faut pas absolument se fier à cette valeur.

En effet, plusieurs paramètres sont à tenir en compte. Notamment, il est important d'évaluer le facteur total d'évaporation. Ce facteur doit être déterminé judicieusement car c'est principalement lui qui déterminera le débit d'air neuf à apporter.

Sur des bases expérimentales, le tableau ci-contre reprend les facteurs à adopter en fonction du type de piscine.

TYPE DE PISCINE	FACTEUR D'ÉVAPORATION
PISCINE BÂCHÉE	0,5
PISCINE INOCCUPÉE	5
PISCINE PRIVÉE	15
BASSIN DE COMPÉTITION	20
BASSIN RÉCRÉATIF	28
BASSIN À VAGUES	35

Plus il existe du mouvement dans l'eau, plus il faut apporter de l'air neuf. Il ne faut donc pas se baser uniquement sur la surface du plan d'eau et de ses abords.

Quantité d'eau évaporée :

$$m_e = \varepsilon \times A_B \times (p_s - p_v) \text{ en gr/h}$$

Avec :

- ε = facteur d'évaporation d'eau ;
- A_B = Surface du plan d'eau ;
- p_s = pression partielle de vapeur à l'état saturé ;
- p_p = pression partielle de vapeur.

La détermination de cette quantité d'eau évaporée est primordiale car elle conditionne le débit d'air à apporter au bassin.

B. PERTES DE CHARGES

Les pertes de charge influencent fortement la consommation électrique des ventilateurs. Lors de la conception, il faudra donc étudier le réseau afin de limiter ces pertes de charge au maximum. Voici quelques conseils de bonne conception :

- Réseau court et rectiligne ;
- Utiliser des conduits cylindriques avec une paroi intérieure lisse ;
- La section de la gaine doit être suffisamment grande ;
- Prévoir des accessoires qui présentent des faibles pertes de charges ;
- Limiter les fuites (étanchéité du réseau).

3.3.8 LA DISTRIBUTION DE L'AIR

3.3.8.1 DANS LES BASSINS

On pulsera de préférence de bas en haut le long des parois (fenêtres, plafond) pour deux raisons principales :

- On évite les problèmes de condensation de surface qui peuvent être plus importants dans une piscine ;
- On évite de pulser de l'air directement sur les nageurs.

Il est important de signaler que le taux de brassage dans la piscine doit être suffisant. On conseillera de ne pas descendre sous les 3 à 4 volumes par heure, de façon à avoir une bonne homogénéisation et à éviter la stratification et la condensation aux angles morts du hall.

L'extraction d'air s'effectuera de préférence au point le plus haut du hall. Le risque de disposer la reprise plus bas est que l'air chaud se stabilise au niveau du plafond. Cet air, si spécifique dans le cadre d'une piscine, peut donc engendrer des problèmes au niveau des matériaux de construction.

3.3.8.2 TYPE DE CONDUIT

Dans un hall de piscine, où les conditions de confort sont spécifiques et dans lequel on trouve dans l'air des substances chimiques telles que le chlore, il est important de se pencher sur le type de conduit à utiliser.

Dans la plupart des bâtiments, on rencontre des gaines en acier galvanisé. Ce type de conduit est utilisé le plus souvent pour son prix qui est relativement abordable. Néanmoins, l'utilisation de ce type de gaine dans un hall de piscine n'est pas le plus adapté.

En effet, l'ambiance corrosive (chlore) a pour effet d'altérer l'acier galvanisé, les risques de corrosion sont donc plus élevés, ce qui réduit la durée de vie du réseau.

Lors de la conception, on conseillera d'éviter le passage de gaines dans les halls de piscine.

Dans le cadre d'une rénovation, où les gaines passent dans les bassins, on préconisera l'utilisation de gaines en PVC ou textiles (pour la pulsion de l'air).

Avantages des gaines textiles :

- 😊 Poids suspendu très faible ;
- 😊 Insensible à la corrosion (idem avec PVC) ;
- 😊 Atténuation acoustique.



source: www.airsox.com

3.3.8.3 ÉTANCHÉITÉ DES GAINES

Nous l'avons évoqué au point précédent, on concevra le réseau afin de limiter les pertes de charge dans celui-ci. L'étanchéité à l'air des gaines est aussi très importante. Outre le gain énergétique, cela permet d'avoir une qualité d'air optimale. Il est donc conseillé, d'utiliser des joints d'étanchéité montés en usine afin de faciliter les raccords.

La norme NBN EN 1886 exige que les gaines respectent les classes d'étanchéité suivantes :

CLASSES D'ÉTANCHÉITÉ DES GAINES DE VENTILATION	
CLASSE A	Pour les conduits apparents situés dans les locaux qu'ils desservent et pour lesquels la différence de pression relative avec l'ambiance ne dépasse pas 150 Pa.
CLASSE B	Pour les conduits non situés dans les locaux qu'ils desservent, pour les conduits non apparents et pour les conduits pour lesquels la différence de pression relative avec l'ambiance dépasse 150 Pa. Pour tous les conduits d'extraction pouvant être soumis à une surpression à l'intérieur du bâtiment, à l'exception des locaux techniques.
CLASSE C	A étudier au cas par cas. Par exemple, si la pression dans le conduit est exceptionnellement élevée et si les étanchéités peuvent avoir des conséquences sur la qualité de l'air ambiant, sur le maintien de conditions strictes de pression ambiante ou sur le fonctionnement du système de ventilation.

3.3.8.4 ISOLATION DES GAINES

La norme NBN EN 1886 exige l'isolation des gaines suivantes :

- Les gaines d'air neuf (afin de limiter les risques de condensation sur les parois extérieures) ;
- Les gaine de pulsion d'air traité (afin d'éviter les pertes d'énergie à travers le réseau jusqu'au local concerné).

Il est recommandé d'isoler également les gaines de reprises si une récupération de chaleur existe sur le groupe, ceci dans le but de récupérer le maximum d'énergie dans l'air vicié.

Le tableau suivant renseigne les résistances thermiques minimales pour les conduits d'air :

TYPE DE CONDUIT	RÉSISTANCE THERMIQUE MINIMALE [m ² K/W]	ÉPAISSEUR MINIMALE DE LAINE MINÉRALE [cm]
CONDUITS D'AIR PULSÉ, D'AIR EXTRAIT ET D'AIR RECYCLÉ SOUMIS AUX INFLUENCES EXTÉRIEURES OU SITUÉS DANS DES ESPACES NON CHAUFFÉS (T° ≤ 10°C)	1,5	6
CONDUITS D'AIR PULSÉ, D'AIR EXTRAIT ET D'AIR RECYCLÉ NON SOUMIS AUX INFLUENCES EXTÉRIEURES.	0,65	2,6
CONDUITS D'AIR NEUF (POUR ÉVITER LA CONDENSATION).	0,5	2

3.3.9 ÉQUIPEMENTS LOCAUX POUR LA DISTRIBUTION DE L'AIR

Nous l'avons déjà évoqué, dans les bassins, on préconisera la pulsion d'air le long des parois. Pour cela, il existe plusieurs façons de procéder. Ce choix se fera principalement en fonction de l'architecture du hall.

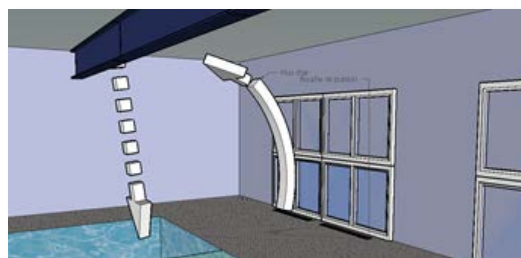
Dans le cadre de piscines, il est intéressant d'envisager les diffuseurs de sol. Ceux-ci se caractérisent par une plus forte induction engendrant une vitesse d'air plus élevée.

SYSTÈMES

Pourquoi ce type de bouches ?



- 😊 Elles limitent la condensation sur les vitres ;
- 😊 Elles génèrent une induction importante → diminution du taux de brassage possible ;
- 😊 Elles sont plus esthétiques, plus discrètes ;
- 😊 De par leur conception, elles sont moins sujettes à devenir des poubelles.



La figure ci-dessus illustre une situation défavorable parfois rencontrée dans un hall de piscine. L'air est pulsé le long des parois. Si sa course rencontre un obstacle, dans ce cas-ci il s'agit d'une poutre de toiture, il arrive que l'air soit dévié sur la surface du bassin. Cela peut entraîner des turbulences à la surface du bassin. Ces mouvements d'air à la surface du bassin augmentent l'évaporation d'eau et par conséquent nécessite une déshumidification plus élevée. D'où une consommation d'énergie plus importante.

→ L'emplacement de ces bouches doit être étudié correctement. Pour cela, il faut surtout faire attention à la conception du plafond du bassin.

Il est également possible de travailler avec des buses à jets. Celles-ci sont le plus souvent utilisées lorsque les dimensions du bâtiment sont assez importantes. Les buses sont généralement placées à une hauteur minimale de 4 mètres. Leur avantage est leur longue portée d'air qui permet de générer un brassage d'air assez important. Cette méthode peut s'avérer intéressante lorsque la toiture présente des risques de surchauffe importants. Prenons l'exemple d'un hall de bassin dont la toiture est vitrée. En hiver, afin de profiter de l'effet de serre, l'air pulsé permet de récupérer cette chaleur pour la brasser dans le hall.



3.4 LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

3.4.1 LES BESOINS

Pour concevoir et dimensionner une installation de production d'eau chaude sanitaire, il est indispensable de définir les besoins. En effet, cette étape est nécessaire pour établir le profil de puisage. Les besoins d'eau chaude d'une piscine sont généralement situés aux endroits suivants :

- Douches ;
- Cafétéria ;
- Lavabos (si nécessaire).

Il est conseillé de regrouper les points de consommation. Cela permet d'éviter des longueurs de tuyauteries supplémentaires (légionnelle, pertes thermiques,...).

3.4.2 LES SYSTÈMES DE PRODUCTION

3.4.2.1 CENTRALISER OU DÉCENTRALISER LA PRODUCTION





Tout comme pour la production de chaleur, il faut faire le choix de centraliser ou de décentraliser la production d'eau chaude sanitaire. Ce choix s'effectuera sur base des données relatives au profil de puisage et à la situation des points de consommation.

Dans les piscines, on optera plutôt pour une production centralisée en ce qui concerne les douches et les points d'eau chaude qui se situent dans la même zone.



Dans le cas où le bâtiment dispose de points d'eau chaude éloignés de la production centralisée et dont le puisage est faible (cafétéria par exemple), il est souvent plus intéressant d'installer des petits systèmes décentralisés (boilers électriques, chauffe-eau gaz instantané,...). Cela permet d'éviter des longueurs de tuyauteries importantes.

- Longueur de tuyauterie moins longue = Gain à l'investissement ;
- Moins de pertes calorifiques = Gain à l'exploitation.

Les avantages de centraliser la production d'eau chaude dans les bâtiments sont les suivants :

-  Coûts d'entretien et de maintenance réduits ;
-  Combinaison plus facile avec une source d'énergie renouvelable (ex : solaire thermique) ;
-  Encombrement plus faible ;
-  Conduite et exploitation de l'installation plus simple.

Mais également quelques inconvénients comme :

-  Le rendement de distribution est plus faible (boucle sanitaire) ;
-  La répartition des points de consommation qui engendre des longueurs de tuyauteries supplémentaires à tirer jusqu'aux points de consommation.

On aura compris que la centralisation de la production d'eau chaude sanitaire fonctionnera de manière performante si les points de consommation se situent à des distances relativement faibles du système de production.

3.4.2.2 PRODUCTION COMBINÉE OU INDÉPENDANTE

Dans le cadre d'une piscine où les besoins en chaleur sont particulièrement élevés, on trouvera dans la plupart des cas une production d'eau chaude sanitaire combinée au chauffage. La raison principale qui résulte de cette combinaison est le montant de l'investissement qui est bien inférieur par rapport à une installation indépendante et dont les contraintes supplémentaires en termes de coût sont les suivantes :

- Aménage du combustible jusqu'au système (tuyauteries, accessoires supplémentaires,...) ;
- Entretien et maintenance supplémentaires.

La production combinée n'a de sens que si la puissance nominale en eau chaude sanitaire représente moins de 30 % de la puissance de chauffage afin de garantir un certain confort thermique lorsqu'il existe une demande en eau chaude.

Lors de la conception, l'auteur de projet tiendra compte de ce paramètre afin d'éviter des coûts supplémentaires.



Exemple explicatif

Les besoins en chauffage d'une piscine s'élèvent à 400 kW. On désire travailler à l'aide d'un échangeur instantané couplé à la chaudière mais la puissance nécessaire en eau chaude sanitaire est de 200 kW.

En respectant les proportions décrites ci-dessus, la puissance de chauffage doit être de minimum 600 kW pour que les besoins en eau chaude sanitaire soient assurés sans soucis, ce qui engendre :

- Un prix de l'installation plus élevé ;
- Une chaudière surdimensionnée par rapport aux besoins de chauffage risque de diminution des rendements globaux saisonniers ;
- Les sections des tuyauteries et accessoires seront plus importantes, les coûts plus importants et les pertes calorifiques plus élevées !

Les inconvénients lorsqu'on opte pour une production combinée sont les suivants :

-  Pas de possibilité de mettre la chaudière à l'arrêt (en été et en mi-saison) le rendement global de l'installation diminue durant cette période ;
-  Le rendement des chaudières à basse température ou à condensation, risque d'être dégradé si la température sur le ou les retours est élevée (régime de température de l'échangeur). Le régime de sélection de l'échangeur sera donc primordial (70°C/40°C par exemple).

Le système indépendant consiste en un système de production d'eau chaude (préparateur à condensation, boiler,...) indépendant du système de chauffage. Ce système possède son propre réseau de distribution et sa propre régulation.

La solution d'un système indépendant est certes plus chère à l'achat mais permettra contrairement à la solution combinée de fonctionner avec des rendements beaucoup plus élevés que ce soit au niveau de la production de chaleur que de la production d'eau chaude sanitaire. La régulation des systèmes en sera également plus simple. D'où il apparaît qu'il est souvent plus intéressant de recourir à un système de production d'ECS séparé.

3.4.2.3 LE DIMENSIONNEMENT

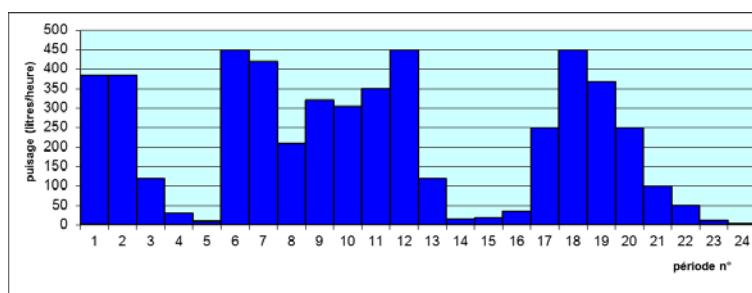
A. PROFIL DE PUISAGE

Cette étape est la plus importante ! Trop souvent, les installations existantes sont surdimensionnées par rapport aux besoins réels en eau chaude sanitaire. C'est pour cela que le bureau chargé de l'étude du système de production d'eau chaude sanitaire se doit de tout mettre en œuvre afin de déterminer les réels besoins. Ces informations peuvent être récoltées de différentes façons :

- Données de consommation fournies par l'exploitant. En règle générale, l'auteur de projet reçoit une consommation globale de gaz (chauffage + autres consommateurs) et une consommation d'eau de ville ;
- Campagnes de mesures réalisées sur site (débit d'eau chaude, température,...). Cette étape est d'autant plus importante dans une piscine où les consommations d'eau chaude sont difficilement estimables.

Cette étape est réalisée dans le but de définir le profil de puisage qui permettra de choisir le système adéquat et de le dimensionner de manière à réduire les pertes énergétiques et de surcroît à réduire les frais d'investissement.

→ Attention ! Il faudra être particulièrement prudent ! En effet, on prendra des coefficients de majoration plus larges que ceux utilisés pour un dimensionnement de chauffage



Explication

Le chauffage est dimensionné à une température minimum de $\pm -10^{\circ}\text{C}$. Il est possible, lorsque l'on se rapproche de ces températures (si l'installation est dimensionnée au plus juste), d'avoir un certain inconfort représenté par une température ambiante un peu plus faible que d'habitude.

En ce qui concerne l'eau chaude sanitaire, un dimensionnement trop juste aura pour effet un désagrément immédiat de la part de l'utilisateur.

Dans le cas d'une nouvelle construction, il est plus délicat de définir ce profil de puisage car on ne connaît pas le mode de fonctionnement du bâtiment. L'auteur de projet doit donc se renseigner sur la nature du projet et poser un maximum de questions dans le but d'évaluer au mieux les consommations futures. L'auteur de projet se renseignera par exemple sur :

- Le nombre de douches installées ;
- Le type de pommeau utilisé (normal ou économique).

L'auteur de projet se doit d'analyser également les périodes durant lesquelles les puisages d'eau chaude sont effectués. Dans le cas d'une piscine, ce paramètre est aléatoire car les douches peuvent être utilisées à n'importe quel moment. Il faudra alors se baser sur les heures d'ouvertures du bassin.

SYSTÈMES

B. PRODUCTION

Afin de dimensionner correctement la capacité de puissance que doit avoir l'équipement producteur, il faudra tenir compte des différents critères suivants :

- Débit instantané ;
- Débit de pointe en 10 minutes ;
- Débit horaire maximal ;
- Consommation globale de la journée.

L'évaluation de ces critères est aléatoire et doit faire appel à l'expérience de l'auteur de projet.

Le système sera dimensionné pour une température d'eau sanitaire de 65°C (consigne minimale exigée par le Gouvernement Wallon). Il est néanmoins préférable de prévoir un système dont la température de l'eau peut monter jusqu'à 70°C, ceci dans le but d'effectuer des chocs thermiques pour éliminer les légionnelles.

Il faut cependant être très prudent lorsque l'on réalise une montée en température...En effet, cela peut occasionner des dégâts au niveau du réseau de tuyauteries.

C. STOCKAGE

Le ballon de stockage permet de disposer d'une certaine quantité d'eau chaude avant et pendant chaque puisage. Il faudra dimensionner correctement le volume de stockage en fonction des besoins journaliers (voir profil de puisage).

- Un sous-dimensionnement aura pour conséquence un soutirage d'eau froide lorsque le ballon sera vide.
- Un surdimensionnement du ballon n'engendre aucun problème de confort mais engendre deux contraintes :
 - La chaudière doit fonctionner plus longtemps pour chauffer un plus grand volume d'eau ;
 - L'isolation du ballon est plus importante.

Vu la température élevée de l'eau et le taux d'utilisation et de fonctionnement de cette installation, le niveau de performance du calorifuge est fondamental (investissement rentable sur le très court terme).

CONTENANCE EN LITRE	ÉPAISSEUR MINIMALE DE LAINE MINÉRALE
< 400	10
DE 400 À 2 000	12
> 2 000	14

Concernant ce dernier point, nous préconiserons de suivre les valeurs d'épaisseur d'isolant recommandées par la Région Wallonne (Source direction générale opérationnelle de l'aménagement du territoire, du logement, du patrimoine et de l'énergie (SPW))

Ces valeurs sont un minimum à atteindre. Nous conseillons de placer une épaisseur supérieure pour deux raisons :

- Investissement supplémentaire assez faible ;
- Temps de retour plus court.

Cette opération est très importante car le ballon sera maintenu à haute température en permanence. Il faudra également veiller à ce que l'isolant soit placé de manière continue. Bien souvent on constate que le dessous du ballon n'est pas isolé.

Nous insistons sur le fait que l'auteur de projet doit non seulement spécifier l'épaisseur de l'isolant mais aussi son type. En effet, le coefficient d'isolation entre deux matériaux peut varier du simple au double.

3.4.3 LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PRODUCTION

3.4.3.1 SYSTÈMES À ACCUMULATION

PRÉPARATEUR GAZ À CONDENSATION

On utilise ce type d'équipement lorsque les besoins sont élevés et que le débit de pointe est important. Les avantages de ces préparateurs sont les suivants :

- Production indépendante du chauffage ;
- Réchauffage du boiler rapide ;
- Appareil à condensation ($\eta=107\%$).

Dans le cadre des piscines où le puisage peut être aléatoire et important, ce système convient tout à fait. On analysera néanmoins lors d'une rénovation si l'évacuation des gaz est réalisable.



CHAUFFE-EAU ÉLECTRIQUE

Cela peut être un choix judicieux afin d'alimenter des points d'eau chaude à faible utilisation :

- Cuisines ;
- Cafétéria.

En effet, décentraliser permettra de limiter les pertes énergétiques au niveau des tuyauteries. Le problème de légionnelle ne se pose plus (pas de boucle sanitaire).

Il faudra essayer, dans la mesure du possible, d'intégrer une horloge permettant d'alimenter le ballon électrique durant les heures creuses, ce qui permettra de diminuer les frais d'exploitation.



3.4.3.2 SYSTÈMES INSTANTANÉS

ÉCHANGEURS À PLAQUES INSTANTANÉS

Ce système permet d'avoir de l'eau chaude à haut débit rapidement. Il n'existe pas de stockage de l'eau, ce qui demande de travailler à haute température dès qu'il existe une demande. La puissance demandée étant importante, il faudra donc bien tenir compte des 30% de puissance à respecter afin de ne pas surdimensionner la chaudière par rapport aux déperditions.

Travailler avec un échangeur permet d'éviter le placement d'un ballon et donc des pertes calorifiques. On gagne également de la place. Par contre, il est impossible de mettre à l'arrêt la chaudière.



SYSTÈMES SEMI-INSTANTANÉS

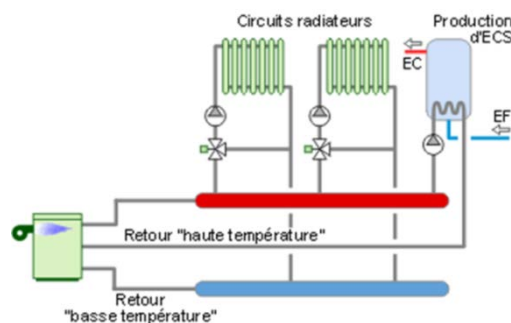
Ces systèmes sont le plus souvent utilisés lorsque les besoins sont élevés et que le recours à une énergie renouvelable est difficilement réalisable. Avec un tel système, on dispose d'un échangeur qui permet de produire de l'eau chaude au moment de la demande et d'un ballon tampon qui stabilisera la température de l'eau durant les premiers moments de puisage.

SYSTÈMES

Comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, il faudra être prudent quant au dimensionnement de l'eau chaude sanitaire par rapport à la puissance de chauffage (cfr 3.4.2.2)

Si la production de chauffage est réalisée à partir d'une chaudière à condensation, deux solutions peuvent se présenter dans le but de ne pas détériorer son rendement :

- 1) L'échangeur qui produit l'eau chaude sanitaire doit être dimensionné pour une température de retour vers la chaudière de 45°C.
- 2) L'échangeur pourra être dimensionné pour des retours de températures plus élevés, si et seulement si la chaudière est équipée d'un retour haute température.



3.4.4 LA DISTRIBUTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

3.4.4.1 GÉNÉRALITÉS

Le choix des équipements concernant le réseau de distribution de l'eau chaude sanitaire est important. En effet, le rendement global de l'installation d'eau chaude sanitaire est fortement influencé par :

- Les pertes par les tuyauteries ;
- Les pertes par les accessoires ;
- La longueur et la section des tuyauteries ;
- La qualité de l'isolation des équipements producteurs (ballon échangeur,...).

Dans le cadre d'une rénovation de piscine, il est fortement conseillé d'isoler tous les équipements d'eau chaude sanitaire.

3.4.4.2 CONCEPTION

Pour limiter les dépenses énergétiques, on veillera tout d'abord à limiter la longueur de la boucle sanitaire.

Le circulateur de boucle ne doit pas être dimensionné pour assurer le débit d'eau d'alimentation d'un équipement. Il doit être étudié pour vaincre uniquement les pertes de chaleur entre le départ et le retour de la boucle. En règle générale, la vitesse d'eau est faible (0,2 0,5 m/s).

A noter que le calorifugeage des tuyauteries et accessoires est beaucoup plus important que pour les conduites de chauffage car l'eau qui y circule est à plus haute température et durant une période plus importante. On respectera donc au minimum les critères d'isolation repris dans le tableau suivant en ce qui concerne les tuyauteries.

	ÉPAISSEUR D'ISOLANT RAPPORTÉE À UN COEFFICIENT DE CONDUCTIBILITÉ DE 0,04 W/mK (mm)	
DIAMÈTRE	CONDUITES EXTÉRIEURES	CONDUITES INTÉRIEURES
DN	TEMPÉRATURE: 0°C	TEMPÉRATURE AMBIANTE: 15 °C
10	40	30
15	40	30
20	40	40
25	50	40
32	50	40
40	50	50
50	50	50
65	60	50
80	60	60

On préconisera l'emploi de manteaux isolants sur les accessoires, ce qui facilitera le montage et le démontage en cas de fuites (cfr 3.1.5.2.3).

3.4.4.3 TEMPÉRATURE

Dans le but de réaliser un maximum d'économies d'énergie, on aurait tendance à diminuer au maximum la température de l'eau circulant dans les tuyauteries.

→ Afin de prévenir tout risque lié au développement de bactéries telles que la Légionnelle, on conseille de travailler avec des températures minimales (cfr 3.4.6.1).

À ce titre, des modifications de l'AGW du 13 mars 2003 (arrêté du gouvernement wallon) sont en cours de rédaction.

L'auteur de projet prendra donc les dispositions suivantes lors de la conception :

→ Les mitigeurs alimentés par l'eau chaude et l'eau froide seront positionnés à une distance de moins de 5 mètres par rapport aux pommeaux de douches ;

→ La température de l'eau circulant dans les conduites d'eau froide ne dépassera pas 25°C. Si une conduite d'eau froide traverse un local dont la température ambiante est élevée, on envisagera à cette fin son calorifugeage.

3.4.5 LES ÉQUIPEMENTS TERMINAUX

3.4.5.1 POMMEAU DE DOUCHE ÉCONOMIQUE

Ce choix doit être effectué avant le dimensionnement de l'installation.

Actuellement ces pommeaux délivrent un débit d'eau compris entre 5 et 7 litres par minute, soit un débit réduit de moitié par rapport aux systèmes classiques. Ceci a une influence sur tout le système de production.

En effet, en installant des pommeaux économiques, on peut réduire la puissance de production et le volume de stockage.

3.4.5.2 BOUTONS POUSSOIRS TEMPORISÉS

Dans des espaces publics comme les piscines, il est souvent intéressant d'installer ces systèmes. Ils permettent de limiter les consommations d'eau et d'éviter des écoulements permanents suite aux négligences des usagers.

3.4.6 LES RECOMMANDATIONS

L'eau chaude sanitaire occupe une place non négligeable dans la dépense énergétique d'une piscine. Nous avons vu quelques pistes à aborder afin de limiter ces pertes. Néanmoins, il faut être prudent lors de l'étude car il faut tenir compte également du traitement de l'eau sanitaire. À ce titre, des modifications de l'AGW du 13 mars 2003 (arrêté du gouvernement wallon) sont en cours de rédaction.

3.4.6.1 LUTTE CONTRE LA LÉGIONNELLE

Le terme de " Légionnelle " rassemble en fait une vingtaine de familles de bactéries qui prolifèrent naturellement dans l'eau. La plupart sont relativement inoffensives, mais par contre, l'une d'entre elles, la légionella pneumophila provoque chez l'homme une infection pulmonaire dont les syndromes sont comparables à ceux d'une sévère pneumonie. Il s'agit d'une maladie particulièrement dangereuse, car même avec les soins médicaux les plus divers, le taux de mortalité s'élève à 10%.

Ces bactéries se développent dans des eaux comprises entre des températures de 35°C et 45°C.

On veillera donc à respecter ces deux limites :

- Ne pas dépasser une température de 25°C dans la conduite d'arrivée d'eau froide ;
- La température minimale requise de l'eau chaude est de 55°C.

On évitera également la stagnation des eaux, la présence de bras morts. Si un point de l'installation est parcouru par un débit insuffisant, il se peut que la température de l'eau soit réduite et donc sujette à la prolifération de ces bactéries. On se rend donc vite compte de l'importance de la conception et de l'équilibrage du réseau ainsi que du calorifugeage des tuyauteries et accessoires.

Dans le cadre d'une piscine existante, le Gouvernement Wallon impose un contrôle tous les 6 mois à la sortie d'un pommeau de douche. Sur base de cette analyse, la qualité de l'eau est répertoriée suivant 4 paliers de contamination dont la valeur maximale à respecter est de 1.000 colonies par litres :

- < 100 = pas de contamination significative ;
- > 100 = contamination faible, sans risque pour les personnes en bonne santé ;
- > 1.000 = contamination moyenne – désinfection à effectuer d'urgence ;
- > 10.000 = contamination importante – mettre à l'arrêt l'installation.



En cette matière, une modification doit être apportée à l'AGW du 13 mars 2003, que le concepteur prendra soin de consulter.

A. DÉSINFECTION THERMIQUE

Cela consiste à rincer (hebdomadairement) l'installation avec de l'eau à température élevée :

- À 70 °C pendant au moins 4 minutes ;
- A 60 °C pendant 30 minutes.

Cette méthode est relativement simple mais risque d'engendrer des contraintes mécaniques :

-  Déformation de conduites par dilatation ;
-  Augmentation du risque de corrosion avec l'acier galvanisé.

De plus, la désinfection ne sera pas optimale s'il existe des bras morts et si les conduites ne sont pas isolées. Ce type de traitement n'est donc pas radical mais peut être utilisé efficacement dans certains cas.

B. DÉSINFECTION CHIMIQUE

Il existe plusieurs systèmes différents permettant d'injecter des substances chimiques dans les tuyauteries d'eau chaude sanitaire :

- Désinfection chimique de choc ;
- Désinfection chimique continue au ClO₂ ;
- Désinfection chimique continue par électrolyse ;
- Désinfection chimique continue par ionisation Cu/Ag.

La plupart de ces systèmes demandent un investissement de départ contrairement au choc thermique. De plus, il faut également tenir compte du facteur lié à la maintenance et à l'approvisionnement d'éléments chimiques. Néanmoins, leur efficacité est supérieure aux traitements thermiques.

3.4.6.2 ADOUCISSEMENT DES EAUX

L'eau est dite calcaire lorsqu'elle est fortement chargée en ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺. Dans les installations d'eau chaude sanitaire, l'eau portée à haute température engendrera la précipitation du calcaire sur les parois des ballons et tuyauteries. Ceci a pour conséquence de boucher des canalisations, des pommeaux, ... Dans le cas de ballons avec résistance chauffante, lorsque celle-ci est entartrée, la consommation énergétique augmente fortement.

Il est donc conseillé lors d'une étude de se renseigner auprès du distributeur d'eau afin de connaître la qualité de l'eau de la région et plus spécifiquement sa dureté exprimée en degré français (°F).

Le tableau ci-contre reprend les valeurs de référence. Il est conseillé d'installer un adoucisseur lorsque la dureté de l'eau est supérieure à 30°F.

DURETÉ (°F)	QUALITÉ DE L'EAU
< 15	douce
15-30	Moyennement dure
> 30	dure

On veillera également à ne pas trop adoucir l'eau car l'élimination du calcium peut rendre l'eau très agressive. On conseille de ne pas descendre en dessous de la valeur de 15°F. Pour ce faire, l'adoucisseur devra être réglé correctement.

A. ADOUCISSEUR

Ce système échange les ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ sur une résine cathodique. Lorsque la résine est trop chargée en ions Ca⁺⁺, il s'ensuit une étape de régénération permettant d'éliminer ces ions en les remplaçant par des ions Na⁺⁺.

B. DÉTARTREUR MAGNÉTIQUE ET PHYSIQUE

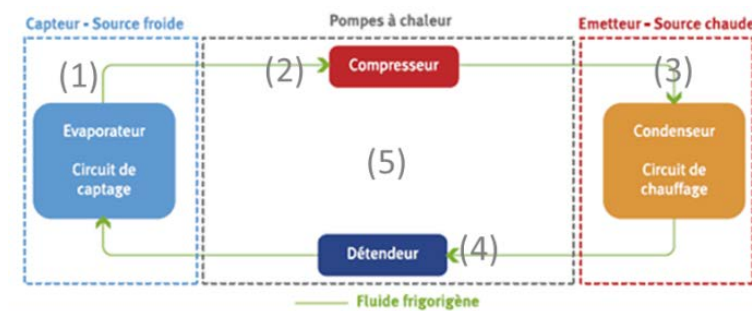
La composition de l'eau n'est pas modifiée dans ce cas-ci. Le principe est d'envoyer des impulsions d'ondes électromagnétiques dans les conduites. Ce système agit sur la formation et le grossissement des germes de carbonate de calcium mais ne les détruit pas. Cette option est certes moins efficace qu'un adoucisseur mais il permet de limiter les coûts d'investissement.

3.5 LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

3.5.1 LES POMPES À CHALEUR

3.5.1.1 GÉNÉRALITÉS

La pompe à chaleur est une machine dont le but est de valoriser la chaleur gratuite présente dans l'environnement (air, eau, sol). Son principe thermodynamique est basé sur le fonctionnement d'un réfrigérateur.



- (1) **Evaporation** : les calories puisées à l'extérieur sont transférées au fluide frigorigène ;
- (2) **Compression** : le fluide frigorigène à l'état de vapeur est porté à haute pression ;
- (3) **Condensation** : la vapeur transmet sa chaleur au circuit de chauffage ;
- (4) **Détente** : la pression du fluide frigorigène est ramenée à une pression réduite pour recommencer un nouveau cycle ;
- (5) **Réversibilité** : cette option est utilisée si on désire rafraîchir le bâtiment.

3.5.1.2 UNE BONNE SOLUTION POUR LES PISCINES ?

Afin d'être performante, la pompe à chaleur doit fonctionner à basse température. Suivant cette condition, il faudra se poser les questions suivantes :

VA-T-ON CHAUFFER LE BÂTIMENT AVEC LA POMPE À CHALEUR ?

Dans le cadre de rénovation, cette option est souvent difficilement réalisable car les bâtiments ne sont pas performants du point de vue de l'isolation il faut travailler à haute température, ce qui rend la pompe à chaleur moins performante.

Dans le cas d'une nouvelle construction, il faudra donc veiller au préalable à construire un bâtiment « basse énergie » et prévoir des équipements dont le régime s'accorde bien avec celui de la pompe à chaleur dans le but d'augmenter les performances de la pompe à chaleur.

CHAUFFAGE DE L'EAU DE PISCINE ?

L'eau de piscine est à basse température. Il semble donc qu'il existe un intérêt à fonctionner avec une pompe à chaleur.

PEUT-ON L'UTILISER POUR FAIRE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE ?

Produire de l'eau chaude sanitaire = travailler à haute température semble difficilement réalisable ou moyennant l'apport de chaleur supplémentaire. Cette solution sera à analyser au cas par cas.

Une des meilleures applications de pompe à chaleur dans les piscines est la récupération d'énergie par déshumidification. Nous avons déjà abordé ce point dans le chapitre « Ventilation ».

3.5.1.3 LES SOURCES DE CHALEUR

Leur choix relève de la plus haute importance et conditionne la performance de la pompe à chaleur.

A. SOURCE FROIDE

La différence de température entre la source chaude et la source froide doit être la plus faible possible. L'eau présente dans le sol, les nappes phréatiques ainsi que les eaux de surface possèdent une valeur énergétique supérieure à l'air extérieur. Afin de choisir la source froide qui permettra de récupérer le plus d'énergie durant l'année, on analysera le coefficient de performance théorique qui doit être le plus élevé possible :

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$

Avec :

- T2 = Température de la source chaude ;
- T1 = température de la source froide.

De par cette équation, on se rend vite compte que plus la différence entre les deux sources est faible, meilleur est le niveau de performance de la pompe à chaleur.

Cette notion de performance est en effet très importante et permet de générer d'importants gains énergétiques mais il ne faut pas perdre de vue que le coût d'une installation peut fortement varier en fonction des sources froides choisies. En effet, opter pour l'air extérieur n'engendre pas de gros travaux et est facilement réalisable. Par contre, puiser l'énergie dans le sol exige des études plus approfondies (techniques, environnementales,...) et des travaux plus importants qui auront pour conséquence de générer un impact financier plus conséquent.

Le tableau (source ef4) ci-dessous reprend les caractéristiques des différentes sources froides :

TYPE DE SOURCE FROIDE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
AIR « STATIQUE »	<ul style="list-style-type: none"> Pas de dégivrage ; Rapport prix/performance ; PAC testée en usine si eau glycolée. 	<ul style="list-style-type: none"> Variation de la T° de l'air ; Encombrement de l'échangeur.
AIR « DYNAMIQUE »	<ul style="list-style-type: none"> Encombrement réduit ; Rapport prix/performance ; PAC testée en usine. 	<ul style="list-style-type: none"> Variation de la T° de l'air ; Dégivrage nécessaire ; Utilisation d'un ventilateur (consommation électrique, bruit,...).

SYSTÈMES

TYPE DE SOURCE FROIDE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
EAU (NAPPE PHRÉATIQUE)	T° de l'eau élevée (7 à 12 °C) et constante ; PAC testée en usine.	Prix des forages ; Qualité de l'eau à vérifier ; Quantité d'eau nécessaire ; Pompage de l'eau (entretien et consommation de la pompe).
EAU (EAUX DE SURFACE) « STATIQUE »	T° de l'eau relativement constante ; PAC testée en usine si eau glycolée.	Qualité de l'eau à vérifier ; Quantité d'eau nécessaire.
EAU (EAUX DE SURFACE) « DYNAMIQUE »	T° de l'eau relativement constante ; PAC testée en usine.	Qualité de l'eau à vérifier ; Quantité d'eau nécessaire ; Pompage de l'eau (entretien et consommation de la pompe).
SOL (ÉVAPORATION DIRECTE – HORIZONTALE)	T° du sol relativement constante ; Pas de circulateur ; Pas de fluide intermédiaire.	Surface de terrain nécessaire ; Quantité importante de fluide frigorigène ; PAC non testée en usine.
SOL (EAU GLYCOLÉE – HORIZONTAL)	T° du sol relativement constante ; PAC testée en usine.	Surface de terrain nécessaire ; Utilisation d'un circulateur (consommation électrique).
SOL (EAU GLYCOLÉE – VERTICAL)	T° du sol élevée (10°C à 20 cm) et relativement constante ; Encombrement réduit ; PAC testée en usine.	Prix des forages ; Utilisation d'un circulateur (consommation électrique).

B. SOURCE CHAUDE

La température de la source chaude doit être la plus faible possible, ce qui signifie que les émetteurs de chaleur devront être dimensionnés pour fonctionner à basse température. Ceci peut être prévu lors de la conception de la piscine mais est difficilement réalisable en rénovation. On utilisera de ce fait les émetteurs suivants :

- Ventilo-convecteurs ;
- Chauffage par le sol ;
- Radiateurs sélectionnés en basse température.

Dans une piscine où les conditions de confort sont plus élevées que dans un autre bâtiment, la source chaude risque donc d'être à plus haute température, ce qui risque de dégrader le COP. Ce raisonnement n'est que théorique et mérite néanmoins d'être étudié.

3.5.1.4 QUEL FLUIDE FRIGORIGÈNE UTILISER ?

Voici un tableau reprenant les caractéristiques thermodynamiques des différents fluides frigorigènes.

Exemple d'une machine pouvant fournir une puissance de 100 kW.

	NH ₃	R-134A	R22	PROPANE	R-404A
PUISSANCE EFFECTIVE SUR L'ARBRE [kW]	30,7	30,9	32,1	33,1	35,1
COEFFICIENT DE PERFORMANCE FRIGORIFIQUE	3,26	3,24	3,12	3,03	2,85
DÉBIT VOLUMIQUE BALAYÉ DANS LE COMPRESSEUR [M ³ /H]	239	392	224	250	217
DÉBIT VOLUMIQUE DE LIQUIDE FRIGORIGÈNE [M ³ /H]	0,53	1,91	1,75	2,42	2,7
T° DE REFOULEMENT DE LA COMPRESSION RÉELLE ADIABATIQUE [°C]	156	60	87	63	59

Le constat est que le fluide frigorigène influence la consommation énergétique de la pompe à chaleur.

L'ammoniac (NH₃) et le R-134a semblent être des fluides performants. Par contre pour ce dernier, le débit volumique balayé est beaucoup plus important → taille du compresseur plus élevée.

A noter que le R22 comme tous les autres HCFC (hydro chlorofluorocarbone) sont interdits à l'utilisation depuis 2010. Néanmoins, il est autorisé d'en utiliser de manière recyclée jusqu'en 2015.

3.5.1.5 CHOIX DU SYSTÈME POUR LE CHAUFFAGE

A. QUEL MODE DE FONCTIONNEMENT ?

Avant de choisir le type de pompe à chaleur, il faut se poser la question de savoir comment veut-on faire fonctionner la pompe à chaleur ?

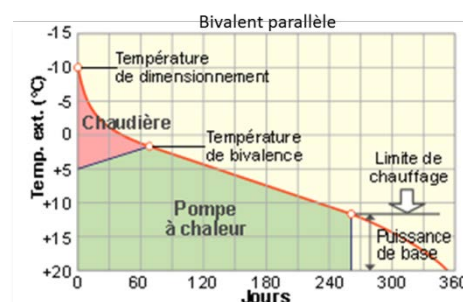
→ Fonctionnement monovalent, bivalent ou avec appoint électrique ?

Dans le cadre d'une piscine, un fonctionnement monovalent (la pompe à chaleur assure à elle toute seule le chauffage du bâtiment) risquerait de dégrader le COP en période hivernale car la différence de température entre la source froide et la source chaude est trop élevée. Ce type de fonctionnement sera préconisé pour des bâtiments basse énergie et travaillant à basse température.

L'appoint électrique n'est pas une bonne solution si l'on désire travailler de manière rationnelle. En effet, la performance énergétique de la pompe à chaleur risque d'être dégradée par l'utilisation d'une résistance électrique.

Le fonctionnement bivalent (fonctionnement de la pompe à chaleur avec un producteur de chaleur supplémentaire) semble donc être la solution la plus appropriée pour ce genre d'application.

En effet, afin de ne pas nuire au COP de la pompe à chaleur, une chaudière pourrait prendre le relais lorsque la température extérieure est trop basse.



SYSTÈMES

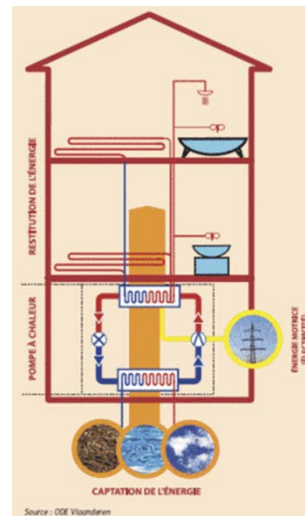
B. QUEL TYPE DE POMPE A CHALEUR ?

AIR – EAU

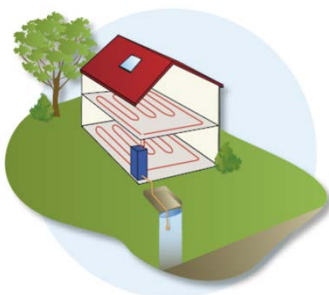
Les pompes à chaleur puisent leur énergie dans l'air extérieur et la restituent au circuit d'eau chaude.

Ces technologies de pompe à chaleur sont les plus répandues. Elles permettent de chauffer et de produire de l'eau chaude sanitaire. Leur COP saisonnier peut varier de 2,5 à 3,5. Ce COP dépendra bien entendu :

- De la qualité du dimensionnement ;
- De la qualité de l'installation ;
- Du type de bâtiment ;
- Du type de pompe à chaleur choisi (chauffage, ecs,...).



EAU – EAU



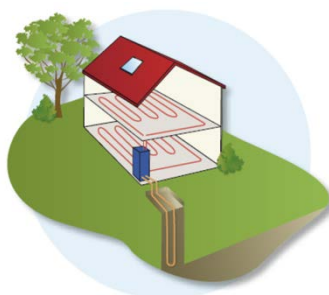
Les pompes à chaleur puisent leur énergie dans les rivières ou une nappe phréatique. Cette source est intéressante car sa température est plus stable que dans l'air. Leur COP saisonnier varie de 2 à 4,5...5 voire plus dans des conditions idéales.

En utilisant un système de géothermie profonde, le système récupère 1°C tous les 33 mètres de profondeur. Afin de limiter les coûts d'investissement, ce système doit donc travailler à très basse température !

Ces technologies sont néanmoins moins répandues car :

- ☹ Elles sont plus coûteuses ;
- ☹ Il faut faire attention à la qualité de l'eau, à la perméabilité de la nappe phréatique ;
- ☹ Besoin d'un permis.
- ☹ Elles demandent d'avoir un point d'eau à proximité et de creuser deux forages pour puiser l'énergie dans le sol et la restituer.

SOL – EAU



Cette technologie demande de travailler à très basse température. Par exemple, en utilisant un système de géothermie profonde, le système ne récupère qu'1°C tous les 33 mètres de profondeur.

L'inconvénient pour ce type de système est son coût principalement généré par le placement des sondes géothermiques.

L'avantage est que la chaleur du sol est constante durant toute l'année, ce qui permet au système de travailler de manière performante.

Le COP avoisine les valeurs citées pour la pompe à chaleur eau-eau.

3.5.1.6 DIMENSIONNEMENT

Nous l'avons brièvement évoqué précédemment, si le souhait est d'intégrer une pompe à chaleur pour chauffer la piscine, il faut tout d'abord réduire les besoins au maximum. La piscine étant un gros consommateur de chaleur, la pompe à chaleur devra obligatoirement fonctionner en bivalence.

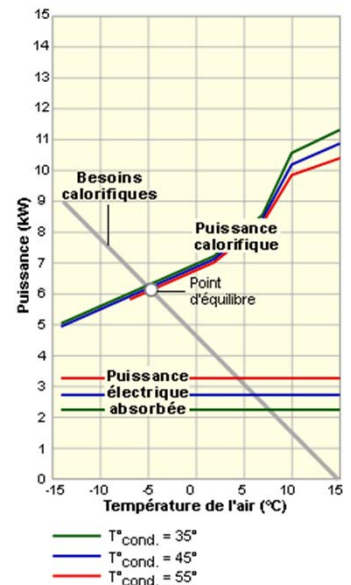
En effet, la puissance calorifique développée par la pompe à chaleur évolue en sens contraire de la demande de chaleur du bâtiment.

Il est conseillé de ne pas dimensionner la pompe à chaleur comme une chaudière (à une température d'environ -10°C).

Pourquoi ?

- Si elle est dimensionnée à 100 % des besoins, elle fonctionnerait durant de courtes périodes → performance réduite ;
- Une pompe à chaleur surdimensionnée engendrerait des coûts d'investissement plus élevés.

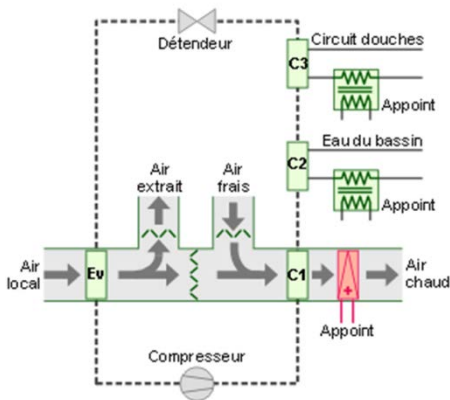
L'objectif sera donc d'étudier le point de fonctionnement optimal qui permettra de faire tourner la pompe à chaleur un maximum.



TYPE DE FONCTIONNEMENT	PRINCIPE	CARACTÉRISTIQUES
BIVALENT PARALLÈLE	<p>Bivalent parallèle</p>	<ul style="list-style-type: none"> → La PAC assure 50 à 60% des besoins calorifiques ; → La PAC assure 100% de chauffage jusqu'au point de bivalence ; → La chaudière apporte le supplément de chaleur sous le point de bivalence ; → Sur une saison de chauffe, la PAC peut raisonnablement assurer 80% des besoins.
BIVALENT ALTERNATIF	<p>Bivalent alternatif</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Sous le point de bivalence, la PAC est à l'arrêt et la chaudière prend le relais ; → La PAC est moins utilisée ; → La régulation est plus simple (pas de fonctionnement simultané).

3.5.1.7 DOMAINES D'APPLICATION POUR LES PISCINES

A. PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE



Produire de l'eau chaude sanitaire demande de travailler à haute température (60...70°C). La pompe à chaleur ne pourra pas à elle seule assurer la production. Il serait préférable de l'utiliser afin de préchauffer l'eau à une température de 35...45°C. Ceci dans le but de ne pas détériorer le COP. L'appoint peut alors être fourni par une deuxième source de chaleur (résistance électrique ou chaudière).

Les pompes à chaleur sont en pleine évolution. Actuellement, il existe des pompes à chaleur dites à haute température. L'objectif étant d'assurer à elle seule toute la production d'eau chaude. Mais attention, travailler à haute température avec une pompe à chaleur n'est pas optimal pour la performance de la machine car le compresseur sera plus sollicité. Le COP sera donc plus faible.

On pourrait penser également à préchauffer l'eau chaude sanitaire grâce au système de déshumidification de l'air dont nous avons parlé au point 3.3.6. Ce système pourrait fonctionner en mi-saison lorsque les besoins en chauffage sont moindres.

→ Il sera conseillé de choisir comme source froide un milieu déjà chargé en chaleur. Attention, cela ne veut pas dire qu'il faudra placer l'équipement dans un endroit chauffé !

B. CHAUFFAGE DE PISCINE

La température d'eau de renouvellement des bassins avoisine les 30°C. L'eau neuve qui est apportée au bassin doit être réchauffée. L'utilisation d'une pompe à chaleur est donc une solution envisageable.

Afin de ne pas démultiplier les équipements, il existe des systèmes dont la pompe à chaleur peut être utilisée en déshumidification ou en chauffage de piscine.

Il est alors possible de renouveler l'eau de la piscine grâce à ce principe lorsque le besoin en chauffage des bassins est relativement faible.

C. DÉSHUMIDIFICATION ET CHAUFFAGE

Nous l'avons déjà abordé dans le chapitre « Ventilation », la pompe à chaleur prend tout son sens dans le cadre d'une piscine. Dans certaines d'entre elles, on constate la présence d'un tel système utilisé principalement pour déshumidifier l'air du hall de piscine à son passage dans l'évaporateur (production de froid pour déshumidifier). La pompe à chaleur utilisée comme un groupe frigorifique doit donc pour cela évacuer de la chaleur pour que son cycle puisse recommencer. C'est cette chaleur appelée « chaleur de condensation » qui doit être récupérée pour que la pompe à chaleur soit utilisée de manière performante (exemple : utilisation de la chaleur de récupération pour préchauffer l'air neuf d'un groupe de ventilation).

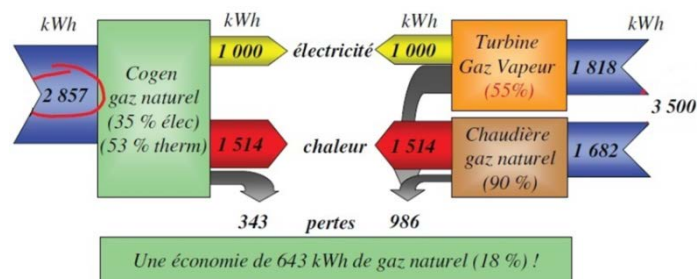
3.5.2 LA COGÉNÉRATION

3.5.2.1 GÉNÉRALITÉS



Le principe de la cogénération est de produire simultanément de l'énergie thermique et de l'énergie mécanique. Cette énergie mécanique est transformée en énergie électrique via un alternateur. L'énergie thermique provient quant à elle de la récupération de chaleur sur les fumées et sur le circuit de refroidissement du moteur.

L'intérêt de cette technique est l'obtention d'un rendement global plus élevé en comparaison avec une production séparée de chaleur et d'électricité.



3.5.2.2 UNE BONNE SOLUTION POUR LES PISCINES ?

Pour qu'une cogénération soit « rentable », il est indispensable que le temps de fonctionnement soit important (4000 à 5000 heures minimum). Pour cela, il est nécessaire que les besoins en eau chaude soient relativement importants.

Dans les piscines, ces besoins sont en effet importants et relativement constants toute l'année :

- Le chauffage du bâtiment à température élevée (22..28°C) ;
- Les besoins en énergie pour réchauffer l'air extérieur ;
- Les besoins en eau chaude sanitaire ;
- L'énergie nécessaire au chauffage de l'eau de piscine ;
- Les plages d'occupation sont très étendues.

En ce qui concerne l'électricité, les consommations sont également élevées. Le profil d'une piscine semble donc intéressant pour une cogénération.

A première vue, le recours à une unité de cogénération est tout à fait envisageable.

3.5.2.3 LES BESOINS

Afin d'avoir une cogénération dite de « qualité » qui permet de rentabiliser au maximum l'installation, il est important de connaître le besoin de chaleur de la piscine. Le besoin net de chaleur (BNeC) à déterminer correspond strictement au besoin utile pour la production d'eau chaude. Il faut donc déduire ce qui n'est pas consommé par les chaudières. Il faudra également déduire les pertes au niveau de la chaufferie (pertes par combustion et pertes à l'arrêt).

On signalera déjà maintenant qu'il est conseillé de réduire au plus les besoins (isolation de l'enveloppe, calorifugeage, meilleure régulation,...). Outre les économies réalisées par ces différentes actions, la cogénération à intégrer sera moins puissante et donc également moins coûteuse.

3.5.2.4 INTÉGRATION

A. HYDRAULIQUE

Une unité de cogénération ne peut pas être utilisée seule. Généralement, celle-ci s'insère dans le réseau de chauffage existant, ce pour des raisons techniques et économiques.

Son intégration relève de la plus haute importance. Elle sera en règle générale située sur le départ général de l'installation après les chaudières. L'objectif étant de prioriser le fonctionnement de la cogénération et d'utiliser les chaudières comme énergie supplémentaire.

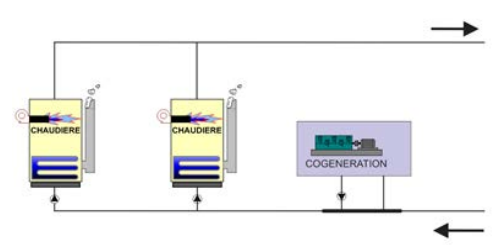
Cette technique n'a de sens que si elle fonctionne un nombre d'heures minimum. C'est pourquoi lors de l'étude, il faudra analyser certains paramètres comme :

- La température au retour de la cogénération. Elle ne doit pas être trop élevée, sinon le moteur ralentit et s'arrête, ni trop basse afin d'éviter les chocs thermiques :
 - Le rendement chute dû aux phénomènes de pompage du moteur ;
 - L'amortissement de l'installation est plus long car le temps de fonctionnement est plus faible que prévu.
- Les débits d'eau chaude. Si les circulateurs sont surdimensionnés, les débits seront plus élevés et la température au retour de l'installation risque d'être plus élevée que la normale ;

On distingue deux modes de raccordement de la cogénération sur un réseau hydraulique existant :

EN SÉRIE

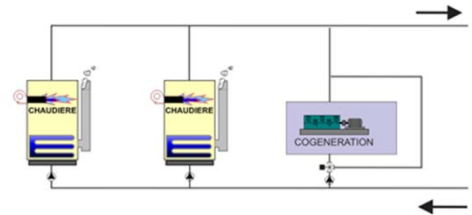
- 😊 Facilité du point de vue de l'intégration hydraulique ;
- 😊 La chaudière joue le rôle de stockage ;
- 😊 La priorité est donnée naturellement à la cogénération ;
- 😊 Régulation assez simple.



- ☹ Ce mode de fonctionnement convient moins à l'utilisation d'une chaudière à condensation. La température de retour est en effet généralement plus élevée (difficulté à condenser, rendement chaudière plus faible,...) ;
- ☹ Au moins une chaudière sera parcourue en permanence par de l'eau chaude même si elle est à l'arrêt (pertes à l'ambiance, à l'arrêt,...).

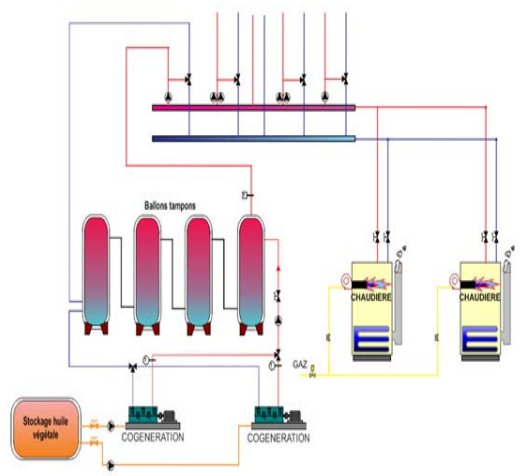
EN PARALLÈLE

- 😊 Possibilité d'isoler hydrauliquement les chaudières, celles-ci ne sont donc pas irriguées lorsqu'elles sont à l'arrêt.
- ☹️ La priorité à la cogénération dépend de la régulation et du branchement hydraulique.



EXEMPLE RENCONTRÉ DE MAUVAISE INTÉGRATION

Le cahier des charges doit bien spécifier l'emplacement de la cogénération dans un réseau existant. Ci-dessous, le schéma illustre un exemple à ne pas suivre (pourtant rencontré à plusieurs reprises dans des installations existantes).



Dans cet exemple qui a réellement été réalisé, on constate que la production d'eau chaude par les cogénérations est piquée au bout du collecteur. Ceci s'avère catastrophique pour le fonctionnement non seulement de la cogénération mais aussi de toute l'installation de chauffage. Ce raccordement hydraulique implique les problèmes suivants :

- Communication difficile entre les chaudières et les cogénérations ;
- D'où provient le débit qui traverse chaque circuit ?
- Problèmes de régulation (cascade,...).

La gestion de cette installation est par conséquent très laborieuse. Le système présente de nombreux problèmes au niveau de l'efficacité du système et de la régulation.

B. ÉLECTRIQUE

Afin de réinjecter une certaine quantité d'énergie sur le réseau électrique et donc avoir la possibilité d'obtenir des certificats verts, il faut veiller à placer toutes les protections nécessaires. Le dimensionnement de ces protections sera effectué sur base du RGIE.

GÉNÉRATRICE SYNCHRONE OU ASYNCHRONE ?

La génératrice synchrone se démarque souvent par le fait qu'elle peut fonctionner en groupe secours contrairement à la version asynchrone.

Le tableau (énergie +) ci-dessous récapitule les avantages et inconvénients des deux technologies :

TYPE DE GÉNÉRATRICE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
GÉNÉRATRICE ASYNCHRONE	Coût d'investissement faible ; Simplicité d'utilisation.	Pas de possibilité d'utiliser l'unité de cogénération comme groupe de secours ; Limitation de la puissance du groupe par rapport à la puissance de l'établissement (25 à 30 %) ; Nécessité de placer une batterie de condensateurs.
ALTERNATEUR SYNCHRONE	Possibilité d'utiliser l'unité de cogénération comme groupe de secours ; Solution adaptée à toutes les configurations techniques.	Coût d'investissement élevé ; Obligation d'auxiliaires électriques coûteux (synchroniseur, protection).

SYSTÈMES

3.5.2.5 QUEL TYPE DE COGÉNÉRATION CHOISIR ?

Le type de cogénération à utiliser sera principalement composé d'un moteur dont les plages de puissance correspondent mieux au profil d'une piscine.

Les modèles à turbine correspondent généralement à des processus industriels ou de grande ampleur.

On trouve différents types de moteurs (gaz, mazout, biodiesel et huile végétale). Ces combustibles se différencient par leur taux d'émission de CO₂ :

- Gaz : 279 kg CO₂/MWh ;
- Mazout : 340 kg CO₂/MWh ;
- Biodiesel : 80 kg CO₂/MWh ;
- Huile végétale pure : 65 kg CO₂/MWh.

L'avantage de travailler avec un combustible renouvelable est donc le très faible taux de CO₂ envoyé dans l'atmosphère. De plus, l'utilisation de ces sources engendre un impact plus important en ce qui concerne l'octroi de certificats verts (voir point 3.5.4.7).

3.5.2.6 DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'une cogénération relève de la plus haute importance. Si celle-ci est surdimensionnée, son fonctionnement ne sera pas optimal, ce qui induira les problèmes suivants :

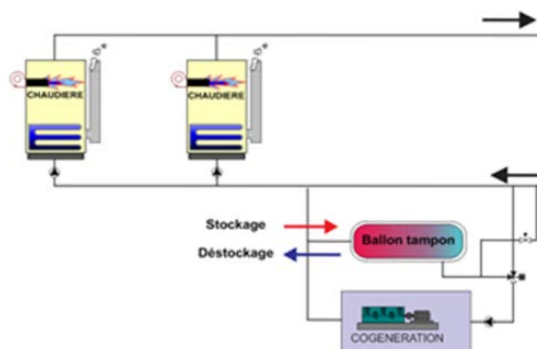
- Périodes de démarrage/arrêt du moteur néfaste pour son fonctionnement ;
- Un temps de fonctionnement annuel plus court qui aura comme conséquence une baisse des certificats verts prévus ;
- Une durée de vie plus courte du moteur.

Le but est de trouver les puissances thermiques et électriques optimums liées au projet. Pour cela, il est important de connaître le besoin en chaleur du bâtiment (BNeC) car c'est en fonction de celui-ci que la puissance de la cogénération sera calculée.

3.5.2.7 STOCKAGE

En théorie, si l'installation de cogénération a été dimensionnée correctement, un ballon de stockage n'est pas systématiquement nécessaire. Les avantages de ne pas utiliser de ballon de stockage sont les suivants :

- 😊 Gain de place ;
- 😊 Moins de pertes énergétiques ;
- 😊 Régulation plus facile ;
- 😊 Installation moins onéreuse.



Néanmoins, pour garantir un temps de fonctionnement maximal, il est possible de placer un ballon qui permettra de stocker de la chaleur lorsque la demande de chaleur est nulle. Ceci dans le but de récupérer un maximum de certificats verts.

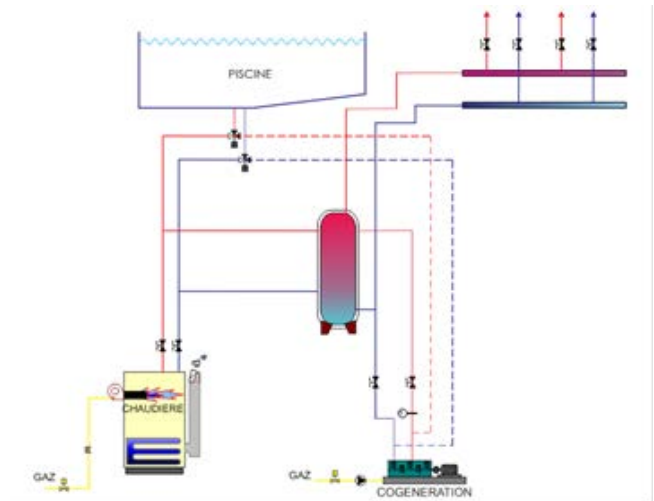
3.5.2.8 COGÉNÉRATION À CONDENSATION ?

Cette technique est encore peu répandue mais mérite d'être évoquée dans ce cas-ci. Comme pour une chaudière à condensation, la chaleur contenue dans les fumées est valorisable. Le but est donc de récupérer la chaleur latente résiduelle en plaçant un échangeur de chaleur. Dans ce cas, on peut espérer travailler avec des rendements globaux approchant les 100%.

→ Dans quel but cette solution peut-elle être intéressante dans une piscine ?

Pour pouvoir utiliser la chaleur de condensation, cela implique qu'en aval, il faut travailler à basse température. Une application dans le cas des piscines pourrait donc être de préchauffer l'eau de renouvellement des bassins.

Économiquement, l'intérêt de ce système permet de diminuer la consommation de combustible d'une part et d'augmenter la valeur des certificats verts d'autre part.



3.5.2.9 RÉGULATION

A. INSTALLATION DE CHAUFFAGE

Pour rappel, une installation de cogénération ne peut être utilisée comme seul appareil producteur de chauffage. Afin que l'entière de l'installation fonctionne de manière optimale, il est important qu'elle soit gérée par le même système de régulation. On rencontre parfois des systèmes de contrôle différents pour les chaudières et la cogénération, ce qui a pour conséquence de causer des problèmes vu qu'ils n'échangent pas d'informations.

Le principe de régulation optimal est de donner la priorité à la cogénération dans la cascade. Quand celle-ci n'est plus suffisante pour assurer les besoins de chaleur, les chaudières sont alors libérées.

Lorsque ce principe n'est pas respecté, voici les problèmes qui peuvent survenir :

- Sous-utilisation de la cogénération → mauvaise rentabilité ;
- Les chaudières ne communiquant pas avec la cogénération, elles fonctionneront par rapport à la demande générale du bâtiment → les chaudières et la cogénération produisent en même temps !

Afin d'avoir une gestion optimale des générateurs de chaleur, il est conseillé de travailler avec un système de régulation « Master ou Maître » qui assure la gestion de l'ensemble de l'installation. On préconisera également l'utilisation de compteurs d'énergie sur les différents générateurs ainsi que sur le départ général afin de permettre une bonne gestion des générateurs (gestion des puissances).

B. COGÉNÉRATION

On veillera à assurer une faible modulation du moteur. Pourquoi ?

- A 50% de modulation, le rendement électrique chute légèrement ;

SYSTÈMES

→ Le coût d'entretien dépend du temps de fonctionnement et ce coût entraîne une augmentation relative du prix du kWh si la charge diminue.

On attirera l'attention sur le fait de contrôler la température de retour de la cogénération. En effet, celle-ci ne doit pas être trop élevée afin que le moteur puisse être refroidi correctement.

3.5.2.10 ASPECT ÉCONOMIQUE

L'investissement d'une telle machine est plus coûteux qu'un autre producteur de chaleur. Le dimensionnement et le choix des équipements sont donc très importants. L'impact financier peut s'avérer catastrophique si la cogénération est surdimensionnée :

- ☹ Coût d'achat beaucoup plus élevé ;
- ☹ Durée de fonctionnement plus faible.
- ☹ Moins de certificats verts que prévu.

Pour des raisons économiques mais aussi mécaniques, il est préférable de privilégier un sous-dimensionnement si les données d'exploitation à disposition ne sont pas suffisantes.

Le graphique ci-contre illustre les différentes parties de l'investissement d'une cogénération.

Le gain annuel net suite à l'installation de la cogénération se répartit sur 3 niveaux :

- 😊 Les gains sur la consommation en électricité ;
- 😊 Les gains sur la consommation de chaleur ;
- 😊 Le gain sur les certificats verts.

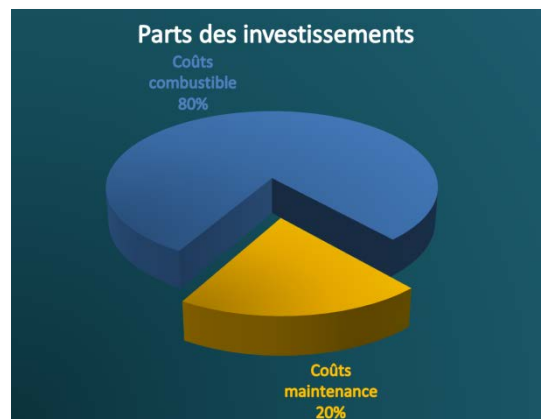
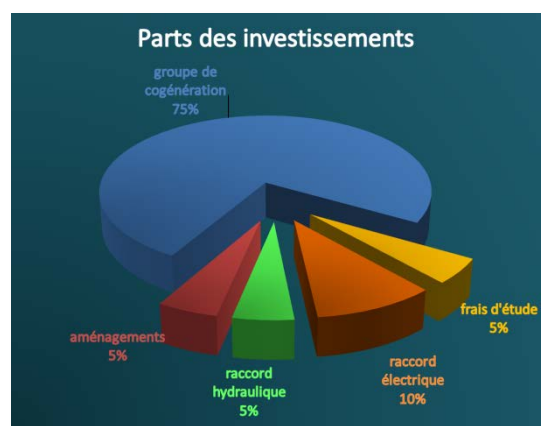
Pour ce dernier point, le nombre de certificats verts octroyé sera d'autant plus important que la différence d'émission de CO₂ entre la cogénération et les filières séparées est grande.

Il faut également tenir compte que lors de l'exploitation de la machine, il faudra faire face aux coûts d'entretien (fonction du nombre d'heures de fonctionnement de la machine) ainsi que de la dépense en combustible nécessaire pour faire tourner le moteur.

3.5.2.11 MAINTENANCE

La cogénération est équipée d'un moteur qui comme dans le cas d'une voiture doit subir des révisions. Afin de garantir un fonctionnement optimal, il est donc important de respecter consciencieusement les divers entretiens.

La durée de vie d'une unité de cogénération (type moteur) est de +/-100.000 heures, soit environ 11,5 ans si elle fonctionne en permanence toute l'année. Après cette période, le moteur devra être remplacé.



Durant cette période, afin de garantir un fonctionnement optimal, il est donc important de respecter consciencieusement les différentes opérations de maintenance. La nature et la fréquence des interventions sont définies par le constructeur. Le contrat de maintenance doit suivre ces prescriptions.

L'établissement d'un cahier des charges est important dans le cas d'une cogénération. Bien souvent, il existe des prix de maintenance au kWh ou plus fréquemment à l'heure de fonctionnement. On ne tient pas toujours compte des périphériques. Il est donc important de définir le contenu de la maintenance dans le contrat.

Lors de l'analyse concernant la rentabilité du projet, l'auteur de projet doit tenir compte des coûts d'entretien et de maintenance car ceux-ci ne sont pas négligeables.

SYSTÈMES

3.5.3 LE SOLAIRE THERMIQUE

3.5.3.1 GÉNÉRALITÉS

Les auteurs de projet se doivent d'envisager, pour chacun de leur projet, le recours à des sources d'énergie renouvelable. Dans ce cas-ci, la source est le soleil.

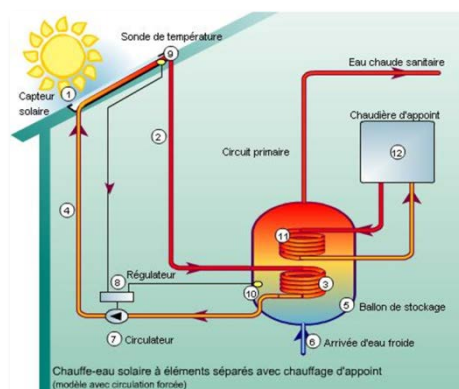
En Belgique, le rayonnement solaire est d'environ 1.000 kWh/m².an. Un capteur solaire thermique peut raisonnablement récupérer 40 à 60 % de cette énergie sous forme de chaleur.

À partir du 1^{er} juillet 2011, l'arrêté ministériel du 24 décembre 2010 entre en application et impose certains équipements pour les nouvelles installations solaires.

Principe de fonctionnement :

Une installation solaire thermique de production d'eau chaude est un système complet qui sert à préchauffer l'eau à partir du rayonnement solaire global. Ce système est constitué des éléments suivants :

- les capteurs solaires qui transforment le rayonnement solaire en chaleur ;
- le circuit primaire, qui relie les capteurs au(x) ballon(s) de stockage ;
- le ballon de stockage qui permet d'accumuler l'eau chaude produite pour l'utiliser en temps voulu ;
- les autres composants tels que circulateurs et le dispositif de régulation automatique, régulant le fonctionnement du système selon les conditions d'ensoleillement et la demande en eau chaude ;
- une source d'énergie d'appoint, qui porte l'eau préchauffée à la température souhaitée, quelles que soient les conditions d'ensoleillement.



3.5.3.2 UNE BONNE SOLUTION POUR LES PISCINES ?

Les besoins en eau chaude sont particulièrement élevés dans les piscines.

On trouve, principalement :

- L'eau chaude sanitaire pour les douches et éviers ;
- L'eau chaude pour les bassins.

Ce dernier point est plus spécifique aux piscines. Il convient à l'auteur de projet d'analyser la possibilité de chauffer l'eau de piscine par l'installation solaire.

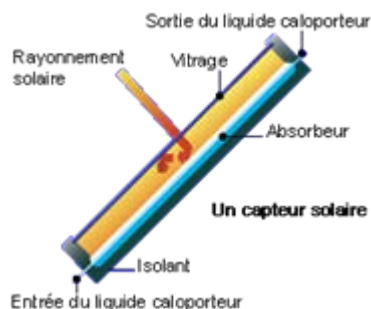
Sans effectuer d'ingénierie calculs, on se rend bien compte que ce type d'installation fonctionnera de manière optimale si la piscine est ouverte en été. Il faudra donc se poser cette question avant d'aller plus loin dans le projet. (Par exemple, cas des piscines scolaires qui ne sont pas occupées en été).

On analysera donc au cas par cas sur base d'une simulation si les panneaux solaires thermiques sont une opération intéressante du point de vue énergétique et économique pour le maître d'ouvrage.

3.5.3.3 LES CAPTEURS

Les capteurs ont pour but de transformer le rayonnement solaire en chaleur. Il existe deux grandes familles de capteurs :

A. CAPTEUR PLAN



Le plus répandu dans nos régions est le capteur plan vitré. Il est constitué d'un cadre métallique constitué d'une couverture transparente, un système de transfert de la chaleur et une isolation thermique.

L'isolant thermique joue un rôle important. Il permet de limiter les déperditions vers l'extérieur du panneau.

Le choix de l'isolant est important. En effet, en cas d'arrêt du fluide caloporteur en été, la température du capteur peut être élevée, ce qui peut engendrer une détérioration de l'isolant.

Les avantages des capteurs plans sont les suivants :

- 😊 Coût d'achat plus faible que les autres types de capteurs ;
- 😊 Efficace lorsque l'inclinaison et l'orientation de la toiture sont optimales.

B. CAPTEUR SOUS-VIDE

Dans ce cas-ci, l'isolation des capteurs est réalisée par le vide. Ces capteurs sont constitués des éléments suivants :

- Un tube en verre dans lequel on effectue le vide d'air ;
- Un absorbeur ;
- Des tubes qui permettent d'évacuer la chaleur.



De par sa forme et sa conception, cette technologie permet d'absorber un maximum de rayonnement solaire.

Les avantages des tubes "sous-vide" sont les suivants :

- 😊 Meilleure isolation par rapport à l'extérieur grâce au vide d'air dans le tube ;
- 😊 Solution pour des bâtiments dont l'orientation des versants n'est pas optimale ;
- 😊 En cas de bri, il faut simplement remplacer le tube et non le capteur entier ;
- 😊 Pas de contrainte mécanique sur les tubes ;
- 😊 Simplicité de montage.

C. QUEL TYPE DE CAPTEUR CHOISIR POUR LES PISCINES ?

Le schéma ci-contre nous renseigne quant aux rendements que l'on peut attendre des différentes technologies de capteurs en fonction de l'écart entre la température du capteur et la température ambiante.

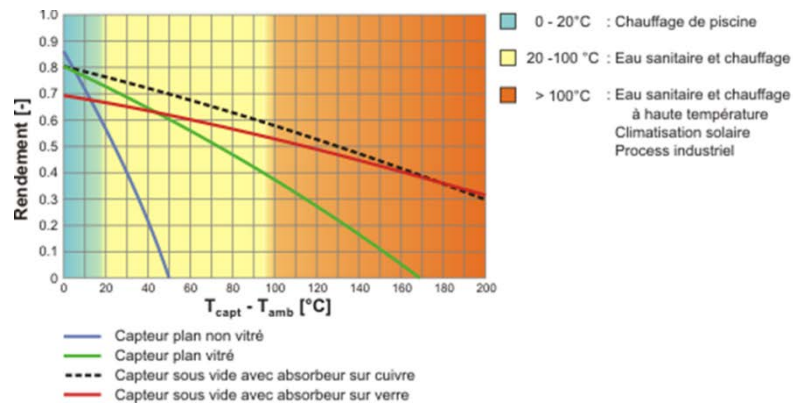
On constate que les capteurs plans vitrés ont de meilleurs rendements lorsque le delta T° est inférieur à 40°C du fait de leur bon rendement optique (rendement maximal quand T° ambiante = T° capteur).

Au-dessus de ce delta T°, les capteurs sous-vide sont plus performants. En effet, leur isolation par le vide leur permet de réduire un maximum les pertes d'énergie vers l'extérieur.

Dans le cadre d'une piscine, afin de choisir le type de capteur idéal, on se posera la question de savoir ce que l'on désire alimenter à partir de ces capteurs :

- L'eau chaude sanitaire ?
- L'eau de renouvellement des bassins ?
- Combinaison du chauffage de l'eau chaude sanitaire et de l'eau de renouvellement des bassins ?

Le schéma nous indique que des capteurs plans non vitrés correspondent au chauffage d'une piscine. Il est important de signaler que cette technologie sera principalement utilisée pour des piscines extérieures dont l'utilisation n'est faite qu'en haute saison et dont les delta T° sont relativement faibles.



3.5.3.4 L'IMPLANTATION DES CAPTEURS

A. TYPE DE TOITURE ET STABILITÉ

Lors de l'étude, il faut être attentif à la structure de la toiture. En effet, c'est un point primordial à aborder avant d'aller plus loin dans le projet :

- La toiture est-elle capable de supporter la charge des panneaux ?
- La toiture est-elle toujours en bon état ?
- A-t-on l'intention de la rénover ?

Si la toiture n'est pas isolée, l'auteur de projet proposera au maître d'ouvrage d'envisager l'isolation de la toiture avant le placement des panneaux et ce, pour deux raisons :

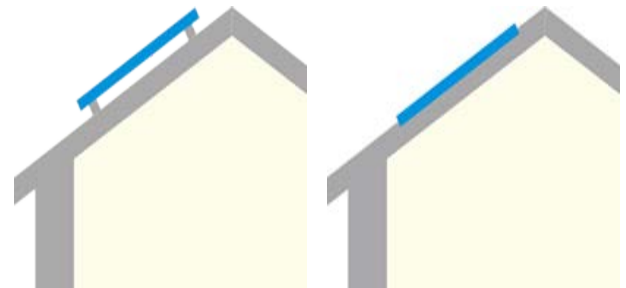
- L'isolation de la toiture est dans la plupart des cas, la solution la moins onéreuse et la moins contraignante en comparaison avec l'isolation de murs extérieurs ou des sols ;
- Une fois les panneaux installés, l'isolation de la toiture est plus compliquée (démontage et remontage des panneaux,...).

TOITURE INCLINÉE

On distingue deux possibilités de montage :

- En superposition ;
- En intégration.

Dans le cadre d'une nouvelle construction de piscines ou de rénovation de toiture, il est envisageable de recourir au système d'intégration directe dans la toiture.



Par contre, dans le cadre d'un bâtiment existant, on conseillera le placement en superposition et ceci pour des questions de budget.

TOITURE PLATE

Dans ce cadre-ci, la mission de l'auteur de projet prend toute son importance. En effet, il se doit de choisir la position, l'inclinaison et l'orientation optimale afin de rendre l'installation la plus performante possible. Des profilés métalliques seront utilisés afin de permettre une inclinaison des panneaux.

Lors de la pose en toiture plate, on attirera l'attention sur les points suivants :

- Préservation de l'étanchéité de la toiture ;
- Limitation de la prise au vent ;

Pour ces deux types de toiture, il est important de tenir compte de la stabilité structurelle de la toiture pour le placement des panneaux.

B. ORIENTATION ET INCLINAISON

Idéalement, la surface de captage devrait être orientée autant que possible perpendiculairement aux rayons du soleil. La position de la terre variant continuellement par rapport au soleil, il faut déterminer la position idéale afin d'exploiter au mieux l'énergie solaire.

Le schéma ci-contre indique le rendement solaire en fonction de l'orientation et de l'inclinaison des capteurs :

On constate qu'une orientation plein sud avec une inclinaison de 30°C (1.000 kWh/m².an) permet de maximiser les apports solaires.

Un tel angle d'inclinaison ne permet toutefois pas un rendement optimum de l'installation solaire car en été, il existera une telle surabondance d'énergie solaire que tout ne pourra être récupéré.

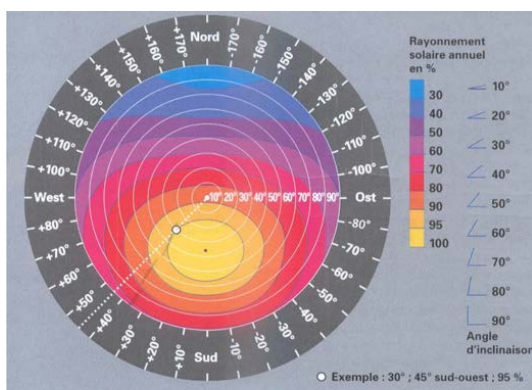


Fig. 4 : Influence de l'orientation, de l'inclinaison et de l'ombrage sur l'énergie rayonnée

Une inclinaison un peu plus marquée permettrait alors de capter un peu moins en été mais beaucoup plus aux-entre-saisons, ce qui améliore le rendement solaire.

Sur base de la fréquentation annuelle de la piscine et de l'utilisation des douches, l'auteur de projet choisira une inclinaison optimale qui permettra de maximiser les apports solaires, ceci dans le but d'obtenir la meilleure fraction solaire possible sans pour autant réduire le rendement de l'installation (voir point 3.5.3.7).

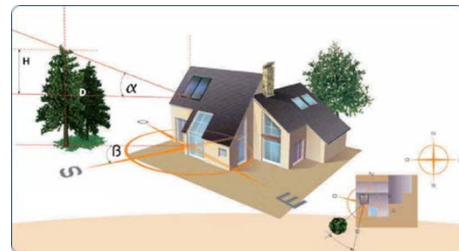
En ce qui concerne les piscines extérieures, on optera pour une inclinaison de 30° (optimale pour une utilisation qui n'est faite que durant l'été).

SYSTÈMES

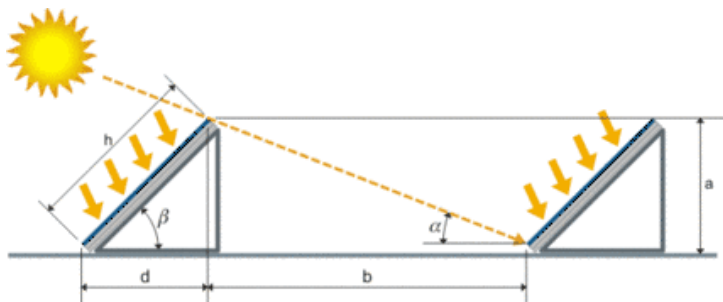
C. OMBRAGE

L'ombrage sur les panneaux contribue également à diminuer leur efficacité. Si les panneaux ne reçoivent pas le rayonnement désiré, l'apport solaire devra être compensé par un appoint qui est de nature fossile :

- ☹ Coûts d'exploitations plus chers ;
- ☹ Plus de rejets de CO₂ dans l'atmosphère.



source: climamaison.com



Dans le cadre de l'étude, les obstacles environnants seront analysés en vue de déterminer leur influence sur les capteurs. On définit ainsi le masque solaire.

Dans le cadre d'une toiture plate, il faudra veiller à garder une distance entre les panneaux (entraxe)

$$\text{Entraxe} = d + b = h (\cos \beta + \sin \beta / \tan \alpha)$$

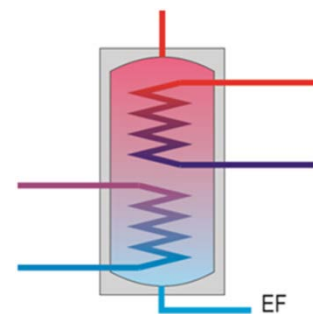
Où

- h = dimension du capteur ;
- α = hauteur solaire minimum (généralement prise le 21 décembre soit un angle de 16°) ;
- β = inclinaison des capteurs.

3.5.3.5 LE STOCKAGE

Le stockage de l'énergie solaire permet de pallier le caractère continu de l'énergie solaire.

Le volume du ballon ne doit pas être trop petit afin de profiter au maximum des apports solaires mais ne doit pas être trop volumineux afin que les capteurs puissent amener le ballon à la température désirée, sans quoi l'appoint sera nécessaire.

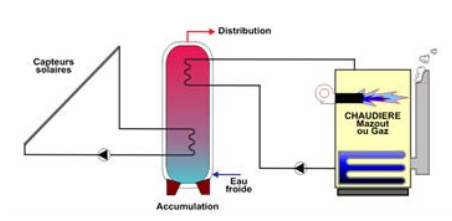


→ Il est important de respecter une stratification thermique dans le réservoir solaire, et ce pour deux raisons :

- La température est plus élevée dans le haut du ballon → diminution de l'utilisation de l'énergie d'appoint ;
- La température dans le bas du ballon est plus basse, ce qui est optimal pour le rendement des capteurs.

Pour cela, le ballon doit être le plus étroit et le plus haut possible. Un rapport hauteur/diamètre de 2 à 2,5 est recommandé.

3.5.3.6 LE SYSTÈME D'APPOINT

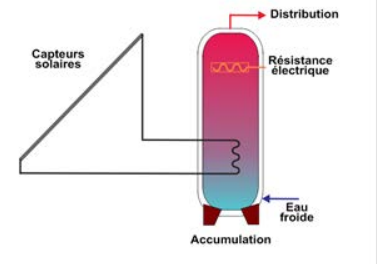


Un système d'appoint sera nécessaire afin de garantir une température constante dans le ballon. D'un point de vue énergétique, l'objectif est de se passer totalement de l'appoint lorsque les besoins de chauffage sont nuls.

L'appoint énergétique s'effectuera dans le haut du ballon afin d'apporter l'énergie

restante nécessaire.

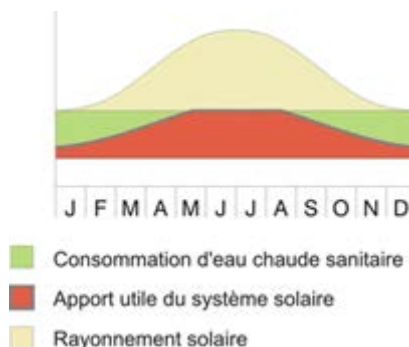
Dans le cadre de piscines, le surplus d'énergie sera principalement assuré par une ou plusieurs chaudières. Il faudra bien veiller à ce que l'échangeur se situe dans la partie supérieure du ballon.



→ Il existe également la possibilité de travailler avec une résistance électrique dans le ballon comme appoint de chaleur. Ceci a pour avantage de décentraliser la production d'ECS du chauffage. Mais attention, il faut tenir compte que le recours à de l'énergie électrique n'est pas avantageuse d'un point de vue économique et environnemental. De plus, les puissances mises en jeu dans une piscine étant élevées, le gain énergétique avec le solaire risque d'être réduit à néant avec la résistance électrique.

3.5.3.7 DIMENSIONNEMENT

A. QUELS SONT LES BESOINS ?



Nous l'avons déjà évoqué brièvement, les besoins d'eau chaude dans une piscine sont élevés (eau chaude sanitaire + eau des bassins).

Au vu du schéma ci-contre, on peut admettre que l'installation d'un système solaire aura beaucoup plus d'intérêt si un besoin important en eau chaude est présent en été.

B. INFLUENCE DE LA COUVERTURE SOLAIRE

La couverture solaire représente le rapport entre l'énergie utile fournie par l'installation solaire et l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau.

Le but est donc de la maximiser au plus ! Mais attention, l'augmentation de la couverture solaire contribue à diminuer le taux d'utilisation des capteurs solaires.

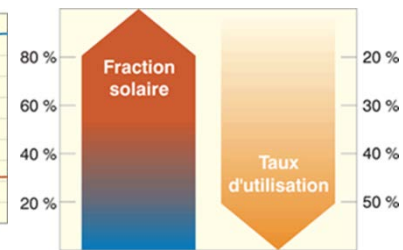
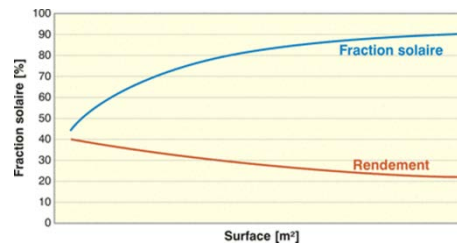
Exemple

Si une installation est dimensionnée de telle sorte qu'elle produise une certaine quantité d'eau chaude lors des jours de faible luminosité, la surface à recouvrir risque donc d'être importante. En hiver, l'installation sera utilisée de manière optimale. Par contre, en été, la température du ballon sera atteinte beaucoup plus vite. Quand le ballon est chargé, les capteurs ne travaillent plus alors que le rendement solaire est maximal !

SYSTÈMES

Conclusions

- Plus la fraction solaire est élevée, plus le taux d'utilisation des capteurs est faible ;
- Taux d'utilisation réduit = production surfacique réduite.
- Au plus la fraction solaire est grande, au plus le rendement global de l'installation est faible.



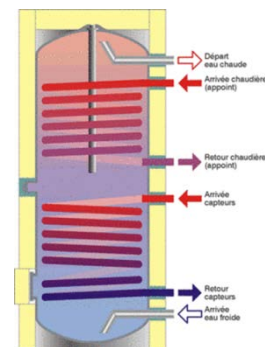
→ Dans le cas d'une piscine, l'avantage est que l'utilisation d'eau chaude est importante et régulière tout au long de l'année. Afin d'augmenter le taux d'utilisation des capteurs, l'auteur de projet analysera la possibilité de préchauffer l'eau de renouvellement des bassins.

C. VOLUME DU STOCKAGE

Le volume de stockage de l'eau chaude sanitaire doit correspondre à la surface des capteurs installée. En effet, on considère généralement qu'1 m² de capteurs correspond au stockage de 50 litres d'eau. Si on prévoit un ballon trop petit, le problème est que l'on sous utilisera la production des capteurs.

En surdimensionnant le volume, on fera appel plus souvent à l'énergie d'appoint afin de garantir une température minimum dans le ballon.

Il faudra donc trouver un compromis entre les deux situations.



3.5.3.8 RÉGULATION

Afin que l'installation fonctionne de manière optimale, son fonctionnement sera basé sur un système de régulation différentielle.

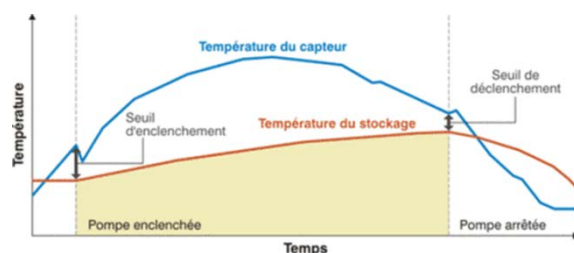
Les mesures de température seront effectuées :

- A la sortie des capteurs ;
- Dans le ballon ;
- Au retour (côté chaudière).

La régulation devra être adaptée de sorte que l'énergie thermique soit valorisée au mieux. Pour ce faire, la régulation analysera si la température au niveau des capteurs est suffisante pour permettre le chauffage du ballon. La chaudière doit pouvoir assurer l'apport de chaleur complémentaire.

L'objectif est donc de trouver les deltas de température afin d'optimiser l'énergie solaire récoltée. Ce réglage dépendra :

- De la configuration de l'installation ;
- Des pertes en ligne.



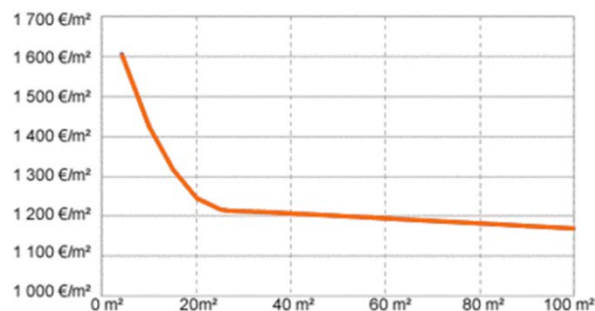
3.5.3.9 ASPECT ÉCONOMIQUE

Le coût de l'installation solaire dépend de plusieurs paramètres tels que le mode d'intégration, l'emplacement des équipements (boucle sanitaire qui sera plus ou moins longue), la structure de la toiture (doit-on la renforcer ?).

Dans le cadre d'une piscine où les surfaces à installer sont élevées, le coût de l'installation au m² sera moins onéreux.

Economiquement, une installation solaire dans une piscine est plus intéressante qu'un chauffe-eau solaire de plus petite taille. Nous l'avons déjà évoqué, le taux d'utilisation de cette énergie solaire est plus élevée et plus constante tout au long de l'année.

Coût unitaire du chauffe-eau solaire
(capteurs + stockage + raccordement de l'appoint).



→ Plus la consommation d'eau chaude est élevée → plus l'installation solaire est grande → plus l'installation est rentable.

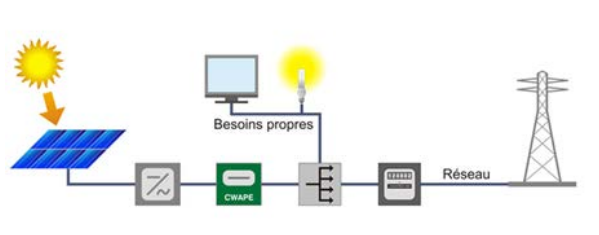
3.5.4 LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

3.5.4.1 GÉNÉRALITÉS

Une installation solaire photovoltaïque de production d'électricité est un système complet qui permet de produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire global. Ce système est constitué des éléments suivants :

- Les modules solaires qui transforment le rayonnement solaire en électricité ;
- L'onduleur, qui convertit le courant continu produit en courant alternatif 50 Hz ;
- Le compteur de production qui enregistre le total de la production et qui permet l'octroi de certificats verts ;
- Le compteur de consommation et le réseau public auquel l'installation photovoltaïque est reliée.

En Belgique, chaque mètre carré au sol reçoit environ 1.000 kWh de rayonnement par an. Un capteur solaire photovoltaïque peut raisonnablement récupérer de 10 à 20 % de cette énergie sous forme d'électricité.

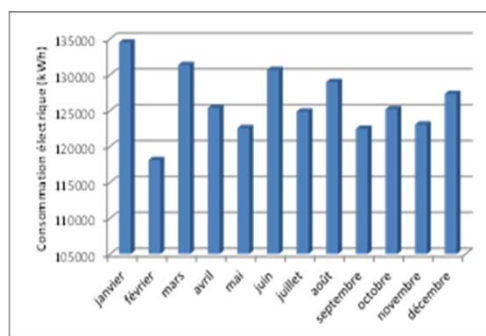


3.5.4.2 UNE BONNE SOLUTION POUR LES PISCINES ?

Le placement d'une installation photovoltaïque est tout à fait envisageable dans le cas d'une piscine. En effet, les consommations électriques dans ce type de bâtiment sont assez élevées. Dans la plupart des cas, on analysera alors la possibilité de placer la plus grande surface possible.

Le placement d'une installation photovoltaïque est tout à fait envisageable dans le cas d'une piscine. En effet, les consommations électriques dans ce type de bâtiment sont assez élevées.

Lors de la conception d'une piscine, on analysera la possibilité de travailler avec une pompe à chaleur qui serait par exemple alimentée par l'installation photovoltaïque, ceci dans le but d'être le plus autonome possible en énergie. Il faudra dès lors penser à concevoir un bâtiment basse énergie afin que la surface à recouvrir puisse combler une bonne partie des besoins de chauffage et électriques. On constate tout de suite que les surfaces à recouvrir doivent être importantes → à étudier au cas par cas.



Consommation électrique d'une piscine échantillon

3.5.4.3 LES CAPTEURS

Sur le marché actuel, on rencontre principalement 3 types de capteurs différents. Les capteurs polycristallins, les capteurs monocristallins et les couches minces.

TYPE DE CAPTEUR	RENDEMENT	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
CAPTEUR POLYCRISTALLIN	11...15 %	⊕ Rapport qualité/prix intéressant ; ⊕ Moins cher que les panneaux monocristallins.	⊕ Rendement faible sous éclairage réduit ; ⊕ Rendement ≤ monocristallin.
CAPTEUR MONOCRISTALLIN	12...20 %	⊕ Rendement correct ; ⊕ Convient si orientation pas optimale et surface faible.	⊕ Rendement faible sous éclairage réduit ; ⊕ Coûts.
COUCHES MINCES	...12 %...	⊕ Convient si éclairage faible, t° élevée ; ⊕ Coûts financiers et environnementaux.	⊕ Rendement (mais évolution vers rdt plus élevé).

Les piscines sont des complexes dont les formes de toiture peuvent être parfois incurvées.

L'avantage des couches minces est la possibilité d'avoir des applications en panneaux souples qui épousent donc parfaitement la courbure de la toiture.

- 😊 Pas de fixations à prévoir ;
- 😊 Pas de surcharge au niveau de la toiture ;
- 😊 Possibilité de profiter de toute la surface disponible (important surtout avec cette technologie).

3.5.4.4 INFLUENCES SUR LE RENDEMENT DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

A. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

On attirera l'attention sur l'importance de la ventilation des panneaux. En effet, un panneau mal ventilé est sujet à des hausses de températures qui sont très néfastes pour le rendement de l'installation.

Quand on intègre des panneaux en toiture, il est donc conseillé de prévoir un espace permettant au panneau de se refroidir correctement.

B. INFLUENCE DE LA LUMINOSITÉ

L'irradiation maximale que peut recevoir 1 m² de surface est de 1.000 W. Cette valeur dépend donc principalement des conditions climatiques.

La luminosité influence l'intensité du courant circulant dans les modules.

Si l'intensité lumineuse diminue, la puissance délivrée par le capteur diminue aussi. Par temps couvert, la puissance peut être 4 à 5 fois moindre.

Au vu de ce constat, on se posera déjà la question de savoir si de l'ombre sur les capteurs influence fortement la productivité.

SYSTÈMES

3.5.4.5 L'IMPLANTATION DES CAPTEURS

A. ORIENTATION ET INCLINAISON

Contrairement au solaire thermique, l'énergie n'est ici pas stockée. Elle est réinjectée sur le réseau lorsqu'elle n'est pas consommée. On a donc tout intérêt à orienter et incliner les panneaux au mieux.

		inclinaison par rapport à l'horizontale (°)						
		0	15	25	35	50	70	90
orientation	est	88%	87%	85%	83%	77%	65%	50%
	sud-est	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	sud	88%	96%	99%	max 100%	98%	87%	68%
	sud-ouest	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	ouest	88%	87%	85%	82%	76%	65%	50%

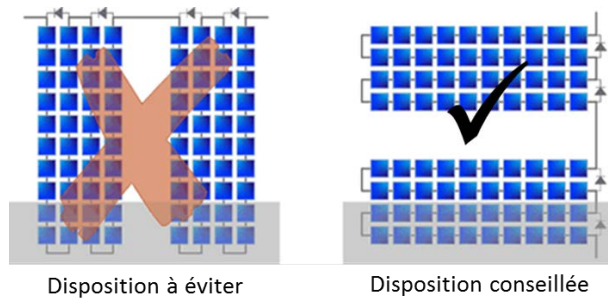
On privilégiera donc une orientation sud avec une inclinaison comprise entre 25 et 35° quand c'est possible.

Nb : dans le cas qui nous occupe, il n'y a pas d'intérêt à stocker l'énergie électrique dans des batteries car le réseau électrique de distribution est existant.

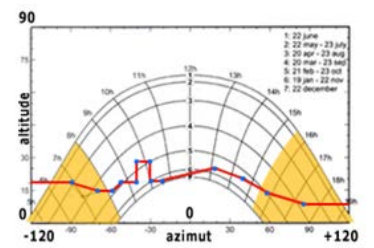
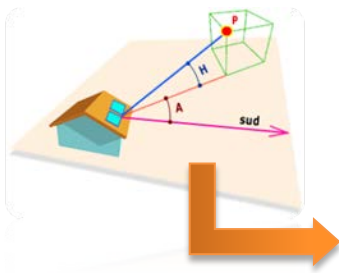
B. OMBRAGE

On évitera autant que possible la présence d'ombres sur les panneaux. En effet, une ombre perçue sur un seul panneau peut contribuer à diminuer considérablement la puissance totale développée par l'installation.

Si une ombre est inévitable, on disposera les panneaux de façon à générer le moins de pertes. Ceci est réalisé à l'aide de diodes by-pass qui permettent comme son nom l'indique de by-passer la zone ombrée.



Afin d'opter pour le meilleur emplacement possible, il est nécessaire d'effectuer un relevé de masques d'ombres.



3.5.4.6 DIMENSIONNEMENT

A. QUELLE PUISSANCE INSTALLER ?

- La puissance dépend de plusieurs critères :
- Budget du maître de l'ouvrage ;
- Superficie disponible ;
- Orientation, inclinaison ;
- Ombrage ;
- Choix du type de capteurs (mono cristallin, poly cristallin ou couches minces).

Quand la puissance à installer est déterminée, on effectuera un calcul de productivité annuelle afin de savoir si réellement l'installation est intéressante.

$$E = P_c \times 850 \text{ kWh/an} \times a$$

Avec :

- PC = Puissance crête ;
- 850 kWh/an = Energie produite par 1 kWc en plein sud à 35° ;
- a = facteur de correction tenant compte de l'inclinaison et de l'orientation.

On attirera l'attention sur le fait que le gestionnaire imposera le placement de deux compteurs distincts pour des systèmes photovoltaïques de plus de 10 KVA (soit ± 80 m²). Ce sera donc généralement le cas pour les piscines dont les surfaces de toitures disponibles sont importantes.

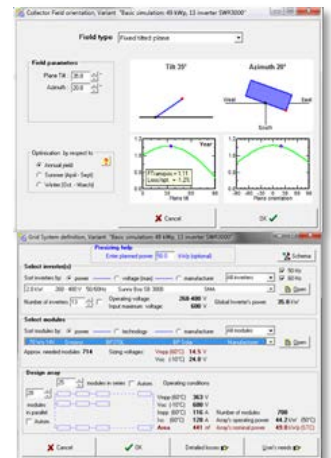
B. ONDULEUR

L'onduleur permet de transformer l'électricité continue provenant des capteurs en énergie alternative afin d'être réinjectée sur le réseau ou utilisable par les principaux équipements consommateurs.

Le dimensionnement de l'onduleur relève de la plus haute importance :

- Sa puissance doit correspondre à la puissance crête de l'installation photovoltaïque ;
- Il faudra aussi vérifier que le nombre de capteurs placés en série ne dépasse pas la tension maximale admise par l'onduleur sous peine d'endommager celui-ci ;

L'emplacement de l'onduleur est un point primordial. En effet, celui-ci, de par ses nombreux composants électroniques, est très sensible à la chaleur. L'objectif est donc de trouver un endroit assez bien ventilé.



3.5.4.7 ASPECT ÉCONOMIQUE

Outre les avantages liés au gain effectué sur l'électricité, la production d'énergie électrique par l'utilisation de panneaux photovoltaïques donne droit à des certificats verts.

SYSTÈMES

Ceux-ci sont octroyés de la manière suivante :

PUISSANCE INSTALLÉE	OCTROI DE CV	MIN (CV à 65 €)	MAX (CV à 100 €)
MOINS DE 5 kWc	7 CV/MWh	0,455 €/kWh	0,70 €/kWh
ENTRE 5 ET 10 kWc	5 CV/MWh	0,325 €/kWh	0,50 €/kWh
ENTRE 10 ET 250 kWc	4 CV/MWh	0,260 €/kWh	0,40 €/kWh
PLUS DE 250 kWc	1 CV/MWh	0,065 €/kWh	0,15 €/kWh*

* SI 1 CV CORRESPOND À LA PRODUCTION DE 1 MWh, IL PEUT ÊTRE REVENDU À ELIA (GRT) PENDANT LES 10 PREMIÈRES ANNÉES AU PRIX GARANTI DE 150 €

Les certificats verts conditionnent fortement la rentabilité du projet photovoltaïque.

Nb: le tableau ci-dessus est donné à titre d'information. Le prix d'achat et l'octroi des certificats verts pourraient en effet varier en fonction des prix du marché.

3.5.4.8 MAINTENANCE

La maintenance est très limitée. Le nettoyage périodique est cependant conseillé. Un des avantages est la facilité d'analyser la consommation électrique, l'exploitant pourra vite se rendre compte si un problème existe.

3.6 LA RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

3.6.1 LES COUVERTURES THERMIQUES

3.6.1.1 GÉNÉRALITÉS

La question que certains pourraient se poser est pourquoi s'encombrer d'une couverture thermique ? Elle nécessite un espace pour son stockage, un système de mise en place, un entretien supplémentaire... La réponse à cette question est évidente. En effet, dans une piscine, les pertes sont importantes. On pense naturellement aux pertes de chaleur au niveau de l'ambiance et du bassin de natation. Il faut cependant également tenir compte de l'évaporation qui a lieu à la surface de ce bassin.

Pour une piscine inoccupée, dans un local où la vitesse de l'air est quasi nulle, le taux d'évaporation journalier peut se révéler très important. Par exemple, pour une température d'eau de vingt-sept degrés, une température d'air de vingt-quatre degrés et un taux d'humidité relative de cinquante pourcent, le débit d'évaporation peut atteindre 0,15 litres par heure et par mètre carré (suivant la formule empirique ci-dessous et le diagramme de MOLLIER).

Évaporation du plan d'eau calme (sans nageurs) avec une vitesse de soufflage d'air en direction de la surface < 0,2 m/s

$$W = \varepsilon \cdot [p_s - p_d]$$

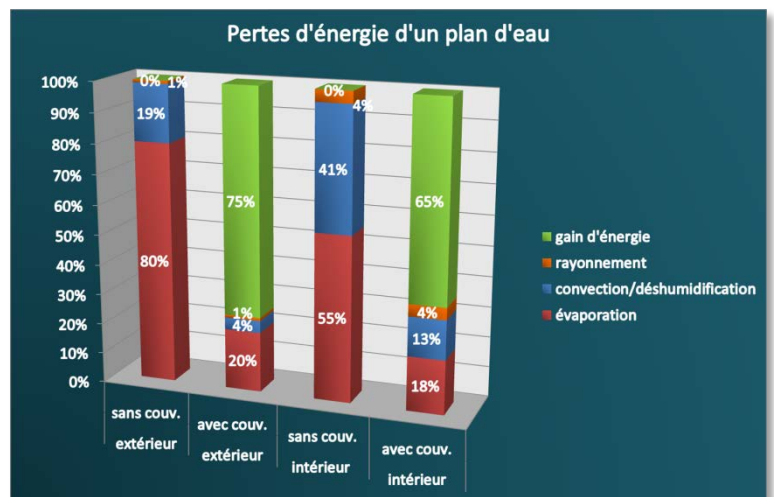
- W = taux d'évaporation du plan d'eau en kg/h m²
- p_s = pression de vapeur à saturation prise à la température de la surface de l'eau (kPa)
- p_d = pression de vapeur au point de rosée selon la température de l'air ambiant (kPa)
- ε = facteur total d'évaporation (varie selon le type de piscine et l'occupation de 0,5 pour une piscine couverte, de 5 pour un bassin inoccupé à 35 pour un bassin à vagues)

Suivant cette formule, dans le cas d'une piscine, on constate que le volume varie de 1,5 de 3,6 litres par jour et par mètre carré, selon les conditions, soit une diminution quotidienne de la hauteur d'eau de 1,5 à 3,6 millimètres par m².

L'utilisation d'une couverture thermique permet dès lors une économie d'énergie non négligeable. Ce gain s'effectue sur la diminution des pertes par évaporation et des pertes thermiques. Il faut ajouter à cela l'arrêt d'une partie de la ventilation et de la déshumidification durant les heures d'inoccupation. De plus, réduire l'évaporation permet de diminuer les

besoins en eau d'appoint. Par conséquent, les besoins en chauffage diminuent (l'eau d'appoint nécessitant un chauffage préalable). Les besoins en produits et process de traitements d'eau diminuent également.

Le graphique ci-contre illustre les pertes par évaporation, par ventilation et par rayonnement et le gain possible entre une piscine non couverte et une piscine couverte pour une configuration intérieure et extérieure. On remarque rapidement l'intérêt de couvrir l'ensemble du bassin durant la période d'inoccupation.



SYSTÈMES

Pour illustrer ces économies, prenons l'exemple d'un bassin de natation d'une superficie de plus ou moins 300 m². Une partie de la consommation énergétique de la piscine provient de la ventilation, de la déshumidification et du chauffage de l'eau, nécessaires suite à l'évaporation de l'eau. Si les hypothèses suivantes sont considérées :

- Température et humidité extérieure moyenne ;
- Bâtiment étanche à l'air ;
- Occupation réduite ;
- Conditions de l'air dans la piscine : 30 °C / 0,014 kg/kg (54 % Hr).

On peut estimer la perte d'eau par évaporation à plus ou moins trente litres par heure, soit par nuit plus ou moins trois-cents litres d'eau. Sur une année, cela représente l'équivalent de cent m³ d'eau. Si un litre d'eau représente une énergie totale d'environ 5.109 kJ, le chauffage ne représente que 2 % de cette énergie. L'essentiel provient, en effet, de la chaleur d'évaporation (49 %) et des pertes de ventilation par déshumidification (49 %). Soit pour le volume évaporé, une énergie de totale de 145.000 kWh.

Si une couverture thermique est utilisée, l'économie en eau peut atteindre pour cette piscine une économie de près de septante m³. Ceux-ci représentent l'équivalent d'une économie de plus ou moins 100.000 kWh par an.

Dès lors, l'utilisation d'une couverture thermique pour les piscines s'accorde parfaitement avec une logique d'utilisation rationnelle et durable de l'énergie.

3.6.1.2 PRINCIPES

Les pertes d'énergie d'un bassin dépendent de la température de son eau et de la température et de l'humidité de l'air.

Plus la température de l'air ambiant est inférieure à la température à la surface de l'eau, plus l'évaporation est importante. Le déplacement de l'air à la surface de l'eau augmente, par ailleurs, la convection et l'évaporation à la surface du bassin. L'évaporation sera donc d'autant plus importante, que la température d'eau est élevée, que la circulation d'air est importante et l'humidité faible.

L'évaporation journalière dans une piscine est fonction de la température de l'eau, de la température ambiante du local, du taux d'hygrométrie de l'air et de sa vitesse à la surface du bassin.

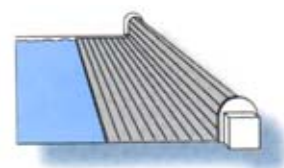
3.6.1.3 CONCEPTION

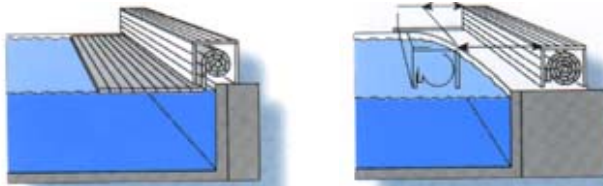
DISPOSITION

L'une des questions qu'il est important de se poser durant la conception concerne le choix de l'emplacement réservé au système d'enroulement-déroulement de la couverture. Cette réflexion sera différente selon qu'il s'agisse d'une rénovation ou amélioration apportée au bassin de natation ou d'une nouvelle installation.

Dans le cadre d'une rénovation, un certain nombre de contraintes doivent être prises en compte. Celles-ci concernent notamment l'espace disponible, la configuration, la forme et la taille du bassin, la sécurité des baigneurs, le budget alloué... Il existe différentes alternatives reprises ci-dessous (liste non exhaustive).

Si l'emplacement disponible autour du bassin est suffisant, l'installation du dispositif sur l'une des plages peut être envisagée. Le dispositif peut alors soit être laissé visible, soit être intégré dans un banc. Cette seconde solution est préférable. Le banc assure en effet la protection du dispositif par rapport aux baigneurs. Par ailleurs, il peut être utilisé par ces derniers. Certains fabricants proposent





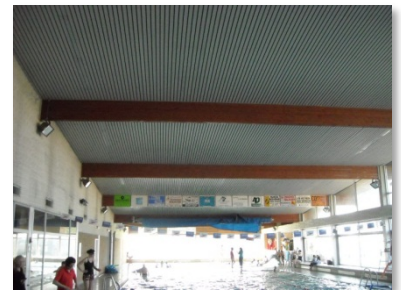
également des équipements (système à rail, glissière,...) permettant de déplacer le dispositif pour l'écarter du bord du bassin durant les heures d'occupation.

Cette disposition présente les avantages et inconvénients suivants :

- 😊 Facilité d'installation du système ;
- 😊 Investissement limité ;
- 😊 Entretien aisé ;
- 😞 Diminution de l'espace disponible sur la plage (encombrement important du dispositif) ;
- 😞 Risque de problème de sécurité si le dispositif est laissé apparent.

Si l'emplacement disponible autour du bassin se révèle insuffisant, il existe d'autres alternatives.

Si la hauteur entre le plafond et le bassin est faible, le dispositif peut être installé sur la structure portante du plafond. Une étude de faisabilité et stabilité devront au préalable être réalisées. L'avantage de cette solution est de limiter l'encombrement au niveau de la zone occupée par les baigneurs.



Si la hauteur entre le plafond et le bassin est trop importante, ou si la structure portante ne permet pas l'installation telle que décrite précédemment, on peut envisager les deux solutions suivantes.



Si la distance entre le mur du local et le bassin n'est pas trop importante, le dispositif pourra être ancré au niveau de la paroi. Certaines conditions doivent cependant être remplies. Le dispositif doit être installé à une hauteur suffisante de telle manière qu'il n'occasionne aucune gêne pour les baigneurs. Cela implique par ailleurs que la paroi présente une résistance structurelle suffisante. Des études de faisabilité et de stabilité sont ici également nécessaires. De plus, ce type de système nécessite une intervention humaine afin de guider la bâche sur le bassin. Ceci peut se réaliser soit manuellement soit par l'intermédiaire de perches télescopiques.

Si au contraire, la distance entre le bord du bassin et la paroi la plus proche est trop importante pour envisager le système précédent, il est possible de placer le dispositif sur un portique conçu à cet effet. Une étude de faisabilité et une étude de structure doivent également être réalisées afin de déterminer les caractéristiques du support.

SYSTÈMES

L'avantage principal de ces différents systèmes est de limiter l'encombrement de la zone utilisable par les baigneurs.

Elle permet également d'éviter toute interaction entre ces derniers et le dispositif, et par conséquent de limiter les problèmes de sécurité.

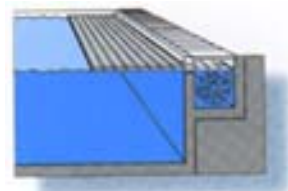
Cette solution induit néanmoins l'inconvénient de nécessiter presque inévitablement une intervention humaine sur le dispositif pour le guidage de la couverture sur le bassin. Elle limite par ailleurs les types d'équipements utilisables.



Ne sont alors utilisées que les couvertures thermiques dites souples, la contrainte principale étant le poids du dispositif.

Dans le cadre d'une nouvelle installation, les possibilités sont plus nombreuses et plus variées. Elles permettent de s'adapter à quasi tout type de configuration. Outre les solutions présentées précédemment, les solutions suivantes peuvent également être envisagées.

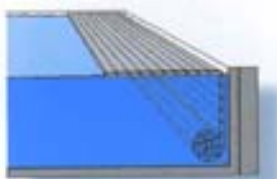
Il est possible d'intégrer le dispositif dans la plage de la piscine, soit sous forme de banc comme expliqué précédemment, soit dans un caisson situé sous la plage. Cette dernière solution offre les avantages suivants :



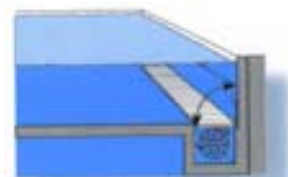
- 😊 Le système est protégé de toute intervention extérieure non souhaitée ;
- 😊 L'encombrement est nul ;
- 😊 Cette disposition convient à tout type de couverture (souple, semi-rigide ou rigide) ;
- 😊 La mise en place de la couverture est réalisée de façon totalement automatique.

Elle induit cependant certains inconvénients, notamment des détails de conception et d'installation plus élaborés et par conséquent, des coûts d'installations plus élevés. Le dispositif est par ailleurs plus coûteux qu'un simple dispositif apparent.

Finalement, il est également possible d'intégrer le dispositif directement dans le bassin. Celui-ci peut être placé dans un caisson immergé, en bord de bassin, à proximité de la surface. L'entretien du dispositif reste alors facilement réalisable. Cependant, cette configuration signifie que cette zone du bassin ne peut être utilisée pour la baignade.



Pour remédier à cet inconvénient, il est possible de d'installer le système dans un caisson situé au fond du bassin, ce qui complique néanmoins l'entretien du système.



SYSTÈME D'ASSERVISSEMENT DU SYSTÈME DE TRAITEMENT

Il est intéressant de coupler l'utilisation d'une couverture thermique à un système d'asservissement automatique du traitement de l'air et de l'eau. En effet, comme cité plus haut, les couvertures permettent de diminuer le taux de renouvellement de l'air, de diminuer la déshumidification, de limiter les apports d'eau neuve. Leur utilisation permet également d'adapter et d'optimiser les temps de filtration et les apports en produits de traitement durant la période d'inoccupation.

On peut par exemple envisager un système de régulation asservi fonctionnant sur base d'un retour d'information de la couverture. Lors de la mise en place de la couverture, le système de régulation agit directement sur la ventilation, sur la déshumidification, sur la filtration, sur l'éclairage... Ces équipements sont alors mis soit en fonctionnement ralenti, soit à l'arrêt.

Ce système doit évidemment faire l'objet d'une étude approfondie au cas par cas et en respectant les normes prescrites en matière de ventilation, de traitement d'eau, de sécurité,...

ÉQUIPEMENTS

En ce qui concerne les éléments d'assemblage et de fixation des couvertures, on privilégiera des matériaux peu corrodables et facilement interchangeables. Il existe, par ailleurs, une norme européenne (EN 13451) qui détermine les caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques des éléments constitutifs.

SÉCURITÉ

L'ensemble des équipements qui constituent le système de protection et de couverture du bassin doit répondre à certaines exigences imposées par les normes européennes (EN 13451-1 à EN 13451-11).

3.6.1.4 TYPES D'ÉQUIPEMENTS

Il existe actuellement différents types d'équipements disponibles :

- Les couvertures souples (bâches à bulles, bâches à barres, bâches à glissières,...) ;
- Les couvertures semi-rigides et rigides (volets roulants,...) ;
- Les couvertures fixes (planchers mobiles, abris...).

Les couvertures souples sont constituées en matériaux de type polyéthylène, polyester ou polypropylène. Leur structure permet soit de les poser à la surface du bassin, soit de les maintenir au-dessus de la surface du bassin par l'intermédiaire de barres ou de glissières. Cette solution est recommandée dans le cadre d'une rénovation. L'installation ne nécessite, en effet, pas souvent d'aménagements importants. Pour plus d'informations quant à l'installation de ce type d'équipements, le lecteur peut se référer au point « mise en place ».

Les couvertures semi-rigides et rigides sont constituées de lamelles creuses en PVC. Leur configuration offre la possibilité de poser ce type de couverture à la surface du bassin. Ce type de couverture convient parfaitement dans le cadre d'une nouvelle piscine. Les possibilités d'installations sont nombreuses et variées. Dans le cadre d'une rénovation cependant, leur utilisation sera plus limitée.

TYPE DE COUVERTURES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
COUVERTURES SOUPLES	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Faible encombrement ; ⊕ Poids relativement faible (... 900 gr/m²...) ⊕ Prix. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Intervention humaine nécessaire à la mise en place ; ⊕ Peu adaptée pour des bassins non rectangulaires ; ⊕ Durée de vie inférieure aux autres dispositifs.
COUVERTURES SEMI-RIGIDES / RIGIDES	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Résistance ; ⊕ Sécurité ; ⊕ Durée de vie ; ⊕ Adaptabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Poids plus élevé (...5kg/m²) ; ⊕ Nécessite un système de mise en place automatique.

Les couvertures fixes se réfèrent à un ensemble très varié de dispositifs de protection du bassin. Dans le cadre de ce guide, nous les traitons simplement pour aborder le cas du plancher mobile. Certaines piscines en sont en effet équipées. Il permet de faire varier la profondeur du bassin et dès lors, autorise la pratique d'un plus grand nombre d'activités. Dans ce cadre-ci, certains suggèrent d'envisager l'utilisation du plancher mobile comme couverture thermique. Cette solution ne devrait être envisagée lors de la conception que si l'installation d'un plancher mobile est prévue et si l'utilisation de l'un des équipements précédemment présentés est exclue. Dans le cas contraire, les couvertures thermiques souples et semi-rigides offrent les mêmes caractéristiques d'efficacité pour un investissement moindre. Par ailleurs, la mise en

SYSTÈMES

place du plancher mobile nécessite un temps de mise en œuvre plus important et engendre une consommation d'énergie électrique non négligeable.

3.6.1.5 MISE EN PLACE ET GESTION



Cette partie aborde d'une part, la problématique de l'installation du système d'enroulement de la couverture et d'autre part, la question du système de mise en place de la couverture sur ou par-dessus le bassin.

Les couvertures thermiques sont encombrantes et difficiles à manipuler. C'est pourquoi il est préférable de rendre le système de rangement motorisé et automatique. Il est également possible de les scinder en plusieurs sections plus maniables. Ceci est d'autant plus intéressant que la forme du bassin s'éloigne d'une forme rectangulaire. Il existe différents modes de mise en place possibles de la couverture :

- Mise en place manuelle ;
- Mise en place semi-automatique ou automatique.

3.6.1.5.1 GESTION MANUELLE

La mise en place manuelle est réalisée par une ou plusieurs personnes sans assistance électrique supplémentaire. Elle présente les avantages suivants :

-  Il est possible d'évacuer complètement la couverture thermique et son dispositif d'enroulement hors du hall du bassin pour permettre son entretien ou son stockage ;
-  Elle ne nécessite pas d'équipements particuliers.

Il faut néanmoins tenir compte des inconvénients tels qu'un encombrement plus important et une manipulation plus difficile.

3.6.1.5.2 GESTION AUTOMATIQUE

On distingue, dans ce mode de mise en place, les systèmes semi-automatiques et les systèmes automatiques. Le premier cas nécessite une intervention humaine (guider la couverture sur le bassin). Dans le second cas, cette intervention n'est plus nécessaire.

Le système semi-automatique utilise l'énergie électrique pour permettre l'enroulement et le déroulement de la couverture thermique. Une ou plusieurs personnes sont cependant nécessaires afin de l'amener et de la guider sur le bassin durant ces phases d'enroulement et de déroulement.

Le système automatique utilise également l'énergie électrique pour permettre l'enroulement et le déroulement de la couverture par-dessus le bassin. Aucune intervention humaine n'est cependant nécessaire. La configuration du système permet une autonomie complète.

TYPE DE SYSTÈME	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
SYSTÈME SEMI-AUTOMATIQUE	<ul style="list-style-type: none">⊕ Mise en place aisée ;⊕ Investissement à consentir relativement peu élevé ;⊕ Installation relativement simple.	<ul style="list-style-type: none">⊕ Intervention humaine nécessaire ;⊕ Système non amovible ;⊕ Encombrement relativement important.
SYSTÈME AUTOMATIQUE	<ul style="list-style-type: none">⊕ Facile à mettre en place ;⊕ Nécessite peu ou pas de main d'œuvre.	<ul style="list-style-type: none">⊕ Prix plus élevé du système ;⊕ Installation relativement plus compliquée ;⊕ Système peu amovible ;⊕ Entretien régulier nécessaire.

→ Remarque : Pour une utilisation rationnelle de l'énergie, il est préférable de limiter l'impact des utilisateurs sur les équipements. Par conséquent, il sera toujours plus intéressant de privilégier l'utilisation d'un système automatique par rapport à un système manuel ou semi-automatique. En effet, bien que le système de type automatique consomme de l'électricité, celui-ci ne nécessite pas (ou peu) d'intervention humaine.

3.6.1.6 RECOMMANDATIONS PRATIQUES

- Dans le choix d'un système de mise en place de la couverture, on choisira de préférence un système automatique ne nécessitant pas d'intervention extérieure. La mise en place devra dès lors se dérouler de manière totalement automatique et intégrer un système de sécurité en cas de défaillance du système ou si une présence est détectée dans le bassin ;
- La couverture doit être équipée d'un système de verrouillage ;
- Les bassins tampons devraient également être équipés d'une couverture ;
- Le choix d'une couverture souple, rigide ou semi-rigide repose sur le type de projet (installation-rénovation, contraintes structurelles,...), sur le budget allouable au système ;
- Éviter les couvertures thermiques qui présentent un aspect "gaufré" afin de faciliter l'entretien suite au dépôt de calcaire ;
- Être vigilant sur la manipulation des couvertures thermiques souples qui s'enroulent sur l'axe afin d'éviter qu'elles ne s'enroulent de travers, ou ne forment de plis qu'il est ensuite difficile de supprimer.

3.6.2 LA RÉCUPÉRATION DE L'ÉNERGIE DES EAUX USÉES

3.6.2.1 GÉNÉRALITÉS

L'énergie fait partie des besoins vitaux de l'humanité en toute circonstance. Elle ne peut être produite mais seulement transformée ou économisée. C'est pourquoi nous devrions avoir comme priorité d'employer cette énergie à bon escient, du moins là où nous pouvons décider nous-mêmes.

De plus en plus sont développés des bâtiments passifs dans lesquels on cherche à conserver la chaleur ou la fraîcheur en fonction de la saison afin de diminuer les consommations. Il existe pourtant une quantité d'énergie qui est quotidiennement perdue et qui pourtant ne saute pas directement aux yeux. Il s'agit de la chaleur des eaux usées grises.

L'eau de ville arrive dans un bâtiment à une température de cinq à dix degrés (5 à 10°C). Après avoir été chauffée à une certaine température et utilisée au niveau des différents équipements (douches, robinets,...), elle est évacuée via les conduites d'égouttage. La température à laquelle l'eau se trouve à cet instant varie de vingt à soixante degrés en fonction de l'application. Autrement-dit, une partie de l'énergie utilisée pour chauffer cette eau est littéralement jetée à l'égout. L'objectif de ce chapitre est de montrer dans quelle mesure toute source de chaleur devrait être exploitée afin de réduire les consommations.

Les questions à se poser au préalable sont les suivantes :

Où récupérer cette énergie ? Où la réutiliser ? Une solution pour les piscines ?

3.6.2.2 TYPES D'EAUX USÉES

Dans une piscine, il faut distinguer les différents types d'eaux usées et déterminer lesquelles peuvent ou ne peuvent être utilisées. Tous les systèmes ne conviennent par ailleurs pas à chaque type d'eau. Ci-dessous, nous abordons les différents types d'eaux envisagés. Nous écartons d'emblée les eaux fécales qui ne rentrent pas dans le cadre de ce chapitre.

3.6.2.2.1 EAUX SANITAIRES

Les eaux sanitaires sont chauffées à une température qui varie en fonction des besoins. Cela peut varier de trente à soixante degrés. Quoiqu'il en soit, l'eau est généralement utilisée à une température de trente-cinq à quarante degrés à la sortie des équipements sanitaires (douches, robinets,...). Ces eaux sont également appelées "eaux grises" en raison de leur caractère peu chargé en dépôts divers.

3.6.2.2.2 EAUX DE SURVERSES

Les eaux de surverses sont de deux types. D'une part, on retrouve les eaux de débordement hors du bassin. D'autre part, on retrouve les eaux qui ruissellent sur les plages vers les évacuations. Ces différentes eaux sont normalement évacuées via des réseaux différents. En effet, les eaux de débordement sont renvoyées vers le système de traitement de l'eau. Elles sont ensuite réinjectées dans le circuit. Les eaux de ruissellement sont quant à elles évacuées vers les systèmes d'égouttage. Ce sont ces dernières qui sont intéressantes dans le cadre d'une récupération de chaleur sur les eaux usées. Il serait en effet absurde d'envisager de récupérer les calories sur les eaux de débordement puisque celles-ci restent dans le circuit de filtration. On se concentrera donc sur les eaux de ruissellement.

3.6.2.2.3 EAUX DE FILTRATION

Dans les piscines, les systèmes de traitement font l'objet d'un nettoyage régulier. Ces procédés sont analysés plus en profondeur dans le chapitre concernant le traitement de l'eau. Le point essentiel sur lequel nous voulons insister est qu'une quantité importante d'eau est

généralement utilisée pour ce nettoyage (ex : lavage des filtres à contre-courant). Cette quantité d'eau contient également une part importante d'énergie qu'il sera intéressant de chercher à récupérer.

3.6.2.3 APPLICATIONS

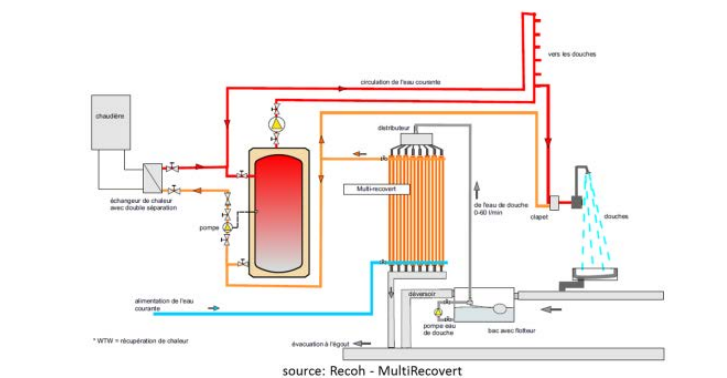
Ci-dessous, sont présentées quelques possibilités rencontrées pour ce type d'application. Ce guide ne prétend pas en dresser une liste exhaustive mais bien apporter certaines idées aux auteurs de projet.

L'installation d'un dispositif de récupération d'énergie sur les eaux usées convient à tout type d'application nécessitant l'utilisation d'eau chaude. L'énergie récupérée peut être utilisée pour préchauffer l'eau sanitaire ou l'eau d'appoint de la piscine. Il est important de souligner qu'il s'agit d'un préchauffage. Par conséquent, il est souvent indispensable de coupler l'ensemble à un système de chauffage complémentaire. Par exemple, ce système peut être combiné avec le système de chauffage classique ou comme on le rencontre de plus en plus, avec une pompe à chaleur eau - eau.

Dans certains cas, il est également envisageable d'utiliser l'énergie récupérée au niveau d'un chauffage par le sol. Néanmoins, l'application la plus intéressante reste l'utilisation en préchauffage.

En résumé, il s'agit de toute application consommatrice de quantités plus ou moins importantes d'eau chaude.

Remarque: s'il n'existe aucune différence de niveau permettant de récolter facilement les eaux usées pour leur réutilisation, il sera nécessaire d'envisager l'utilisation d'une pompe de relevage. Il faut dès lors prendre en compte la consommation électrique supplémentaire associée à cette pompe qui engendre une diminution de l'économie finale.



Nous profitons de cette partie pour ouvrir une petite parenthèse à propos d'un système de récupération d'eau rencontré dans une piscine. Au niveau de l'apport en eau neuve, la réglementation impose trente litres d'eau par nageur. Cela signifie par conséquent que trente litres d'eau à la température du bas sin sont normalement envoyés à l'égout et remplacés par de l'eau neuve. Dans la dite-piscine, l'eau est réutilisée au niveau des douches d'accès au bassin. Une solution simple et ingénieuse pour limiter les consommations en eau. Un exemple à suivre...

3.6.2.4 TYPES D'ÉQUIPEMENTS ET DE SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION

L'UTILISATION D'UN ÉCHANGEUR

Dans l'ensemble des cas, un système de récupération nécessite l'utilisation d'un échangeur de chaleur. Celui-ci va permettre la transmission des calories d'un fluide à l'autre. Il existe sur le marché une variété importante d'échangeurs.

Un échangeur direct consiste en un serpent, réalisé en un matériau conducteur (ex: cuivre), et enroulé autour de la conduite drainant les eaux usées. Dans le serpent, on fait circuler de l'eau neuve. Celle-ci est ensuite dirigée vers les équipements consommateurs. Le principe de base est que les eaux usées qui transitent par la conduite ne s'écoulent pas dans la partie centrale mais ruissellent le long des parois. Ceci permet d'augmenter la surface d'échange entre les deux éléments. Un tel système permet de récupérer rapidement une partie importante de l'énergie contenue dans les eaux usées. Cet échangeur offre les avantages suivants :

SYSTÈMES



L'efficacité du système est éprouvée et offre un rendement relativement bon ;



Il s'agit d'un système simple à mettre en œuvre (convient pour toute rénovation d'installation ou nouvelle installation) dont l'encombrement est négligeable.

Le système présente néanmoins l'inconvénient de nécessiter une utilisation simultanée. La consommation d'eau doit, en effet, avoir lieu durant l'évacuation. Cela diminue donc les possibilités d'applications. Par ailleurs, le dispositif doit absolument être placé en position verticale pour assurer une efficacité maximale du dispositif de récupération.

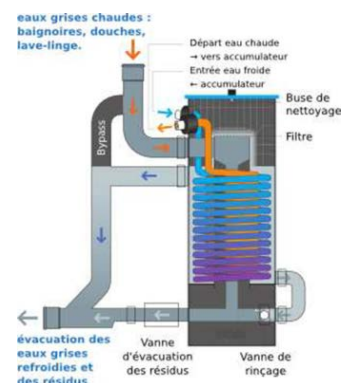
LES SYSTÈMES D'ÉCHANGEUR À ACCUMULATION

Les systèmes d'échangeurs à accumulation offrent au contraire une plus grande souplesse d'utilisation. Ils permettent, en effet, un usage différé des calories récupérées. Un usage différé signifie que cette énergie est stockée.

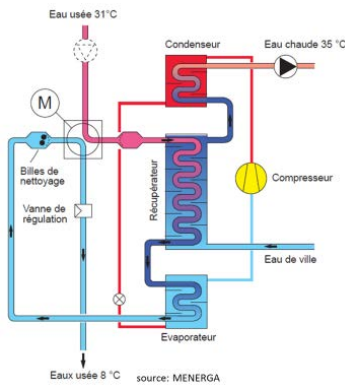
Ce stockage peut avoir lieu avant ou après transfert. Dans le premier cas, il s'agit d'un stockage des eaux usées dans une cuve ou tout autre dispositif prévu à cet effet. Dans le second cas, il s'agit d'un stockage de l'eau neuve préalablement réchauffée.

Le dispositif comprend ici l'échangeur de chaleur et le ou les ballons accumulateurs. Un système de chauffage de l'eau peut également lui être adjoint (chaudière, PAC,...). Ce système de chauffage peut être intégré avant ou après les dispositifs d'accumulation.

L'inconvénient majeur de tel système est l'encombrement engendré par l'utilisation de ballons accumulateurs supplémentaires. Il faut également noter que la température de l'eau stockée dans les ballons baisse par rapport à son soutirage. Et par conséquent, provoque une diminution du rendement global de l'installation. Il faut également tenir compte de l'investissement du système. Celui-ci comprend le coût d'installation de pompes de charges, de filtres, de l'alimentation et de la protection électrique. Il faut ajouter à cela les coûts de maintenance supplémentaires et d'exploitation (stockage, consommation électrique,...).



source: forstner



source: MENERGA

L'UTILISATION D'UNE POMPE À CHALEUR

Dans ce cadre-ci, nous envisageons l'utilisation d'une pompe à chaleur couplée à l'échangeur de chaleur. Les calories contenues dans les eaux usées sont transférées via l'échangeur au niveau de l'évaporateur de la pompe à chaleur. Celle-ci est alors utilisée pour amener l'eau à sa température d'utilisation. Il peut, par exemple, s'agir d'un volume d'eau d'appoint pour la piscine ou d'eau chaude utilisée pour les sanitaires.

3.6.2.5 ASPECT ÉCONOMIQUE

Suivant les types d'échangeurs et la consommation et la température d'eau, il est possible de récupérer de 50 à 70 % d'énergie. Si on considère, pour une piscine type, un volume d'eau chaude (douches et bassin de natation) quotidien de 25 m³ à une température moyenne de 28 °C, on peut préchauffer l'eau de ville à environ 20 °C, soit une économie annuelle de +/- 100.000 kWh. Si on ajoute à cela une pompe à chaleur pour augmenter la température de l'eau à environ 30 °C, on peut estimer une économie annuelle sur le chauffage de +/- 200.000 kWh par an. Compte tenu de l'investissement nécessaire, les projets-pilotes présentent des temps de retour de +/- 5 ans (au prix de l'énergie actuel).



LE TRAITEMENT DE L'EAU



LE TRAITEMENT DE L'EAU

4 LE TRAITEMENT DE L'EAU

4.1 GÉNÉRALITÉS

Le but de ce chapitre n'est pas de proposer des solutions théoriques pour des systèmes qui ne seront peut-être jamais construits en Wallonie, nous commenterons par conséquent le traitement de l'eau sur base des techniques le plus souvent rencontrées.

La filière de traitement de l'eau des piscines comprend généralement :

- L'hydraulicité de la piscine (il est impératif d'assurer un brassage optimal pour éviter des zones « mortes » susceptibles d'accumuler des matières en suspension, qui seraient elles-mêmes à l'origine d'une pollution par développement bactériologique) ;
- Le bassin tampon recueillant l'eau de la piscine, des plages, et des apports en eau de ville ;
- La pré-filtration ;
- La filtration ;
- La désinfection.

Toutes les mesures permettant de réduire la consommation en énergie dans le cas spécifique du traitement de l'eau passe impérativement par une amélioration de la qualité de l'eau. Cette dernière ne peut s'améliorer qu'au détriment d'un investissement plus important dans les systèmes de traitement.

La performance énergétique s'accompagnera toujours, pour le traitement de l'eau, par une augmentation de l'investissement consenti. Par exemple, des filtres offrant une surface supérieure pour réduire les pertes de charge, ou des équipements d'épuration plus onéreux offrant d'autres solutions que la filtration sur sable.

La qualité de l'eau est un must pour le consommateur et le personnel encadrant. En imposant des normes plus sévères pour la qualité de l'eau, on obligera les responsables/exploitants des piscines à investir, et par voie de conséquence, ils réduiront la consommation énergétique. Les autorités compétentes disposent d'un argument pour augmenter le confort des baigneurs et ainsi diminuer la consommation énergétique des piscines.

En analysant le parc des piscines en Wallonie, on constate que la grande majorité utilise le chlore comme désinfectant. Ce choix se justifie par des raisons économiques par rapport à d'autres techniques de désinfection (coûts d'investissement et d'exploitation), mais il existe généralement des possibilités pour améliorer le traitement de l'eau et par conséquent, de réduire la consommation des installations.

Nous pouvons également constater que dans le cadre de piscines neuves, des systèmes, permettant de réduire la consommation énergétique du traitement de l'eau, ont déjà été mis en place.



4.2 LA QUALITE DE L'EAU

La qualité de l'eau et plus particulièrement les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont essentielles dans la conception et l'exploitation d'une piscine.

Certains paramètres physico-chimiques de l'eau influenceront indirectement la consommation énergétique d'une piscine. Il s'agit des paramètres liés à l'équilibre calcocarbonique de l'eau, à savoir :

- La dureté calcique ;
- La dureté magnésienne ;
- L'alcalinité ;
- Le pH ;
- La température ;
- L'indice de LANGELIER (Li).

Il est impératif que l'eau de piscine dont la température peut varier de 28 à 32 °C reste à l'équilibre (en théorie, $Li \approx 0$) de manière à éviter des dépôts de carbonate de calcium (entartrage).

- Si $Li < 0$, l'eau est agressive ;
- Si $Li > 0$, la présence de dépôts de tartre sera observée.

Les lieux favorables à l'entartrage sont les médias filtrants (sable,...), les lampes UV, les conduites et les accessoires.

L'exploitant veillera à garder un indice de LANGELIER (Li) légèrement négatif (en pratique, $Li \leq 0$) à la température la plus élevée par l'injection de réactifs appropriés. Si le pH d'équilibre de l'eau était fort différent du pH optimum de coagulation et de désinfection, il faudrait idéalement corriger le pH à plusieurs reprises dans la filière de traitement.

4.3 FILIERES DE TRAITEMENT

Le traitement des eaux de piscine est une « pièce » essentielle dans la conception et l'exploitation de la piscine. Au plus le traitement sera efficace au plus il sera possible de réaliser des économies d'énergie sur :

- le chauffage de l'air neuf ;
- la quantité d'eau utilisée ;
- le chauffage de l'eau.

Le traitement des eaux de piscines est constitué par une succession de processus de traitement. L'ensemble de ces processus est communément appelé filière de traitement.

La filière de traitement des eaux de piscine comprendra au minimum les éléments suivants :

- L'hydraullicité ;
- Les réservoirs tampon ou de rééquilibrage ;
- La préfiltration ;
- La filtration ;
- La désinfection ;
- La correction de la dureté.

Les chapitres suivants décrivent brièvement les principaux processus de traitement de la filière avec leurs avantages et inconvénients ainsi que des critères de dimensionnement.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

4.4 HYDRAULICITE

L'hydraulicité d'un bassin se définit comme la manière d'assurer une recirculation permanente de l'eau.

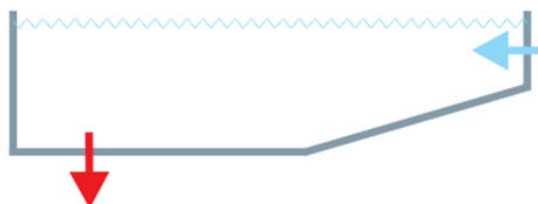
La recirculation est nécessaire pour :

- Éviter les zones mortes et les dépôts dans le fond du bassin ;
- Evacuer la pollution rapidement ;
- Diffuser le désinfectant.

Il existe trois types d'hydraulicité en fonction de la taille des piscines :

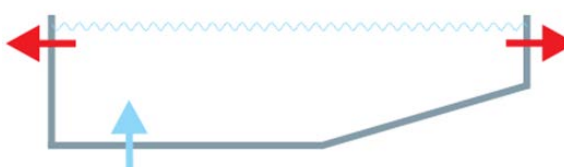
HYDRAULICITE CLASSIQUE (POUR LES PISCINES DE 240 M² MAXIMUM)

L'eau arrive par un ou plusieurs orifices situés sur les parois verticales de faible profondeur et elle repart en partie sur des écumoirs de surface et en partie à l'endroit le plus profond du bassin.



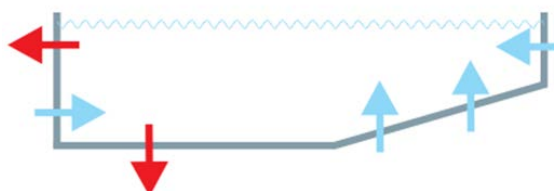
HYDRAULICITE INVERSÉE

L'eau arrive par une série de bouches de refoulement situées sur une ligne médiane au fond du bassin en allant de la profondeur maximale vers la profondeur minimale et repart vers les filtres par des évacuations situées dans les goulottes à la surface du bassin.



HYDRAULICITE MIXTE

C'est un mélange des deux systèmes précédents où 50% de l'eau au minimum doit revenir vers les filtres en passant par les goulottes de surface.



L'efficacité de l'hydraulicité sera déterminante sur le débit de filtration. Nous avons constaté à plusieurs reprises que le débit de circulation de l'eau ne pouvait pas être réduit (bien que largement supérieur à la réglementation) uniquement à cause d'une mauvaise hydraulicité. En effet, la répartition de la reprise et de l'arrivée de l'eau étant de mauvaise qualité, c'est par un débit élevé que les vitesses permettent d'éviter de trop importantes décantations dans le bassin.

4.5 BAC TAMPON

Le bac tampon a plusieurs fonctions :

- Assurer un effet tampon vis à vis des variations de niveau d'eau dans le bassin (arrivée massive de baigneurs, remous, vagues) ;
- Recueillir gravitairement les eaux de surverse des goulottes ;
- Servir de bac de disconnexion pour les appoints d'eau neuve.

Il doit être dimensionné de telle sorte qu'il puisse contenir le volume d'eau déplacé par les baigneurs et le volume contenu dans les goulottes et les canalisations en cas d'arrêt des pompes.

Grossièrement, son volume « utile » est d'environ 10 % du débit horaire de recyclage (environ 15 m³ pour un bassin classique type 1.000 m³).

Il est équipé de:

- vidange située au point le plus bas ;
- un trop plein ;
- un évent de dégazage ;
- une régulation de niveau.

Il devra se rapprocher le plus d'un réacteur type « mélangé à l'infini » et s'éloigner d'un réacteur type « flux piston ». Pour ce faire, le ratio l/L doit être de 1/2. De cette manière, on évitera la décantation et la formation de dépôts dans le bassin.

Il sera nettoyé régulièrement car il est très exposé à la pollution.

Au niveau de la qualité du traitement de l'eau, il n'y a généralement pas d'intérêt à multiplier le nombre de bassins tampon dans la filière de traitement. L'investissement sera plus important, l'entretien plus difficile (car multiplié) et les déperditions plus importantes (la surface de l'eau en contact avec l'air est plus importante).

4.6 PRÉFILTRATION

L'étape de Préfiltration doit se situer entre le système de reprise des eaux et les pompes de circulation. Le pré-filtre est généralement constitué d'un panier amovible incorrodable. Le rôle de ce pré-filtre est de retenir les gros éléments (cheveux, épingles à cheveux, sparadraps) pour protéger les pompes et les filtres situés en aval. Il doit être nettoyé très régulièrement. Certains types sont autonettoyants, ce qui évite des manipulations et des arrêts de production.

Le choix du filtre sera fait en tenant compte de sa perte de charge pour limiter la consommation électrique des pompes. Son entretien fréquent évitera de créer trop de pertes de charge à travers un filtre colmaté, et par conséquent, une perte d'énergie.



4.7 FILTRATION

La filtration est l'étape la plus importante dans la filière de traitement de l'eau. On oublie souvent qu'une bonne filtration passe obligatoirement par une bonne coagulation – floculation, étape précédant inévitablement la filtration.

L'auteur de projet devra impérativement considérer la coagulation - floculation - filtration comme un ensemble cohérent.

4.7.1 LA COAGULATION

Une grande partie de la pollution des piscines se trouve à l'état colloïdal. La taille des particules en suspension colloïdale varie de 10⁻⁴ à 1 microns. Dans le cas des piscines, les particules sont chargées négativement en surface ce qui provoque leur répulsion lorsqu'elles tentent de s'approcher les unes des autres.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

La coagulation chimique consiste à neutraliser les charges négatives et abaisser ainsi la barrière de répulsion entre les particules. La neutralisation se fait par l'ajout de cations polyvalents dans l'eau. Le réactif utilisé doit être agréé par la Région Wallonne et avoir le « label » eau potable.

Les réactifs les plus communément utilisés pour les eaux des piscines sont :

- le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ en raison de son faible coût. Lors de la réaction d'hydrolyse, il y a perte d'alcalinité, ce qui contribue à abaisser le pH de l'eau. Une correction de pH sera donc nécessaire pour rester dans la zone optimale ;
- le chlorhydrate d'aluminium ($\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$) : Il se présente sous forme de liquide directement utilisable qui permet une coagulation plus rapide et plus performante. Il est moins sensible aux variations de pH et de température et n'influence pas le pH de l'eau des bassins. Son prix est plus élevé.

Chaque coagulant a une zone de pH optimum qu'il convient de respecter. La correction du pH de l'eau pourrait donc s'avérer nécessaire. L'injection du coagulant a aussi son importance. En effet, il faut créer une turbulence pour assurer un mélange rapide et efficace. La dilution du coagulant peut parfois être nécessaire. L'injection du coagulant doit se faire le plus en amont possible des filtres afin d'augmenter le temps de contact avant la filtration et que la floculation prenne place.

On peut constater sur les nombreuses piscines en exploitation que ces critères, dont dépend la qualité de la filtration, sont généralement ignorés par les exploitants directs des installations.

4.7.2 LA FLOCCULATION

Après avoir été déstabilisées par l'ajout du coagulant, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. Les particules rassemblées formeront un floc qui sera susceptible d'être retenu dans le filtre. Une floculation complète a donc besoin d'un temps de contact minimum avant la filtration.

Dans le cas spécifique des piscines, les temps de contact sont généralement courts dûs aux vitesses de filtration élevées. L'attention sera attirée par l'amélioration du temps de contact, et donc indirectement l'efficacité de la filtration. Le temps de contact est établi en prenant le ratio entre volume d'eau (entre le point d'injection et la filtration) et le débit.

4.7.3 FILTRES À SABLE OU BI-COUCHE

C'est le système le plus utilisé en Région Wallonne. Il existe deux grandes catégories de filtres à sable :

- Ouverts ;
- Sous pression.

Les filtres ouverts, généralement en béton, ne trouvent pas d'application dans le domaine des eaux de piscines. Les filtres couverts sont généralement métalliques. La possibilité existe pour l'auteur de projet de réaliser ceux-ci en béton.

Les filtres métalliques peuvent être subdivisés à leur tour en filtres verticaux et horizontaux.

Le choix d'un type de filtre dépend entre autres de la vitesse et de la surface de filtration, du nombre minimum de filtres en opération, de l'espace disponible.



L'eau arrive par le haut du filtre à travers un diffuseur qui la répartit sur toute la surface. Elle traverse la ou les couches de sables qui retiennent les impuretés dépassant un certain diamètre, généralement de 20 μm pour les filtres semi-rapides à lents, et ressort par la partie basse par un collecteur ramifié ou un réseau de crépines.

Les filtres à sable fermés sont classés en plusieurs catégories selon la vitesse de filtration:

- les filtres lents, vitesse de 10 à 20 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$;
- les filtres semi-rapides, vitesse de 20 à 40 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$;
- les filtres rapides, vitesse supérieure à 40 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

La vitesse de filtration doit tenir compte de la granulométrie du sable. Pour des raisons d'économie à l'investissement et d'encombrement, la tendance est à l'utilisation de filtres semi rapides. Vérifiez la finition intérieure avant la mise en service afin de prolonger leur durée de vie.

L'augmentation de la vitesse de filtration ne va pas de pair avec l'amélioration de la qualité de l'eau. Des apports importants de désinfectant et d'eau fraîche peuvent masquer les insuffisances de la filtration semi rapide.

On distingue plusieurs types de filtres :

- Les filtres monocouche ;
- Les filtres bicouche (sable/hydro-anthracite) ;
- Les filtres multicouches.

Avec les filtres bicouches/multicouches, on obtient des cycles plus longs tout en maintenant une qualité constante et sans augmenter les pertes de charge. Pour minimiser les pertes en eau de lavage, les filtres bicouches sont équipés d'un système de décolmatage à l'air. Le remplacement d'un filtre monocouche par un filtre bicouche est une mesure qui peut être envisagée dans le cadre des économies d'énergie.



Tous les filtres doivent être lavés à intervalles réguliers à l'eau claire.

Pour des raisons d'économie, on utilise souvent les mêmes pompes pour la recirculation de l'eau dans le système de traitement de l'eau que pour le lavage à contre-courant des filtres.

4.7.4 AUTRES TECHNIQUES

Il existe d'autres techniques sur le marché telles que :

- Filtres à diatomée ;
- Filtres à cartouche ;
- Ultrafiltration (technique membranaire).

Les deux premières techniques sont plutôt adaptées à des petites piscines ou des piscines fonctionnant de manière intermittente (période estivale). L'ultrafiltration est une technique récente qui a fait son apparition dans le domaine du traitement des eaux de piscine en Allemagne et France.

Cette technique est abordée dans un chapitre suivant comme étant une mesure possible pour l'optimisation de la consommation énergétique.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

4.8 DÉSINFECTION

Une eau d'apparence claire et limpide peut contenir des germes pathogènes. Une filtration efficace ne suffit pas à supprimer tous les risques liés à leur présence. Dans tous les cas, une désinfection doit compléter la filtration.

Pour assurer une bonne qualité bactériologique de l'eau, une simple désinfection ponctuelle ne suffit pas. L'eau doit aussi être désinfectante afin d'éliminer les micro-organismes pathogènes au fur et à mesure de leur introduction dans l'eau. C'est pourquoi, un excédent de désinfectant doit être maintenu en permanence.

La combinaison filtration-désinfection doit permettre d'atteindre la tranche de pH la plus favorable à l'action du désinfectant sans qu'il y ait ajout trop important de correcteur.

La correction chimique est déterminée en fonction :

- des caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'alimentation ;
- du pH de l'eau de distribution ;
- des conditions requises par le système de désinfection choisi.

Il existe actuellement une grande variété de produits ou systèmes utilisés isolément ou en combinaison pour la désinfection de l'eau des bassins de natation.

En Belgique et en région Wallonne en particulier, la désinfection par le chlore est de loin la plus utilisée. Selon l'enquête menée en région wallonne plus de 95% des établissements utilisent celui-ci comme unique désinfectant.

Les tableaux ci-dessous reprennent la liste des désinfectants et leurs principaux avantages et inconvénients.

DÉSINFECTANT	REMANENCE	INCIDENCE DU PH SUR EFFICACITÉ
CHLORE	Oui	Forte
BROME	Oui	Moyenne
ARGENT + CUIVRE	Oui	Nulle
PISCINE AU SEL	Oui	Moyenne
UV	Non	Nulle
OZONE	Non	Forte
ULTRAFILTRATION	Non	Nulle

DÉSINFECTION	OZONE	UV	CHLORE
E. COLI	Oui	Oui	Oui
SALMONELLA	Oui	Oui	Oui
GIARDIA	Oui	Oui	Oui
LÉGIONNELLE	Non	Oui	Non
CRYPTO-SPORIIDIUM	Non	Oui	Non
VIRUS	Non	Oui	Non
ALGUES	Non	Oui	Non

4.9 AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Chaque filière de traitement, comprend toujours deux opérations principales:

- L'élimination des matières en suspension et des matières colloïdales (organique et minérale) qui se caractérise par un coût énergétique, un rendement et des pertes en eau ;
- La désinfection assure l'oxydation des matières non retenues dans les filtres et se caractérise par un coût énergétique et/ou un coût en réactifs.

La désinfection peut générer des sous-produits qui se trouvent à l'état aqueux ou à l'état gazeux. Ces sous-produits à des doses élevées peuvent être toxiques/nocifs pour les baigneurs. Les normes fixent une valeur limite à ne pas dépasser pour chaque sous-produit.

Le traitement de ces sous-produits à l'état gazeux génère aussi des coûts énergétiques par les systèmes de ventilation. Les deux opérations ci-dessus sont liées, au plus l'élimination de la partie organique est efficace et performante, au plus les coûts d'exploitation de la désinfection seront faibles et au moins elle génèrera des sous-produits.

Plus la qualité de l'eau sera bonne, au plus les économies d'énergie seront significatives.

Les chapitres suivants présenteront les mesures potentielles susceptibles d'améliorer la performance énergétique de cette filière de traitement avec désinfection au chlore tout en améliorant le confort des baigneurs.

4.10 FILTRATION ET DÉSINFECTION AU CHLORE

C'est la filière de traitement la plus répandue en Région Wallonne. Elle est intéressante d'un point de vue investissement et exploitation. Elle présente cependant un inconvénient majeur, à savoir l'inconfort dû à la présence des sous-produits de la désinfection (chloramines) dans l'eau et dans l'air.

Dans la plupart des cas, il ne sera pas envisageable de modifier la filière de traitement, seules des améliorations pourront être mises en œuvre.

La Région Wallonne impose pour ce type de filière :

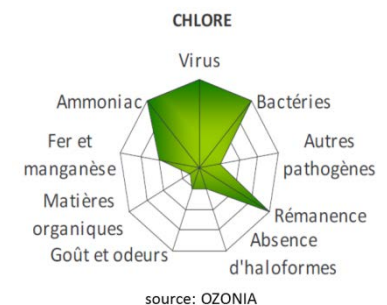
- un taux de chloramines < 0,8 mg/l ;
- un apport d'eau de 30 litres par baigneur par jour ;
- 1 vidange complète des bassins par an.

En pratique, c'est le taux de chloramines qui est le plus contraignant. En effet, c'est lui qui va fixer le taux de renouvellement de l'eau. On observe en Wallonie des taux de renouvellement généralement supérieurs à la norme.

Ces taux élevés génèrent des coûts d'exploitation importants (eau de ville + énergie pour réchauffer les apports).

Les économies d'énergie envisageables dans ce cas de figure consistent à limiter au strict minimum les taux de renouvellement. On peut agir sur deux tableaux :

- réduction de la formation des chloramines ;
- élimination des chloramines.



LE TRAITEMENT DE L'EAU

4.11 RÉDUCTION DE LA FORMATION DE CHLORAMINES

Pour réduire la formation des chloramines, il faut :

- Diminuer la charge polluante dans les bassins (voir la conception des douches) ;
- Augmenter la performance de la filtration.

On trouve sur le marché majoritairement des filtres dits « semi rapides » soit en béton armé, soit en acier, avec des vitesses de filtration comprises entre 20 et 30 m³/h en fonction de la granulométrie et de la hauteur de couche.

L'augmentation de l'efficacité de la filtration dépend en grande partie de la performance de la coagulation- floculation.

Pour le cas spécifique des filtres de piscines, c'est la floculation qui est le facteur limitant. En effet, il faut un temps de contact minimum, après injection du coagulant, pour permettre aux floes de se former et d'être retenus dans les filtres. Le temps de contact nécessaire à la floculation est fonction du pH et de la dose de coagulant lui-même. Le temps de contact disponible dans le système dépend de la vitesse de filtration.

Si ce dernier ne permet pas une floculation complète, un phénomène de post-floculation prendra place dans les bassins. Il faudra alors impérativement réduire la dose de coagulant et s'écarter de l'optimum. En définitive, au plus les vitesses de filtration sont élevées, au plus le temps de contact disponible sera faible et au moins on pourra doser de coagulant. En général, les essais en laboratoire préalables à la mise en route de la piscine permettent de déterminer le pH et la dose optimale de coagulant. Si la vitesse de filtration ne permet pas d'atteindre cette dose, les performances du filtre seront moindres.

Comment améliorer la coagulation – floculation :

- Prévoir un mélangeur statique (de type faible pertes de charge) ;
- Prévoir une injection bien en amont des filtres, la dilution du coagulant avec de l'eau avant son injection favorise aussi son mélange ;
- Ajuster le pH ;
- Augmenter le temps de contact en réduisant les vitesses de filtration. Mais cette mesure entraîne une augmentation des coûts d'investissement (taille des filtres et bâtiments) et atteindra rapidement ses limites ;
- Envisager la modification de la conception intérieure du filtre pour le transformer en un filtre bicouche
- Envisager, dans le cas d'une conception, de remplacer le système de filtration à sable par un système membranaire plus compact, cette conception est décrite plus loin.

Les filtres à sable doivent être nettoyés régulièrement, la fréquence de lavage est d'environ un lavage par semaine.

Les eaux de lavage sont rejetées à l'égout, avec toutefois, possibilité de récupérer une partie de cette eau comme eau de service pour le nettoyage des locaux ou des plages par exemple. Ces pertes en eau représentent environ 10 % des apports en eau neuve.

L'optimisation des lavages permettrait de réduire les pertes en eau et donc indirectement en énergie.

La gestion efficace du lavage des filtres permet également de minimiser les pertes en eaux. La consommation en eau de lavage est donnée par la formule suivante :

$$CA = N \times Sf \times V_{la} \times T_{la}$$

Où :

- CA est la consommation annuelle en eau de lavage (m^3/an) ;
- N est le nombre de lavage par an ;
- S_f est la surface de filtration directement proportionnelle à la vitesse de filtration (m^2) ;
- V_{la} est la vitesse de lavage des filtres directement proportionnelle à la surface (m/h) ;
- T_{la} est la durée de lavage (h).

Plus on va loin dans le cycle du filtre (encrassement élevé), plus la durée T_{la} du lavage/ rinçage du filtre, nécessaire pour retrouver son état initial, sera importante. La consommation en eau par lavage sera donc élevée mais le nombre de lavage par an sera faible.

Au contraire, plus le cycle de filtration sera court (encrassement faible) plus la durée du lavage/rinçage sera courte. La consommation en eau par lavage sera faible mais le nombre de lavage par an sera plus important.

Un autre paramètre important à prendre en compte dans le bilan en eau et énergétique associé est le temps de maturation nécessaire pour produire une eau de qualité après le lavage. Ce temps peut varier de quelques minutes à une dizaine de minutes en fonction des conditions de lavage du filtre. L'eau de maturation est inapte pour l'eau de piscine et doit donc être rejetée. Son volume est parfois plus important que le volume d'eau de lavage.

L'eau de maturation peut être récupérée en faisant tourner les filtres en circuit fermé pendant le temps nécessaire à la maturation, au lieu de rejeter cette eau à l'égout.

L'exploitant de la piscine devra trouver l'optimum entre ces différents paramètres pour limiter les pertes en eau.

La réduction de la vitesse de filtration entraînera des surfaces de filtration plus importantes et donc des volumes de lavage annuel plus importants. L'auteur de projet devra tenir compte de cette contrainte supplémentaire lors de l'établissement de son bilan énergétique.

Dans la pratique, la fréquence de lavage varie entre 1 à 3 lavages par semaine.

Pour éviter le rejet à l'égout, ces eaux pourraient être soit :

- stockées pour réutilisation comme eau de service ;
- récupérée à 90% par ultrafiltration.

4.12 ÉLIMINATION DES CHLORAMINES

4.12.1 PAR STRIPAGE

La finalité de ce traitement est de générer une surface de contact maximale entre l'air et l'eau de manière à faciliter le passage des sous-produits volatils de l'eau vers l'air. Il existe actuellement deux types de traitements par aération qui sont appliqués dans le bassin tampon :

- L'injection d'air dans le fond ;
- La création d'une cascade d'eau avec entrainement des composés volatils par l'air.

Des études ont montré que ces traitements permettent une diminution de plus de 60% de la teneur en trichloramine dans l'air des enceintes de piscines couvertes.

Il faut néanmoins un espace suffisant pour mettre en œuvre un tel dispositif étant donné l'encombrement important.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

4.12.2 INSERTION D'UN DÉCHLORAMINATEUR DANS LA FILIÈRE

Les déchloramineurs sont des réacteurs photochimiques au travers desquels circule l'eau à traiter. Ces réacteurs sont équipés de plusieurs lampes à rayonnement UV soit à spectre polychromatiques (lampe à mercure moyenne pression) émettant dans le domaine 200-350 nm, soit à spectre monochromatique (lampe à mercure basse pression) émettant à 254 nm.

Les chloramines NCl_3 , NHCl_2 et NH_2Cl , absorbent le rayonnement UV entre 200 et 300 nm et peuvent donc subir une réaction de photolyse.

L'efficacité du procédé de déchloramination par rayonnement UV dépend

- de la nature des chloramines présentes dans l'eau (spectre d'absorption et rendement quantique de photolyse) ;
- de la dose d'irradiation ;
- des caractéristiques physico-chimiques de l'eau (turbidité principalement).

La réaction de photolyse des chloramines libère des radicaux libres (Cl , NH_2 et NHCl) qui peuvent conduire à la formation de monoxyde d'azote (NO), nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).

L'utilisation de déchloramineurs produit un abaissement de la concentration en chlore libre. En effet, l'acide hypochloreux et l'ion hypochlorite absorbent également entre 200 et 400 nm et sont donc également photolysés.

La photolyse de l'acide hypochloreux et de l'ion hypochlorite aboutit à la formation de radicaux libres hydroxyles (HO) et Cl , espèces très réactives, susceptibles de réagir avec les composés organiques présents dans l'eau et pouvant expliquer l'apparition de sous-produits de désinfection (THM) lors de l'utilisation de déchloramineurs comme :

- le chloroforme (CHCl_3) par réaction entre les composés organiques carbonés et radical Cl^\bullet (Cassan et al., 2006; Von Gunten et Holgne, 1994) ;
- le bromodichlorométhane (CHBrCl_2) par réaction entre CHBr_3 et Cl (Peldszus et al., 2004).

Cependant, il n'est pas clairement établi qu'il existe un lien entre le rayonnement UV des eaux de piscine et une augmentation des teneurs en THM dans l'eau. Les teneurs en THM dans l'eau dépendent de nombreux autres facteurs.

L'insertion dans la filière de traitement d'un déchloramineur permettrait de réduire le taux de renouvellement de l'eau et la concentration de trichloramines dans l'air. Le taux de renouvellement de l'air pourra également être revu à la baisse. L'auteur de projet devra en tout état de cause réaliser une étude de faisabilité en prenant en compte les coûts d'investissement et d'autres coûts d'exploitation en moins et en plus par rapport à la situation initiale. Les premières études réalisées donnent des temps de retour de l'ordre de 5 ans.

Les chiffres sont à vérifier et à analyser au cas par cas par le concepteur.

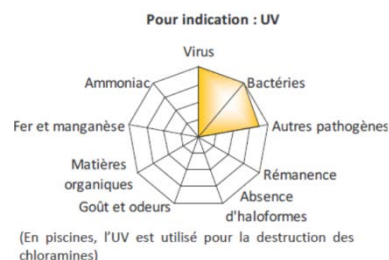


UVARAY – TRIOGEN – Suez Environnement

4.12.3 INSERTION D'UN UV DANS LA FILIÈRE

Le traitement par UV peut être utilisé soit comme désinfectant (254 nm), soit comme déchloramineur (240 à 340 nm) en fonction de la longueur d'onde des lampes.

L'utilisation d'UV est une technique de plus en plus courante dans le traitement des eaux de piscines. Elle présente une alternative efficace et moins chère que l'ozone. Une installation de désinfection aux UV comporte un réacteur (ou chambre d'irradiation) cylindrique en inox dans laquelle l'eau à traiter circule en permanence. Ce réacteur est soumis aux rayonnements émis












par le(s) générateur(s) d'UVC placés à l'intérieur de celui-ci. Les lampes UV sont placées dans des chambres cylindriques en acier inox poli pour obtenir la réflexion des rayons UV. La qualité de l'inox doit être adaptée afin de résister au chlore et aux UV.






Le générateur UV doit être placé après la filtration afin de favoriser l'action des UV qui sont plus efficaces dans une eau limpide. Toute l'eau en provenance du système de filtration passe par le générateur. Cependant celui-ci est localisé dans un by-pass afin de pouvoir le court-circuiter, lors notamment d'action de maintenance.

Les zones d'injection du chlore et du correcteur de pH sont situées en aval de la désinfection UV.

Les systèmes UV présentent les avantages suivants :

-  Très bonne désinfection. L'action virucide des UV est une des meilleures ;
-  Elimination de surdosage et sous-dosage de chlore dû à la stabilité de l'apport organique ;
-  Réduction des apports d'eau neuve ;
-  Optimisation des coûts de chauffage et de déshumidification ;
-  Réduction de la quantité de produits chimiques ;
-  Réduction des niveaux de chloramines ;
-  L'utilisation et la maintenance sont simples ;
-  Coût d'investissement limité ;
-  Amélioration de la qualité de l'air ambiant pour les baigneurs et le personnel au profit de leur santé.

Les systèmes UV présentent les inconvénients suivants:

-  Doit être combiné avec un autre désinfectant possédant le caractère rémanent ;
-  Les eaux présentant une turbidité élevée ne se prêtent pas aux UV, la qualité de la filtration est essentielle pour le bon fonctionnement ;
-  Les eaux dures entraînent la formation de dépôts (carbonate de calcium) sur les lampes et peuvent réduire leur efficacité ;
-  Il n'existe pas de mesure de terrain permettant une évaluation rapide de l'efficacité du traitement UV ;
-  Il consomme de l'énergie électrique.

4.12.4 INSERTION D'UN OZONEUR DANS LA FILIÈRE

L'insertion dans la filière de traitement d'un ozoneur est une pratique courante dans les pays limitrophes (France et Allemagne). La filière de traitement des eaux de piscines à l'ozone est décrite dans la norme allemande DIN 19643-1.

En Belgique, la seule piscine fonctionnant à l'ozone est la piscine de Herve.

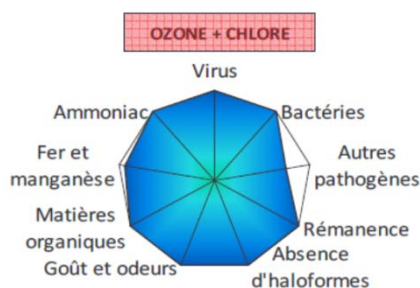
Il existe deux types de filière de traitement pour les piscines fonctionnant à l'ozone et au chlore, à savoir la pré-ozonation et la post-ozonation.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

Pour les piscines existantes, en cas de rénovation, la filière qui minimise les coûts d'investissement liés à l'achat de l'ozoneur et aux modifications de la filière existante est la post-ozonation.

L'utilisation de l'Ozone présente de nombreux avantages :

- 😊 La réduction des apports d'eau neuve à des taux de l'ordre de 30 l/baigneur/jour au lieu des 60 à 70 l/baigneur/jour pour les piscines au chlore. Pour la piscine de Herve (150.000 baigneurs/an), cela représente une économie annuelle de l'ordre de 5.250 m³ d'eau (soit 35 l/baigneur/an) ;
- 😊 L'amélioration de la floculation. La déstabilisation de la matière colloïdale permet de faire des économies dans l'utilisation d'agents de coagulation et d'espacer les lavages des filtres. Pour le cas concret de la piscine de Herve, aucun coagulant n'est utilisé dans la filière de traitement et un lavage des filtres par semaine est suffisant. Cela représente par rapport à une piscine au chlore de même taille et avec le même nombre de baigneurs, une économie annuelle d'environ 300 à 500 litres de LOCRON L (coagulant) et 2.080 m³ d'eau ou 14 l/baigneur/an ;
- 😊 La réduction du dosage de chlore. En effet, la concentration en chlore libre sera comprise entre 0,4 et 1 mg/l ;
- 😊 Il permet de maintenir un taux de chloramines proche de zéro et n'élève pas le niveau des trihalométhanes ;
- 😊 Il assure une très bonne qualité physico-chimique de l'eau ;
- 😊 Il est favorable pour la qualité de l'air dû à la faible concentration en trihalométhanes. D'une manière générale, un plus grand confort pour le baigneur et le maître-nageur. Pas de risque d'irritation des yeux, peau, cheveux, fosses nasales ;
- 😊 C'est un puissant agent désinfectant agissant sur les virus, bactéries, protozoaires, kystes, champignons et parasites.



L'utilisation de l'Ozone présente plusieurs inconvénients :

- ☹️ Une consommation électrique très modérée s'élevant en moyenne à environ 0,25 kWh/baigneur/an en considérant que les filtres fonctionnent de manière optimale. Cela représente, pour le cas concret de la piscine de Herve, une consommation annuelle moyenne de 37.500 kWh ;
- ☹️ La haute technicité de l'installation. Pour y remédier il convient de signer un contrat de maintenance préventif avec le fabricant ;
- ☹️ La toxicité de l'ozone en cas de fuites. Pour y remédier, les générateurs d'ozone sont conçus en dépression et l'on évite ainsi toute fuite d'ozone dans l'air ambiant ;
- ☹️ Une zone de contact (temps minimum de 4 minutes) et une tour de déozonation qui ont un encombrement réduit, mais néanmoins à prévoir (de la taille d'un filtre à sable pour les deux zones combinées).

Les inconvénients trouvent des solutions assez rapidement, ce qui fait de cette technique une alternative globalement énergétiquement intéressante pour le traitement de l'eau de piscine.

L'ozone est une technique très répandue et parfaitement maîtrisée en eau potable. Les raisons pour lesquelles son application est limitée dans le domaine des piscines sont en rapport avec les contraintes d'exploitation (technicité, entretien, peur des fuites, etc.). L'ozonation combinée au chlore présente pourtant de nombreux avantages pour le traitement des piscines et plus particulièrement pour l'optimisation des besoins énergétiques.

Pour des nouvelles piscines, un comparatif exhaustif des bilans d'exploitation est à établir afin de se diriger vers la solution la plus rentable, mais le traitement par ozone n'est certainement pas à écarter d'office, bien au contraire.

Pour les anciennes piscines, les retours d'expérience cités dans la littérature, montrent que le coût de l'investissement peut être récupéré en moins de 5 ans.

4.13 GESTION DU BAC TAMPON ET VIDANGES ANNUELLES



Le bac tampon doit être régulièrement nettoyé. Pour limiter la fréquence des nettoyages le concepteur veillera à respecter les formes.

La couverture du bac tampon évitera l'entrée de poussière mais rendra plus difficile son entretien. Une autre mesure pour réduire la consommation des pompes et de réduire la perte de charge dans le système. Ces dernières dépendent entre autres de la vitesse de filtration.

Les deux cas repris ci-contre et ci-dessus montrent des dépôts sur les parois des bassins tampon. Sur la photo de droite, en plus du dépôt sur les parois, on peut observer des dépôts dans le fond (zone noire) vers la reprise de l'eau par les pompes.



4.14 POMPAGE

Les pompes de recirculation fonctionnent en permanence et représentent donc une consommation énergétique importante.

Pour réduire la consommation des pompes, il est possible de réduire la perte de charge dans le système. Ces dernières dépendent en grande partie de la vitesse de filtration.

La vitesse nominale de filtration des filtres est souvent conçue autour des 20 m/h, ce qui donne des pertes de charges comprises entre 5 mCE en début de cycle (filtres propres) et 12 mCE à la fin du cycle de filtration (filtres colmatés).



En première approximation, une réduction de la vitesse nominale des filtres à 15 m/h permettrait de réduire la perte de charge d'environ 2 à 3 mCE en moyenne sur un cycle. Le temps de retour sur l'investissement de cette mesure est estimé entre 5 et 7 ans pour autant qu'il n'y ait pas de contrainte d'encombrement (filtre d'une surface plus importante). Si tel était le cas, le concepteur pourra toujours envisager la construction de filtres métalliques horizontaux plus compacts que les filtres verticaux.

En définitive, la réduction de la vitesse de filtration aura un impact sur la qualité de l'eau et la consommation en énergie. La réduction de la vitesse de filtration entraînera, par contre indirectement, une augmentation du volume d'eau de lavage et donc des pertes en eau. Le concepteur devra tenir compte de cet élément dans son bilan comparatif.

Les moteurs électriques des pompes qui fonctionnent 8.760 heures/an doivent présenter des performances élevées, il sera intéressant de choisir des moteurs électriques avec une classe d'efficacité supérieure.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

Sur la base d'un accord passé entre la Commission Européenne et le CEMEP (le comité auquel adhèrent les principaux constructeurs européens de moteurs), les moteurs asynchrones triphasés avec rotor à cage d'écureuil, 2 pôles et 4 pôles, d'une puissance comprise entre 1,1 kW et 90 kW, sont classés, pour ce qui concerne l'efficacité énergétique, en trois groupes identifiés par les symboles EFF3, EFF2 et EFF1.

Les moteurs de classe EFF2, et encore mieux ceux de classe EFF1, consomment non seulement moins d'énergie mais, en outre, grâce à des températures de fonctionnement plus basses, font preuve d'une plus grande durée de vie et d'une meilleure capacité à supporter les surcharges éventuelles.

Notons qu'en moyenne, un moteur EFF1 permet de réduire de 40% les pertes énergétiques par rapport à un moteur standard. Par contre, le coût d'achat va être plus élevé naturellement. Il faut tenir également compte qu'un moteur EFF1 verra sa durée de vie augmenter étant donné les matériaux de haute qualité utilisés et la température de fonctionnement réduite.

L'utilisation de ce type de moteur est souvent justifiée lorsque les équipements tournent pendant une durée importante, ce qui est le cas pour les pompes du traitement de l'eau des piscines.

Nous pouvons calculer, dans le cas d'une pompe dont le moteur a une puissance de 15 kW (gamme de puissance souvent rencontrée dans le traitement des eaux de piscine), une économie de ± 4.000 kWh/an entre un moteur standard et un moteur à haut rendement.

Le surcoût d'un moteur haut rendement EFF1 par rapport à un moteur standard est compris entre 20 et 30% pour une économie d'énergie qui se situe aux environs de 5%. Il faut noter que la durée de vie d'un moteur asynchrone est de l'ordre de 10 ans.

La Commission électrotechnique internationale (CEI) a élaboré et publié une nouvelle norme pour la détermination de l'efficacité du moteur. La nouvelle norme CEI 60034-30 (2009) définit et harmonise dans le monde entier les classes d'efficacité IE1, IE2 et IE3 pour les moteurs triphasés "basse tension".

Le facteur d'efficacité définit l'efficacité des moteurs lors de la transformation électrique en énergie mécanique.

Les trois classes d'efficacité de moteurs électriques "basse tension" triphasés asynchrones dans la plage de puissance de 0,75 kW à 375 kW deviennent :

- IE1 = Standard d'efficacité (comparable à EFF2) ;
- IE2 = High Efficiency (comparable à EFF1) ;
- IE3 = Premium Efficiency (supérieure à EFF1).

Il faut, par conséquent, être prudent lorsqu'on compare les labels énergétiques puisque les deux se trouvent encore sur le marché.

4.15 RÉDUCTION DU TAUX DE RECYCLAGE DE L'EAU

→ La réglementation en vigueur impose que le volume d'eau des bassins soit filtré 1 fois/4 heures à travers les filtres à sable pendant les heures d'occupation.

Si les pompes de transfert de l'eau sont équipées de variateurs de fréquence, ils peuvent servir à augmenter le débit des pompes lorsqu'elles fonctionnent en lavage à contre-courant des filtres (via une panoplie de vannes en façade des filtres), mais également à réduire le débit de circulation à travers les filtres pendant les heures d'inoccupation.

Nous pouvons réduire le taux de circulation de moitié (hypothèse de calcul) pendant les heures d'inoccupation sans influencer la qualité de l'eau, ce qui est probable dans la majorité des cas, étant donné que les apports de pollutions sont inexistantes en l'absence de baigneurs.

Pour une installation existante, une limite technique pourrait fixer le débit à une valeur légèrement supérieure étant donné qu'il faut l'avis du constructeur pour descendre sous une fréquence de 30Hz. En effet, le refroidissement du moteur électrique est lié à sa vitesse de rotation, une simple vérification doit être faite.

Pour les nouvelles installations, une ventilation séparée du moteur électrique permet de descendre à la fréquence désirée sans conséquence pour le moteur électrique.

La réduction du débit va engendrer des économies d'électricité, mais également une diminution des quantités de floculant à injecter pour la filtration (qui est proportionnel au débit de filtration). Aucun investissement autre que les variateurs de fréquence ne doit être réalisé pour obtenir une économie significative d'électricité.

La puissance absorbée est proportionnelle au cube de la vitesse de rotation. Si on diminue la vitesse des pompes de 25%, la consommation d'électricité diminuera de près de 60%.

Si on considère une puissance électrique des pompes de recyclage de 15 kW et que la période d'inoccupation est estimée à 4.000 heures (heures creuses), la réduction de débit des pompes pendant ces heures d'inoccupation des bassins permettrait de réaliser une économie de l'ordre de 36.000 kWh d'électricité/an.

4.16 FILTRATION MEMBRANAIRE ET DÉSINFECTION AU CHLORE

Nous avons montré dans les chapitres précédents que l'efficacité de la filtration a une grande importance sur la consommation énergétique. On peut constater également que l'amélioration des systèmes existants aura ses limites.






Des nouvelles technologies sont apparues ces dernières années sur le marché, entre autres les techniques membranaires et plus particulièrement pour le cas spécifique des piscines : l'ultrafiltration.

Ces dernières années l'ultrafiltration est apparue comme un procédé potentiel pour le traitement des eaux de piscines. En effet, elle permet d'une part, d'obtenir une qualité d'eau supérieure à celle obtenue par filtration sur sable et d'autre part, elle effectue une désinfection partielle puisque les membranes retiennent les virus et les bactéries.

Un ajout de chlore sera toujours nécessaire pour assurer la caractéristique désinfectante de l'eau. Toutefois, la quantité de sous-produits formée sera inférieure à celle d'une filtration à sable classique. L'urée, les chloramines et les trichloramines ne sont pas éliminées par l'ultrafiltration. Un couplage avec un autre système (charbon actif, UV) doit par conséquent être prévu.

Le charbon actif peut être placé dans un filtre en amont des modules d'ultrafiltration ou être injecté sous forme de poudre (CAP) en amont des membranes.

Les principaux avantages de l'ultrafiltration sont :




-  Qualité de l'eau élevée et particulièrement la qualité bactériologique de l'eau. Élimine les bactéries, virus et kystes ;
-  Grande modularité ;
-  Grande flexibilité par rapport aux conditions de fonctionnement nominales ;
-  Compacité (une hauteur sous plafond de 2,4 m est suffisante) ;
-  Consommation en énergie globalement plus faible.

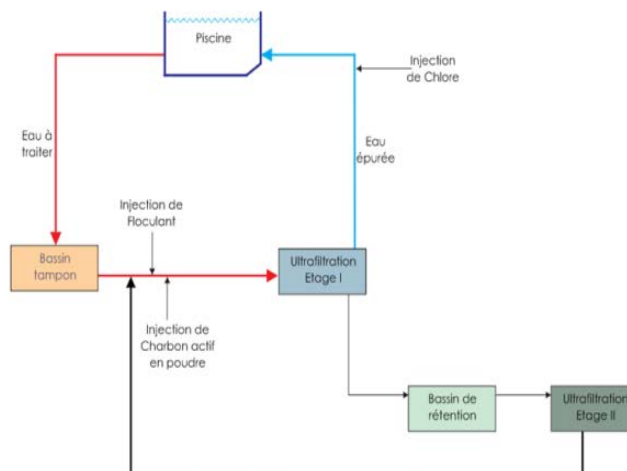
Tous les fournisseurs de membranes affirment que l'ultrafiltration permet de réduire la consommation énergétique. Il n'a pas été possible de le vérifier sur base de cas concrets car les seules installations existantes actuellement se trouvent en Allemagne et en France.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

Les pertes de charge à travers le système d'ultrafiltration dépendent du type de membrane (pression transmembranaire), de la température de l'eau et du flux à travers la membrane. En général, les constructeurs conçoivent les installations avec une perte de charge variant entre 0,30 et 0,50 bar ce qui est comparable, voire inférieur, aux pertes de charges dans un filtre à sable classiquement rencontré dans les installations actuelles.

Les principaux inconvénients de l'ultrafiltration sont :

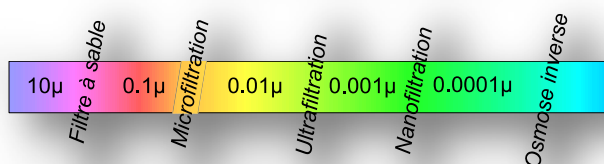
-  Les pertes en eau, exprimées en % d'eau filtrée, s'élèvent à environ 0,5 %, ce qui est environ deux fois plus élevé qu'un système de filtration à sable. Pour pallier à cet inconvénient, il est possible de placer un deuxième module membranaire sur les eaux de lavage du premier module. Pour comparer la filtration sur sable avec l'ultrafiltration, il convient d'établir un bilan global de l'eau tenant compte des volumes d'eaux d'appoint nécessaires ;
-  Le taux de renouvellement des membranes reste l'inconvénient majeur de l'ultrafiltration. Les retours d'expérience actuels ne permettent pas de fixer objectivement le taux de renouvellement pour des eaux de piscine. Le renouvellement pourrait représenter un coût d'exploitation non négligeable dans le traitement des eaux ;
-  Le marché des membranes est un marché captif. Si l'installation est conçue pour un type de membrane défini, il sera difficile, voire impossible, de changer de fournisseur par la suite. Cela réduit considérablement la marge de manœuvre lors de la négociation du prix des membranes à remplacer. Des solutions commerciales pourraient toutefois être trouvées pour pallier à cet inconvénient.



Il est intéressant de noter qu'une norme allemande (DIN 19643-6 partie 6, décembre 2009) décrit la filière floculation- adsorption- ultrafiltration – chloration.

Le schéma de principe ci-après est repris de la norme et comprend le dosage de charbon actif en poudre en amont des membranes et une seconde étape d'ultrafiltration des eaux de lavage. L'abattement exigé pour les virus doit être supérieur à 99,99 %.

Polluants éliminés par filtration



En conclusion, les premières expériences en Allemagne et France sont plutôt encourageantes. La compacité des techniques membranaires permettra de faire des économies sur le génie civil et la consommation énergétique en comparaison avec les filtres à sable reste attractive. A l'heure actuelle, il n'y a pas assez de retour d'expérience d'installations existantes permettant de chiffrer concrètement les économies d'énergie possible et le retour sur l'investissement, mais le coût des installations serait attractif par rapport à une lourde mise en œuvre pour les filtres à sable.



L'ÉCLAIRAGE



5 L'ÉCLAIRAGE

5.1 GÉNÉRALITÉS

La consommation d'énergie pour le chauffage, la ventilation des bâtiments et pour la production d'eau chaude sont les éléments venant le plus rapidement à l'esprit lorsque l'on parle de l'énergie dans le bâtiment. Cependant, pour être parfaitement cohérente, une démarche d'architecture durable doit aller au bout de sa logique d'économie d'énergie et également envisager la consommation des équipements électriques et de l'éclairage.

Pour l'éclairage, il est important de privilégier à la fois la lumière naturelle et l'utilisation de luminaires efficaces équipés de lampes économiques afin de limiter la consommation électrique.

Le système doit dès lors être conçu en respectant deux objectifs :

- ✓ Diminuer les consommations → diminuer la puissance installée tout en garantissant un niveau d'éclairage suffisant ;
- ✓ Améliorer le confort et la sécurité des utilisateurs → atteindre le niveau d'éclairage nécessaire tout en évitant les problèmes d'ombres et d'éblouissement.



Cette partie du guide est un outil à la conception de l'éclairage d'un bassin de natation et de ses annexes dans le cadre d'une nouvelle installation ou d'une rénovation. Dans une première approche, les grands principes à respecter pour disposer d'une installation performante et respectueuse de l'environnement sont présentés. Le lecteur pourra ensuite retrouver les textes, normes, réglementation et autres directives en matière d'éclairage sur lesquels s'appuie ce guide. Dans une troisième partie, la conception proprement-dite sera abordée.

5.2 LES PRINCIPES

→ Concevoir un système d'éclairage efficace, économique (en termes de consommation, durée de vie, gestion), de qualité et respectueux de l'environnement

Il existe aujourd'hui un vaste choix de luminaires conçus pour réduire la consommation d'énergie et la pollution lumineuse. Toutefois, pour bénéficier pleinement des avantages des nouvelles technologies, il est impératif de procéder à un changement profond des habitudes.

Pour concevoir un système efficace, quelques questions simples peuvent être posées :

- Quoi ? Quelles surfaces ou quels objets doivent être éclairés ?
- Combien ? Quel est l'éclairage requis ?
- Quand ? L'éclairage est-il nécessaire en tout temps ?

→ Choisir un dispositif adapté

De nombreux dispositifs d'éclairage, ampoules et luminaires, peuvent être utilisés pour réaliser concrètement le système d'éclairage que vous aurez conçu. Ici encore, le principe d'économie doit vous guider dans le choix de ces dispositifs.

→ Choisir un éclairage adapté

Il est indispensable d'adapter le niveau d'éclairage aux besoins réels du local. Ceux-ci sont fonction de l'occupation et de l'apport en éclairage naturel.

L'éclairage excessif constitue une pollution lumineuse et un gaspillage d'énergie. Dans tous les cas, il est préférable de produire un éclairage sobre et uniforme qui permet à l'œil de s'adapter à la luminosité ambiante tout en assurant la visibilité requise.

→ Choisir un système de gestion adapté en fonction de l'occupation - éclairage naturel

Il est finalement inconcevable d'envisager la conception d'un système d'éclairage sans aborder la problématique de sa commande. Le choix d'un système de gestion conditionne, en effet, l'utilisation de l'éclairage et les économies associées. Il apparaît logique de n'allumer l'éclairage que lorsque celui-ci s'avère nécessaire et d'adapter l'éclairage en fonction des besoins. Pourtant, encore rares sont les endroits où ces bonnes pratiques sont d'application.

5.3 THÉORIE

A. LA LUMIÈRE

La lumière est ce qui éclaire les objets et les rend visibles. On définit la lumière comme un rayonnement électromagnétique ou un flux de particules énergétiques se propageant dans l'espace ou dans un milieu matériel sous forme d'ondes électromagnétiques. On la définit également comme la partie du spectre électromagnétique visible par l'œil.

B. LA COULEUR

Chaque longueur d'onde de la lumière visible provoque une certaine sensation de couleur. Une source lumineuse émettant un rayonnement relativement équilibré dans toutes les longueurs d'onde de la lumière visible, comme la lumière du soleil, semblera blanche à l'œil.

Les propriétés des couleurs d'une source de lumière sont caractérisées par trois grandeurs :

- la chromaticité ou température de couleur (CT) ;
- l'indice de rendu des couleurs (IRC) ;
- l'efficacité lumineuse (lumens/watt).

C. L'INDICE DE RENDU DES COULEURS

Les propriétés de rendu des couleurs d'une source de lumière s'expriment par l'indice IRC. Cet indice est compris entre 0 et 100. L'IRC constitue un indicateur général du rendu des couleurs. Plus l'IRC est élevé, meilleur est le rendu des couleurs.

D. LE FLUX LUMINEUX

On définit le flux lumineux, ou rendement lumineux, comme la quantité totale de lumière émise, par seconde, par une source lumineuse (exprimé en lumen (lm)).

E. L'EFFICACITÉ LUMINEUSE

L'efficacité lumineuse d'une source de lumière est définie comme le quotient du flux lumineux (lumens) par la puissance absorbée (watts). Elle est mesurée en lumen par watt (lm/W). L'efficacité lumineuse de différentes sources de lumière change considérablement : elle peut varier de moins de 10 lm/W (ampoule incandescente) à plus de 200 lm/W (lampes à décharge).

F. NIVEAU D'ÉCLAIREMENT

On définit le niveau d'éclairement en un point d'une surface comme le flux lumineux par unité de surface (exprimé en Lux = lm/unité de surface). Le niveau d'éclairement nécessaire pour un besoin donné dépend de l'application.

5.4 NORMES, RÈGLEMENTATIONS ET DIRECTIVES

Les normes et réglementations utilisées dans ce document sont extraites des textes ci-dessous dans lesquels le concepteur pourra également tirer toutes les règles à suivre en matière d'éclairage :

- (1) Avant-projet d'arrêté du Gouvernement wallon déterminant les conditions sectorielles relatives aux bassins de natation couverts et ouverts utilisés à un titre autre que purement privatif dans le cadre du cercle familial lorsque la surface est supérieure à 100 m² et la profondeur supérieure à 40 cm ;
- (2) Fiche technique INFRASPORT, construire avec le sport, natation ;
- (3) NBN L13-001 : 1972 (éclairage intérieur des bâtiments) ;
- (4) NBN L13-004 : 1981 (éclairage des salles de sports) ;
- (5) NBN EN12193 : 1999 (éclairage des installations sportives) ;
- (6) NBN L14-002 : 1979 (méthode de détermination de l'éclairage) ;
- (7) NBN EN 1838 : 1999 (éclairage de secours) ;
- (8) EN 15288-1 : Conception des installations d'éclairage ;
- (9) EN 15288-2 : Fonctionnement des installations d'éclairage.

EN MATIÈRE DE LUMINOSITÉ (NIVEAU D'ÉCLAIREMENT)

La direction des infrastructures sportives (fédération francophone belge de natation) détermine les niveaux d'éclairage suivants :

- ≥ 600 Lux dans le cas général ;
- 800 Lux si une retransmission télévisée est envisagée.

Par ailleurs, l'utilisation d'éclairage à décharge est conseillée.

EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ, DE QUALITÉ DES INSTALLATIONS (NORMES ET DIRECTIVES)

- Art. 29. Un éclairage de secours est prévu dans les locaux accessibles au public, en ce compris les circuits d'évacuation, ainsi que dans les locaux techniques et leurs voies d'accès. (1) ;
- Art. 30. § 3 Toutes les sorties, y compris les sorties de secours sont indiquées par des pictogrammes réglementaires. Ces pictogrammes sont clairement visibles. Les pictogrammes sont éclairés par l'éclairage normal et par l'éclairage de secours. (1) ;
- Le fond du bassin doit être visible en tout point depuis la surface.

5.5 CONCEPTION

Il existe quelques questions simples à se poser avant d'entamer une démarche de conception de l'éclairage.

→ Éclairer pour quoi ? Pour qui ? Dans quel environnement et quelles conditions ? Et Quand ?

En matière de conception de l'éclairage, il est important de définir l'activité pour laquelle cet éclairage doit être prévu.

L'activité pratiquée va en effet déterminer un besoin de lumière et par conséquent, un niveau d'éclairement. Ce niveau d'éclairement permettra ensuite de déterminer la puissance de l'installation et parallèlement le nombre et la position des points lumineux à prévoir.

Pour illustrer ce principe de façon concrète, il suffit de comprendre que le bassin de natation, des locaux, des bureaux, des locaux techniques ou des locaux de circulation ne nécessitent pas la même quantité de lumière, l'activité s'y déroulant étant différente.

5.5.1 RÉNOVATION / INSTALLATION

La conception d'une installation d'éclairage diffère quelque peu, selon qu'il s'agit d'une rénovation sur un bâtiment existant ou d'une installation dans un bâtiment neuf. Dans ce dernier cas, il sera important de prendre en compte l'ensemble des facteurs de conception dans une réflexion globale. Autrement-dit, étudier le bâtiment comme un tout, avec l'ensemble des techniques spéciales, y compris l'éclairage.

Dans le cadre d'une rénovation, il faut se poser la question du choix d'une rénovation partielle ou d'une rénovation complète.

Une rénovation partielle consiste à remplacer les éléments peu performants : soit les lampes, soit les ballasts, soit les optiques. Ce mode de rénovation est peu onéreux et rapide. Cependant, elle n'est pas forcément la plus rentable. Il ne permet pas de prendre en compte tous les critères d'un éclairage de qualité (consommation minimum et confort maximum).



Une rénovation complète consiste à remplacer l'ensemble des installations d'éclairage. Cette démarche est plus onéreuse mais conduit à une plus grande économie d'énergie. Elle permet d'élargir la sélection des appareils et de réaliser des choix mieux adaptés aux besoins. Par ailleurs, si on peut modifier le réseau électrique, l'insertion de commandes supplémentaires permet de prendre en compte des besoins locaux différents.

5.5.2 FACTEURS DE CONCEPTION

Ce chapitre reprend un ensemble de paramètres qui doivent entrer en ligne de compte dans la conception d'un éclairage énergétiquement performant.

La puissance installée d'une installation d'éclairage correspond à la puissance électrique de l'ensemble des luminaires installés. Si la lumière naturelle ne suffit pas pour apporter le niveau d'éclairement suffisant, on veillera à limiter la puissance électrique de l'ensemble des luminaires installés de manière à diminuer la consommation directe d'électricité et les charges internes du local (limiter la consommation de refroidissement).

ÉCLAIRAGE

Il est donc important de :

- définir clairement les besoins et les paramètres de dimensionnement ainsi que les zones d'activité afin de pouvoir établir un choix en connaissance de cause. Tenir compte dès lors des niveaux d'éclairement, du facteur de maintenance, des coefficients de réflexion des parois ;
- dimensionner l'éclairage pour répondre strictement aux critères de confort déterminés ;
- limiter la puissance installée. Pour une installation d'éclairage énergétiquement bien conçue, la puissance totale installée (perte ballast comprise) ne devrait pas dépasser :

- 2,0 W/m² par 100 lux pour des locaux de bureau ;
- 2,8 W/m² par 100 lux pour la zone du bassin ;
- 3,0 W/m² par 100 lux pour les zones de circulation et les couloirs ;
- 3,5 W/m² par 100 lux pour les vestiaires et les toilettes.

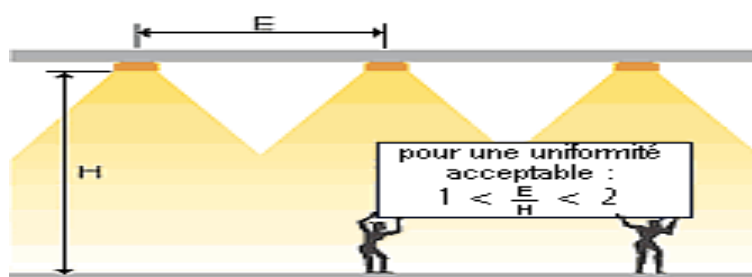
La performance ou le confort visuel d'un éclairage est défini par les caractéristiques suivantes :

- ✓ Offrir un niveau d'éclairement, une uniformité d'éclairement et un rendu de couleur de qualité ;
- ✓ L'absence d'éblouissement, d'ombre et de pollution lumineuse.

Le niveau de l'éclairement exigé dépend de la performance visuelle à accomplir. Pour une piscine, les fédérations sportives définissent un niveau d'éclairement de 600 lux au niveau du bassin de natation. Celui-ci doit être de 800 lux dans le cadre d'une retransmission télévisée. Au niveau des couloirs, un éclairement minimum de 100 lux est souhaité. Dans les locaux de bureaux, un niveau d'éclairement de 300 à 400 lux suffit à la réalisation d'une tâche de bureau.

Remarque : il sera toujours intéressant de coupler l'utilisation d'un éclairage performant à un système de gestion performant. Celui-ci devra, entre autres, permettre de faire varier le niveau d'éclairement en fonction de l'occupation d'une part, et des apports naturels d'autre part. Par exemple, le niveau d'éclairement au niveau du bassin pourrait être de 200 lux lors des opérations de maintenance et de 400 à 600 lux lors de l'utilisation du bassin. Cette opération peut éventuellement être réalisée à partir de simples interrupteurs (voir section gestion des systèmes d'éclairage).

L'uniformité de l'éclairement est atteinte lorsque les zones éclairées par chacun des luminaires (courbes de répartition photométrique) se recouvrent suffisamment. Le niveau d'éclairement est alors constant en tout point de la surface à éclairer. La figure ci-dessous illustre une astuce qui permet d'obtenir un éclairage uniforme sur toute la surface.



Remarque : la fiabilité de cette astuce est dépendante de la répartition photométrique de luminaires et du facteur de réflexion des parois. Ne l'utiliser que dans le cadre d'une installation où les luminaires émettent leur lumière vers le bas. Par ailleurs, il s'agit d'une simple indication. Afin d'obtenir un système d'éclairage performant et économe en énergie, il est indispensable de réaliser une étude d'éclairage approfondie. Celle-ci sera de préférence menée par un professionnel en matière d'éclairage, à l'aide d'outils performants (appareils de mesure, logiciel d'éclairage : dialux,...).

Afin de favoriser une bonne uniformité d'éclairage, le concepteur doit conserver à l'esprit que :

- une installation garantira une bonne uniformité avec un grand nombre de luminaires. Cependant, il est important de limiter la puissance installée (fonction de l'efficacité lumineuse du luminaire et du niveau d'éclairage souhaité) afin de limiter la consommation ;
- l'installation offre une bonne uniformité si les luminaires sont placés selon un maillage régulier et pas trop espacé (éviter cependant le placement au-dessus du bassin pour favoriser la sécurité et faciliter l'entretien).



L'éblouissement se produit lorsque les yeux sont exposés à un éclat lumineux intense qui provoque la fermeture de la pupille ou lorsqu'il y a un contraste important entre l'éclairage principal et l'éclairage des zones plus sombres.

La perception visuelle est optimale lorsque l'éclairage est uniforme mais l'éblouissement la diminue considérablement. Évitez par conséquent l'éblouissement en tenant compte de l'ambiance lumineuse environnante et en dirigeant adéquatement les faisceaux lumineux. Un luminaire qui émet un faisceau bien dirigé offre une meilleure visibilité qu'un luminaire qui envoi de la lumière dans toutes les directions. Dans certains cas, les effets d'éblouissement peuvent compromettre la sécurité.

En matière d'éblouissement, on définit le terme de luminance. Il s'agit du quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain. En terme plus simple, c'est la "brillance" d'une surface réfléchissante éclairée, telle qu'elle serait vue par l'œil de l'observateur ou l'objectif d'une caméra. La luminance varie selon 2 facteurs :

- l'éclairage sur une zone déterminée E (lux) ;
- le facteur de réflexion de la surface éclairée r (r a toujours une valeur <1).

Les normes définissent une marge de sécurité en ne tenant pas compte de l'apport de la lumière réfléchi sur les plafonds, parois et sol. Il convient donc de prendre des facteurs de réflexion égaux à zéro, tout en sachant que la réalité peut avoir un résultat jusqu'au double du résultat calculé.

Dans le cas d'un bassin de natation, cela s'illustre par le fait que la surface du bassin se comporte un peu comme un miroir. Les rayons lumineux sont réfléchis à la surface du bassin. Cela peut engendrer un phénomène d'éblouissement ou de zone aveugle pour les personnes qui se trouvent aux abords du bassin.

Afin de limiter l'éblouissement tant au niveau du bassin, qu'au niveau des locaux et des circulations, le concepteur veillera à :

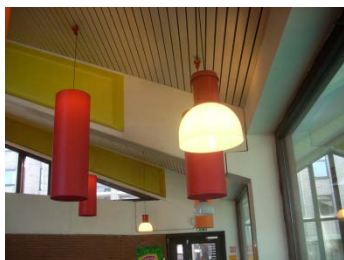
- privilégier l'emploi des luminaires efficaces équipés de tubes fluorescents ;
- éviter de placer des luminaires avec lampes à décharge perpendiculairement aux couloirs de natation ;
- n'utiliser les luminaires avec lampes à décharge que pour des hauteurs sous-plafonds supérieures à 7m ;
- privilégier l'emploi de couleurs claires pour les parois afin de limiter les contrastes ;

ÉCLAIRAGE

→ éviter de placer des fenêtres dans l'axe des couloirs de natation. Privilégier les zones parallèles.

Dans certaines situations (exemple: éblouissement important, réflexion sur la surface du bassin,...), si l'utilisation couplée de l'éclairage naturel et artificiel ne permet pas de remplir les critères de visibilité dans le bassin, il sera nécessaire d'envisager l'installation d'un éclairage subaquatique. Celui-ci viendra alors pallier aux lacunes du système classique.

ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL OU NATUREL



Dans une démarche de construction ou de rénovation durable, on privilégiera l'utilisation de la lumière naturelle à la place de l'éclairage artificiel. La qualité « spectrale » de la lumière naturelle ainsi que sa variabilité et ses nuances offrent une perception optimale des formes et des couleurs. L'éclairage artificiel doit être donc considéré comme un complément à la lumière naturelle.

Par ailleurs, le coût de l'éclairage artificiel des locaux peut être important surtout si aucune réflexion n'est faite autour de l'éclairage naturel. Un éclairage naturel de qualité combiné à une gestion adaptée des installations permettra de réduire considérablement cette consommation électrique.

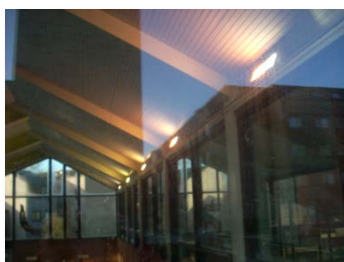
Comment cependant favoriser l'éclairage naturel au détriment de l'éclairage artificiel dans le hall bassin mais également dans les annexes?

Réfléchir, lors de l'esquisse, à l'organisation du plan de façon à profiter au mieux du potentiel lumineux. Par exemple, placer les locaux les plus utilisés en journée dans les parties les plus ensoleillées du bâtiment. Dessiner des ouvertures de façon à ce que, pour une surface éclairante donnée, le confort lumineux soit optimisé. Sauf application particulière, on cherchera à maximiser la quantité de lumière, à limiter l'éblouissement, et les contrastes trop importants, etc...

→ Idéalement, dans l'ensemble des locaux, on prévoira une gestion automatisée de l'éclairage artificiel prenant en compte aux différents endroits d'un local, le potentiel d'éclairage naturel et la présence d'occupants.

La présence de la lumière naturelle dans un local est un facteur important à prendre en compte. Si d'emblée dans un projet, le circuit des luminaires situés du côté des fenêtres est séparé de celui des luminaires côté interne, on s'offre la liberté de gérer de manière indépendante la rangée côté fenêtres en fonction de la lumière naturelle.

ÉCLAIRAGE DIRECT OU INDIRECT



Un éclairage indirect via le plafond a l'avantage de ne pas provoquer d'éblouissement par la vue directe des lampes.

La probabilité d'ombre est inférieure. Mais son efficacité énergétique est faible et fort dépendante du coefficient de réflexion du plafond et des parois. A niveau d'éclairement égal, un éclairage indirect sur revêtement clair exige une puissance installée de 30 à 50 % supérieure à un éclairage direct.

Pour une installation efficace au niveau énergétique, on choisira donc toujours un éclairage direct.

Néanmoins, si le choix d'un éclairage de type indirect est réalisé, on privilégiera l'utilisation de lampes à décharge haute pression (voir partie choix des équipements). Par ailleurs, la couleur des plafonds devra être la plus claire possible.

COULEUR DES PAROIS

A. AU NIVEAU DU BASSIN



On peut obtenir une meilleure réfraction de la lumière en utilisant de plus en plus les bassins en acier inoxydable au dét riment du béton et du carrelage. Il permet également d'utiliser des éclairages submersibles de type LED, dont l'utilisation permet une diminution de la consommation électrique en m aintenant un éc lairage subaquatique efficace. Enfin, son utilisation permet d'obtenir une meilleure qualité de l'eau de baignade.

Autrement, on privilégiera des matériaux de couleurs claires permettant un c ontraste suffisant entre les parois, le fond du bassin et les nageurs.

B. AU NIVEAU DES PAROIS

En éclairage direct, la couleur du plafond a peu d'influence puisque la lumière n'est pas dirigée vers celui-ci. Ceci n'est évidemment pas le cas en éclairage indirect où le plafond servant de diffuseur de la lumière, doit toujours avoir le coefficient de réflexion le plus élevé.

Les murs doivent être clairs de manière à bien diffuser la lumière. La couleur des murs aura un rôle, au niveau de l'éclairage, d'autant plus important que les luminaires utilisés permettent une di stribution uniforme de la lumière et un espacement important entre les différentes sources.

L'EMPLACEMENT DES LUMINAIRES ET LE ZONAGE

Rappelez-vous que seules certaines surfaces ont besoin d'être éclairées. Dirigez la lumière sur ces surfaces et évitez d'éclairer au-delà. L'application de ce principe simple a de multiples conséquences positives.



Il permet :

- d'économiser de l'énergie ;
- de réduire la pollution lumineuse ;
- de réduire la lumière intrusive ;
- d'offrir une plus grande sécurité.

La dispersion de la lumière, que ce soit vers le plafond ou hors des surfaces concernées, est un gaspillage d'énergie. Si on comparait les luminaires à des robinets, et les fuites de lumière à des fuites d'eau, jamais on ne tolérerait pareil gaspillage.

A. AU NIVEAU DU BASSIN

Dans le cas de la pratique d'une activité unique, on privilégie une direction principale du regard. Dans cette direction principale, on limite l'éblouissement en évitant de placer des luminaires inclinés équipés de lampes à forte luminance (lampes à décharge) au profit des tubes fluorescents orientés parallèlement à la direction principale.

ÉCLAIRAGE

Cette règle n'est plus d'application dans le cas d'un bassin de natation. On ne peut, en effet, pas privilégier une direction particulière. Il est donc difficile de définir un emplacement idéal. Néanmoins, dans la mesure du possible, on suivra les recommandations suivantes :

- Éviter l'installation de systèmes d'éclairage au-dessus du bassin (entretien, sécurité,...) ;
- Éviter de placer des luminaires inclinés (éviter ou limiter l'éblouissement dans la direction principale du regard) ;
- Placer les luminaires parallèlement aux couloirs de natations (éviter de les placer face à la direction suivie par le nageur) ;
- Placer les luminaires de façon à assurer un éclairage uniforme du bassin.

B. DANS LES CIRCULATIONS

Pour les espaces de circulation, on peut se permettre de diminuer le niveau d'éclairage (100 à 200 lux au sol selon le cas) tout en gardant un niveau d'uniformité acceptable. Plus particulier aux escaliers, l'orientation des luminaires doit assurer un contraste entre les marches et les contremarches.

Le choix du nombre de luminaires, de la puissance par luminaire et de leur emplacement résultera d'un compromis entre :

- le respect d'une certaine uniformité ;
- l'investissement à consentir ;
- les facilités de câblage électrique et de réfection des plafonds ;
- les économies d'énergie.



Les couloirs longs paraîtront plus courts si on place les luminaires perpendiculairement à l'axe du regard. Comme la distribution lumineuse est plus large dans le sens transversal que dans le sens longitudinal, cette position permettra d'obtenir une uniformité correcte avec moins de luminaires.

SÉCURITÉ, PROTECTION

Les normes d'éclairage exigent dans certains locaux et espaces un niveau d'éclairage minimal, que ce soit pour pouvoir y vivre, y travailler ou devoir les quitter en cas de risque pour la sécurité des occupants. On atteint ce niveau en utilisant des luminaires qui sont installés à une inter distance particulière les uns par rapport aux autres.

Les paramètres suivants sont à prendre en considération :

- Le flux lumineux réel de la lampe du luminaire ;
- Le rendement du luminaire et de sa distribution lumineuse ;
- Le nombre de luminaires ;
- Le local : ses dimensions et les facteurs de réflexion des parois.

ENTRETIEN ET MAINTENANCE



Les mots d'ordre sont : Facilité, Périodicité, Planification et Sécurité

Il ne faut pas oublier que la performance des luminaires diminue avec le temps du fait de nombreux facteurs tels que l'usure, l'encrassement, les infiltrations, le type d'ampoule, etc.

Il est par conséquent important, dans la conception d'une installation d'éclairage, d'envisager le facteur de maintenance et d'entretien. Les luminaires doivent être régulièrement nettoyés afin de leur conserver un niveau d'éclairage efficace. Il est également nécessaire de remplacer les ampoules défectueuses. Si l'entretien n'est pas réalisé ou tout simplement impossible, les installations d'éclairage perdent leur efficacité, notamment par :

- vieillissement prématuré, empoussièrement et défaillance des sources ;
- réduction des facteurs de réflexion du local ;
- dégradation des dispositifs de protection ;
- empoussièrement des armoires et de dispositifs de commandes.

Il est donc important, pour prolonger le plus longtemps possible la durée de vie des installations d'éclairage de :

- nettoyer régulièrement les luminaires et les sources,
- nettoyer les parois du local,
- remplacer les sources défaillantes,
- remplacer les appareils d'alimentation.

Afin de faciliter ces opérations maintenance, il sera intéressant dans la mesure du possible de respecter les prescriptions suivantes:

- Ne placer aucun luminaire au-dessus de la surface du bassin. L'entretien nécessiterait la mise en place d'une structure particulière ou la vidange du bassin. Par conséquent, privilégier une position périphérique autour du bassin ;
- Prévoir un plan de maintenance des installations ;
- Privilégier l'utilisation de matériaux et équipements facile à entretenir (surfaces lisses, planes, équipements étanches à l'air et à l'humidité)

Par ailleurs, le choix du système influence l'entretien nécessaire. Un tube fluorescent nécessitera, en effet, un entretien régulier plus fréquent qu'une ampoule aux halogénures métalliques. Par conséquent, on privilégiera davantage les systèmes nécessitant un entretien fréquent dans les locaux dont la hauteur est faible. À l'inverse, dans les locaux où la hauteur sous plafond est élevée, comme c'est souvent le cas au niveau du bassin de natation, on privilégiera les systèmes d'éclairage offrant une durée de vie plus élevée et nécessitant un plus faible entretien.

CONSOMMATION

Une classification comparable à celle présentée pour les appareils électroménagers existe pour les ampoules. La consommation d'une ampoule dépend de sa puissance et de son type. La classification reprend :

- la catégorie d'efficacité énergétique (de A à G) ;
- le flux lumineux (ou l'émission lumineuse) de la lampe en lumen ;
- La puissance électrique (ou consommation d'électricité) absorbée par la lampe en watt ;
- La durée de vie moyenne de la lampe (exprimée en heures).

La consommation totale d'une ampoule comprend la consommation propre et combinée de celle-ci. En effet, lors de son fonctionnement, une ampoule ou un tube fluorescent ne transforme pas l'ensemble de l'énergie électrique en énergie lumineuse. Une part de cette énergie électrique est



ÉCLAIRAGE

diffusée en chaleur (au travers du filament, du ballast,...). L'exemple le plus marquant est celui d'une ampoule à incandescence dont 95 % de l'énergie électrique consommée est transformée en chaleur, pour seulement 5 % d'efficacité lumineuse.

On privilégiera par conséquent des équipements (du type éclairage downlight, basse consommation, LED) qui offre un bon rendement lumineux pour une consommation minimum.

FACTEUR HUMAIN

L'aspect humain doit être pris en considération lors de la conception des systèmes d'éclairage. L'éclairage a, en effet, un impact important sur le bien-être physique.

Un des aspects est le confort visuel. L'environnement a des conséquences significatives sur les individus.

Théoriquement, un système d'éclairage très efficace énergétiquement ne devrait fournir de la lumière qu'aux surfaces qui en ont besoin. Dans ces conditions, les murs et les plafonds resteraient sans éclairage. Pratiquement, la pièce semblera non éclairée et inconfortable. Il ne sera pas agréable d'évoluer dans un tel environnement. Il est donc important de conserver un équilibre en matière d'économie d'énergie.

RECYCLAGE



Tant lors de la conception que lors de la rénovation d'une installation d'éclairage, il est important de tenir compte de l'impact d'un équipement usagé sur l'environnement.

Pour les ampoules classiques et halogènes, il n'existe pas de précautions particulières. Celles-ci peuvent être évacuées avec les déchets ordinaires.

Ce n'est pas le cas pour les ampoules économiques et les tubes lumineux fluorescents considérés comme des petits déchets dangereux (PDD). Depuis le 1^{er} août 2005, tous les points de vente sont tenus de reprendre gratuitement les ampoules économiques usagées.

Celles-ci peuvent également être déposées dans un centre de tri. Une taxe anticipée de recyclage (Recupel) est prélevée sur la vente des produits neufs afin de financer le recyclage.

La reprise obligatoire concerne en particulier les ampoules à faible consommation d'énergie et les tubes fluorescents, mais aussi les ampoules spéciales telles que les ampoules à vapeur de mercure, les diodes électroluminescentes et les tubes de solarium.

5.5.3 GESTION - SYSTÈME DE COMMANDE (OCCUPATION - APPORTS NATURELS)

La consommation des systèmes d'éclairage est directement dépendante du nombre d'heures de fonctionnement. Il est bien évident que la réduction du temps de fonctionnement diminue la quantité d'énergie consommée. Une autre façon d'économiser de l'énergie est de réguler la quantité de lumière artificielle en fonction de la quantité de lumière naturelle disponible.

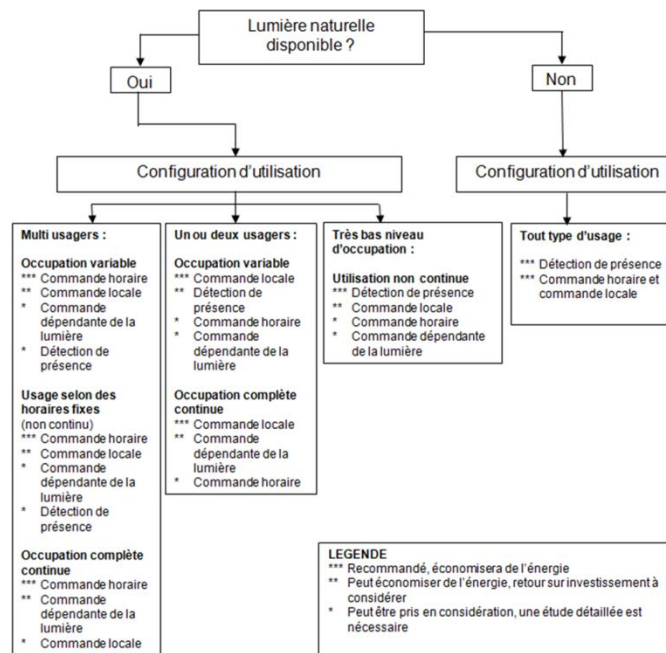
Les systèmes de gestion les plus efficaces d'un point de vue énergétique sont ceux qui intègrent :

- Une commande manuelle pour l'allumage (interrupteur) ;
- Différents niveaux d'éclairage en fonction de l'occupation et de l'utilisation ;
- Un dimming de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle disponible ;
- Un arrêt automatique sur base d'une détection de présence des personnes, d'une extinction centralisée programmée, d'horaires programmés.



La figure ci-dessous propose différents systèmes de gestion de l'éclairage en fonction de l'activité et de la

disponibilité ou non de lumière naturelle.



Efficacité énergétique – LABORELEC – 2010

5.5.3.1 EN FONCTION DE L'OCCUPATION

Il existe différents systèmes permettant de tenir compte de l'occupation au sein des locaux :

L'EXTINCTION CENTRALISÉE PROGRAMMÉE

Elle présente l'avantage d'être une solution tout à fait simple. Il est important de séparer l'alimentation de l'éclairage des autres alimentations à cause des interruptions de puissance courtes. Ce type de système convient indifféremment pour l'ensemble des locaux.

LA DÉTECTION DE PRÉSENCE

Elle est généralement utilisée pour les pièces rarement ou peu fréquentées. A titre d'exemple, les toilettes, les pièces de rangement, etc. L'éclairage est allumé ou éteint au moyen de capteurs qui détectent la présence de personnes dans la pièce. Il convient d'utiliser des capteurs dédiés à ce besoin. Des capteurs utilisant des techniques infrarouges ou ultrasoniques sont capables de détecter la présence de personnes, y compris en l'absence de mouvement. Cela évite l'extinction des lumières alors que la personne est encore présente.

Dans l'utilisation de ce type de gestion, il est important de choisir avec soin le type de lampes et le type de ballast utilisés. En effet, certains types de lampes ou de ballast sont à proscrire. C'est le cas notamment des tubes fluorescents avec ballast électromagnétique et des lampes fluocompactes pour lesquels un nombre de cycles d'allumage-extinction trop important en diminue la durée de vie. Ces systèmes ne conviennent pas à l'utilisation des lampes à iode. On privilégiera par conséquent l'utilisation de lampes LED.

LES SYSTÈMES DE CONTRÔLE AVANCÉS

Ils sont principalement utilisés pour des locaux qui ont des grilles horaires d'utilisation connues à l'avance. C'est le cas notamment du bassin, des vestiaires, des zones ludiques.

5.5.3.2 EN FONCTION DE L'APPORT EN LUMIÈRE NATURELLE

Il existe différents systèmes permettant de tenir compte de l'éclairage naturel au sein des locaux :

LES INTERRUPTEURS MANUELS :

La mise en service ou hors service d'un système d'éclairage peut être effectuée manuellement pour chaque pièce, pour une partie d'une pièce ou même sur des luminaires séparés. Lorsque la lumière naturelle est suffisante, la zone voisine de la fenêtre sera suffisamment éclairée, même si les lampes sont éteintes. Le système d'éclairage doit être conçu de telle sorte que des rangées de lampes parallèles aux fenêtres soient commandées séparément.

L'utilisation des interrupteurs devra être évidente pour les utilisateurs. Ce type de commande est facile à installer, mais dépend de l'usage qui en est fait. Elle nécessite, par conséquent, une sensibilisation des utilisateurs à de bonnes pratiques en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie.

LES INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES :

Les lampes ou les groupes de lampes sont mis en service ou hors service en fonction d'un capteur de lumière centralisé installé dans une pièce servant de référence. Un élément important à prendre en compte lors de la conception d'un tel système est de limiter le nombre d'allumage et d'extinction des luminaires au cours de la journée. Il convient pour cela de prévoir des temporisations pour la commande. Il faut également que les utilisateurs disposent de la possibilité de rallumer manuellement. L'extinction se fait alors automatiquement après un temps déterminé si les conditions de luminosité extérieures sont respectées.

LES SYSTÈMES CONTRÔLÉS CENTRALISÉS :

Ces systèmes utilisent un capteur de lumière installé dans une pièce servant de référence. Toutes les autres pièces sont contrôlées par ce capteur. Le système peut être utilisé pour un ensemble de pièces situées d'un même côté d'un bâtiment. Selon la quantité de lumière naturelle présente dans la pièce servant de référence, les lampes seront régulées ou même éteintes. Le principal avantage de ce système est que l'on obtiendra un éclairage constant tout au long de la journée. La transition de la lumière naturelle vers la lumière artificielle se fera graduellement.

LES SYSTÈMES CONTRÔLÉS DÉCENTRALISÉS :

Depuis quelques années, les systèmes contrôlés décentralisés sont devenus plus populaires. Leur principal avantage est que l'intensité de la lumière dans chaque pièce n'est plus dépendante de la quantité de lumière de la pièce de référence. Chaque enveloppe est équipée de son propre capteur qui détecte la quantité de lumière naturelle. La qualité du capteur a de l'importance. La quantité d'énergie économisée dépend de la quantité de lumière dans le bureau. La quantité de lumière naturelle dépend de la taille des fenêtres, de la forme du bâtiment, de la taille et de la couleur de la pièce. Dans des locaux classiques, environ 30 % d'énergie peut être économisée.

Dans le choix d'un système de gestion de l'éclairage naturel, les points ci-dessous sont à retenir :

A. AU NIVEAU DU BASSIN

- L'éclairage des différents bassins doit pouvoir être commandé séparément ;
- Le système de commande devra permettre d'atteindre plusieurs niveaux d'éclairement en fonction des différents niveaux d'occupation (baignade, compétition, entretien, sécurité,...) ;
- Il est recommandé de prévoir un système permettant de garantir la coupure de l'éclairage en dehors des heures d'occupation (tableau centralisé, allumage par bouton poussoir, détection de présence, minuterie, horloge,...).

B. DANS LES CIRCULATIONS ET LES SANITAIRES

Dans les circulations, l'utilisation d'une minuterie peut s'envisager si leur occupation est occasionnelle. Une configuration idéale de l'installation est l'association de la minuterie avec un ballast électronique (avec préchauffage) et de lampes fluorescentes.

L'utilisation d'un détecteur de présence se rencontre là où les temps de présence sont plus longs avec une configuration semblable à celle de la minuterie. Les détecteurs seront de type à infrarouges passifs. Ils seront placés à la place des interrupteurs ou au plafond. Pour autant que la puissance installée soit importante, la détection de présence peut également s'envisager dans les sanitaires.

Les horloges s'utilisent lorsque l'on désire une commande générale d'extinction en dehors des heures de présence. Elles commanderont l'extinction des luminaires dans les circulations après les heures d'occupation du bâtiment.

5.6 CHOIX DU TYPE D'ÉQUIPEMENTS

Un système d'éclairage est constitué de différents éléments. Chacun de ces éléments doit être pris en compte dans la conception d'une installation d'éclairage orientée économie d'énergie:

- Un appareil d'éclairage: celui-ci comprend une ou plusieurs lampes, un ballast éventuel (pour les lampes à décharge), un luminaire, un câblage intérieur et des douilles, un diffuseur ;
- Un système d'éclairage: celui-ci comprend des luminaires et un ou des systèmes de commandes d'éclairage ;
- Un environnement du système d'éclairage : celui-ci est constitué d'un local et d'autres éléments divers répartis dans la pièce.


L'efficacité d'un luminaire est définie par différentes caractéristiques dont les plus importantes sont :

- Permettre l'installation de lampes peu énergivores (de type fluocompactes ou tubes TL, LED) ;
- Orienter correctement la lumière (au moyen de réflecteurs ou de diffuseurs performants) ;
- Utiliser un ballast de type électronique économe en énergie (pour information, un ballast conventionnel de type électromagnétique consomme de 20 à 25 % d'électricité en plus).

Certains luminaires sont plus efficaces que d'autres. Ils n'apportent pas tous le même niveau de confort ou le même aspect esthétique. Il convient donc d'adapter le choix du matériel d'éclairage à chaque type de local afin d'assurer le confort des occupants tout en diminuant les consommations d'énergie électrique.

LAMPES

Les lampes peuvent être divisées en 4 catégories principales: incandescente, à décharge, à induction et à semi-conducteurs. Les lampes à décharge contiennent généralement du mercure ou du sodium gazeux. Ce gaz peut être mis en œuvre à haute ou basse pression.

 Les lampes à incandescence possèdent l'efficacité la plus faible (10 à 35 lm/W) : 95 % de la puissance reçue est perdue sous forme de chaleur et seulement 5 % est convertie en lumière. D'un autre côté, les lampes à incandescence ont un excellent rendu des couleurs, ce qui signifie que toutes les fréquences ainsi que toutes les couleurs sont présentes dans la lumière rayonnée. De plus, le prix d'achat est bas. On retrouve également dans cette catégorie, les lampes halogènes qui offrent une meilleure efficacité que les lampes à incandescence.

Les lampes à incandescence et halogènes sont encore utilisées pour des applications à faible temps d'utilisation ou lorsqu'un très bon rendu des couleurs est exigé. Dans le cadre d'une utilisation rationnelle de l'énergie, on évitera



ÉCLAIRAGE

et proscritra cependant leur emploi dans les rénovations ou les nouvelles installations.



Les lampes à décharge à vapeur de mercure basse pression produisent de la lumière blanche (40 à 100 lm/W). Les lampes fluorescentes (TL, PL etc.) sont les lampes à décharge gazeuse les plus usuelles. Il existe différents modèles de lampes fluorescentes en fonction du type de démarrage (à préchauffage, instantané ou rapide). Sans rentrer dans les détails de ces différents types d'allumage, on privilégiera l'utilisation de lampes fluorescentes à allumage instantané ou rapide, les plus courantes aujourd'hui.








Par ailleurs, sont arrivés sur les marchés, les tubes fluorescents de type T5. Ceux-ci, très compacts, offrent un très bon rendement lumineux. Dans le cadre d'une nouvelle installation, ceux-ci seront utilisés en priorité par rapport aux tubes T8. Dans le cadre d'une rénovation, ceux-ci devraient également être appliqués avec l'inconvénient de ne pouvoir réutiliser les appareils standards convenant au type T8. D'où, un investissement plus important. Cet inconvénient est à relativiser dans la mesure où l'investissement sera rapidement amorti de par l'efficacité des installations.

On retrouve également dans cette catégorie les lampes de type fluocompactes. Celles-ci conviennent parfaitement en remplacement des lampes à incandescence. Elles offrent, en effet, les mêmes caractéristiques, avec une efficacité lumineuse accrue pour une consommation moindre.

Ce type de lampe doit de préférence être utilisé dans des zones où l'éclairage reste allumé durant une période relativement longue. Des cycles d'allumage-extinction trop fréquents provoqueraient un vieillissement prématuré de la lampe. Elles conviennent dans les couloirs, zones d'accès principales, sanitaires. Les tubes fluorescents peuvent également être mis en place aux abords du bassin de natation. Ils sont alors utilisés comme éclairage secondaire ou éclairage de maintenance.

Dans la mesure où la hauteur du bassin de natation est inférieure à 10 m, on peut envisager l'utilisation de ce type de lampes. En effet, elles sont moins éblouissantes qu'une lampe à décharge. Leur utilisation, en grand nombre, offre une meilleure uniformité d'éclairage.



-  Diminution de l'éblouissement ;
-  Uniformité de l'éclairage ;
-  Allumage rapide ;
-  Possibilités de dimmer l'éclairage (nécessite un ballast électronique) ;
-  Salle de hauteur importante ;
-  Nombre de luminaire nécessaire pour obtenir un niveau d'éclairage correct ;
-  Maintenance ;



Les lampes à décharge au sodium basse pression produisent une lumière jaune monochromatique. Leur efficacité est très bonne (200 lm/W) mais elles ont un rendu des couleurs particulièrement médiocre. Elles ne sont, de ce fait, utilisées que pour des applications où le rendu des couleurs est peu important. Leur usage le plus commun est l'éclairage de sécurité ou celui des rues dans les zones peu habitées.



Les lampes à décharge à vapeur de mercure haute pression produisent principalement de la lumière blanche et sont utilisées pour des applications nécessitant de très fortes puissances d'éclairage, avec une bonne efficacité (30-60 lm/W) ainsi qu'un bon rendu des couleurs

(80). Ces modèles "haute pression" sont utilisées sur les terrains et dans les salles de sport lorsque la lampe est installée à une grande hauteur.

L'éclairage à vapeur de mercure haute pression est la plus vieille technologie HID et doit être considérée comme obsolète.



Les lampes à décharge au sodium haute pression produisent une lumière blanc jaune et sont souvent utilisées pour l'éclairage de rue, dans les zones urbaines telles que les villes et les villages. Leur efficacité est d'environ 100-150 lm/W. Leur rendu des couleurs est bas (IRC 25). Bien que plus efficace que les lampes à halogénure métallique (voir ci-dessous), on évitera leur utilisation dans le cadre des installations sportives.



Les lampes à halogénures métalliques sont parmi les sources disponibles aujourd'hui les plus efficaces énergétiquement en lumière blanche (jusqu'à 100 lm/W). Comme les lampes au sodium "haute pression" et les lampes fluorescentes, la production de lumière est obtenue par le passage d'un arc électrique au travers d'un mélange gazeux. Pour les lampes à halogénures métalliques, le tube compact à arc contient un mélange haute pression d'argon, de mercure et plusieurs halogénures métalliques. Le rendu des couleurs est très bon, pouvant atteindre 96.

Aujourd'hui, les sources aux halogénures métalliques fournissent le meilleur compromis entre la qualité de lumière et l'efficacité lumineuse. Cependant, le prix de ces lampes est plus élevé que les sources au mercure ou sodium, et elles nécessitent aussi un appareillage plus complexe. De plus, les sels métalliques corrodent le matériau du tube à arc, ce qui fait que la durée de vie est plus courte.

Malgré ces inconvénients, ces lampes se sont très largement imposées dans l'éclairage sportif où une grande qualité de lumière est nécessaire, tout en garantissant de substantielles économies d'énergies face aux lampes à incandescence. La constante amélioration et miniaturisation de ces lampes et de leur alimentation électronique, font que ces lampes vont s'imposer encore plus, et ce dans des domaines jusque-là réservés aux lampes halogènes compactes.

Les lampes à halogénures métalliques, de grandes puissances, sont donc à privilégier pour l'éclairage du bassin de natation, si la hauteur du local est suffisante (supérieure à 10 m). Certaines consignes de sécurité sont cependant à respecter. En effet, les luminaires doivent être fermés afin d'éviter tout risque d'accident dû à la conception particulière de la lampe. Ils doivent également être utilisés préférentiellement en position verticale.



Nombre de luminaire nécessaire pour atteindre un niveau d'éclairage correct ;



Salle de faible hauteur ;



Maintenance ;



Aucun dimmage possible.



Les ampoules fluocompactes également appelées basse consommation sont plus chères à l'achat que les ampoules traditionnelles. Néanmoins, la consommation d'une ampoule de ce type est cinq fois inférieure à la consommation d'une ampoule classique pour une même luminosité et un nombre d'heure de fonctionnement équivalent. La durée de vie de l'ampoule fluocompacte est également supérieure (environ douze fois plus longue pour une ampoule basse consommation de qualité). La maintenance nécessaire est par conséquent réduite. Le



ÉCLAIRAGE

surinvestissement initial pour ces ampoules est dès lors rapidement rentabilisé par rapport aux ampoules classiques.



Les lampes à induction produisent une lumière blanche. Elles ont été introduites au début des années 90 et possèdent une bonne efficacité (80 lm/W) et un bon rendu des couleurs (80-90). Toutefois, l'avantage le plus important est leur durée de vie de plus de 60.000 heures. Elles sont, pour cette raison, utilisées lorsqu'une longue durée de vie est exigée. Elles nécessitent par ailleurs un appareillage particulier. Elles sont, par conséquent, peu utilisées et très coûteuses.



Les diodes électroluminescentes (LED pour light-emitting diode) ou semi-conducteurs (SSL) sont réalisées à partir de matériaux semi-conducteurs et émettent de la lumière lorsqu'elles sont parcourues par du courant. Leur efficacité énergétique est relativement bonne (45 lm/W) et devrait encore s'améliorer dans un avenir proche. Elles sont disponibles dans une large gamme de couleurs et de puissance.

A l'opposé des LEDs, les OLEDs sont une source de lumière étendue. Ainsi on peut imaginer un éclairage à base de panneaux d'OLEDs contre les murs et les plafonds. Ces derniers pourraient éclairer par le biais d'une lumière diffuse et homogène.

Les lampes LED conviennent parfaitement en remplacement des tubes fluorescents, des lampes à incandescence et à halogène. Leur utilisation permet en outre de diminuer la consommation par rapport à celles précédemment citées. La durée de vie des lampes LED est outre plus élevée (certains modèles affichent jusqu'à 60.000 heures de fonctionnement).



Les lampes LED offrent également des possibilités quasi "illimitées" au niveau de la gestion de l'éclairage.



Consommation faible ;



Rendement de consommation élevé (des pertes subsistent au niveau des composants électroniques) ;



Association possible avec une gestion de l'éclairage ;



Puissance faible.



À l'heure actuelle, les LED ne sont pas encore capables de supplanter les équipements classiques de type TL ou fluo compacts. En effet, l'efficacité lumineuse de la LED nécessite l'utilisation d'un plus grand nombre de points lumineux pour atteindre un niveau d'éclairage équivalent. La consommation de l'un et l'autre est, par conséquent, plus ou moins équivalente. De même, remplacer l'éclairage des bassins, composés généralement de lampes à décharge haute pression n'est à l'heure actuelle pas envisageable pour les piscines. Les composants électroniques ne résisteraient pas aux vapeurs chlorées des halls. De plus, pour atteindre un même niveau d'éclairage, la consommation est relativement similaire.

Ces inconvénients ne doivent cependant pas occulter le fait que les équipements de type LED peuvent facilement être associés à une gestion de l'éclairage, et par conséquent, permettre d'adapter le niveau d'éclairage en fonction des besoins et des apports extérieurs. De plus, les technologies LED et OLED sont en plein développement. Ceci nous permet d'affirmer que:

→ Les LED sont l'avenir de l'éclairage et d'insister sur le fait que l'auteur de projet doit orienter sa réflexion dans ce sens.

Le tableau ci-dessous reprend les différents types de lampes dont l'utilisation peut aujourd'hui être envisagée dans la conception de l'éclairage d'une piscine

LAMPES	RENDEMENT LUMINEUX	GESTION DE L'ÉCLAIRAGE	DURÉE DE VIE (h)
À DÉCHARGE À VAPEUR DE MERCURE BP	40 à 100 lm/W	Oui (ballast électronique)	> 1.000
À HALOGÉNURE MÉTALLIQUE	100 lm/W	Non	> 6.000
FLUOCOMPACTE	40 à 80 lm/W	Non	> 10.000
LED	45 lm/W	Oui	> 50.000

BALLASTS

Il y a deux catégories principales de ballasts :

- les ballasts électroniques ;
- les ballasts électromagnétiques classiques.

Les starters associés aux ballasts sont également classiques ou électroniques. Différentes considérations sont à prendre en compte lors du choix du ballast et du démarreur. Les caractéristiques ne dépendent pas seulement du type de système mais également du fabricant. Les aspects importants sont :

- le coût d'investissement ;
- l'efficacité énergétique totale du système d'éclairage ;
- la durée de vie du ballast ;
- la durée de vie de la lampe (qui dépend du ballast) ;
- la chaleur générée par le ballast et la lampe ;
- la possibilité d'affaiblissement ;
- l'influence de la qualité de l'énergie de la source d'alimentation ;
- la durabilité au regard des influences de l'environnement, principalement la température ambiante ;
- l'influence sur la production de lumière au cours de la durée de vie.

Il existe également différentes catégories de ballasts électroniques :

- simple ;
- à gradation par paliers de l'intensité lumineuse ;
- à gradation continue de l'intensité lumineuse.

Ceux-ci vont permettre d'adapter la puissance lumineuse en fonction des besoins. Cela nécessite bien entendu un système de commande et une action sur ce système de commande.

Nb : les ballasts à gradation à paliers sont à privilégier par rapport à une gradation continue. Cette dernière diminue, en effet, légèrement la durée de vie de la lampe pour une diminution de consommation relativement faible par rapport au système de ballast à paliers. Autrement-dit, le ballast à paliers offre une efficacité similaire, pour un investissement moindre et prolonge la durée de vie de la lampe.

ÉCLAIRAGE

Avantages du ballast électronique sur le ballast électromagnétique

- 😊 pertes faibles ;
- 😊 efficacité des lampes accrue ;
- 😊 durée de vie des lampes augmentée (diminution des frais d'entretien) ;
- 😊 poids ;
- 😊 contrôle de la puissance et du courant.

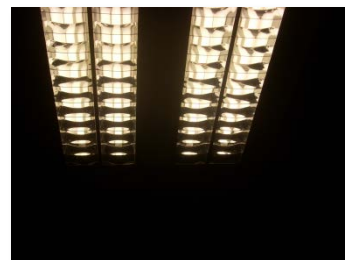
Inconvénient du ballast électronique

- ☹️ prix.

LUMINAIRE (SUPPORT - RÉFLECTEUR - DIFFUSSEUR)

La fonction principale du luminaire est de réfléchir la lumière vers la zone souhaitée. Une ampoule émet la lumière à 360 degrés. Le support va guider et réfléchir la lumière dans un faisceau utile, parfois asymétrique vers la zone où elle est nécessaire

Les types de support mis en œuvre influencent de façon importante l'efficacité énergétique de l'ensemble du dispositif d'éclairage. Toute la lumière produite par la lampe n'est pas transmise par son support. Cela dépend, entre autres, de la forme et du matériau du réflecteur et de l'orientation au niveau du culot du support.



→ Les luminaires seront préférentiellement équipés d'optiques (réflecteurs) en aluminium anodisé ou recouverts d'une mince couche d'argent. Ces réflecteurs placés à l'intérieur du luminaire dirigent la lumière de lampe vers la zone à éclairer.

- 😊 Augmentation de l'efficacité lumineuse (diminution du nombre de luminaire, de la consommation, de l'entretien)
- 😊 Diminution du nombre de lampes lors de rénovation
- 😊 Durée de vie élevée

RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Dans une démarche de conception énergétique, une réduction des consommations est recherchée par la prise en compte :

- de l'apport de la lumière naturelle ;
- de la gestion en fonction de l'occupation réelle des locaux.

Par exemple :

Les rangées de lampes le long des fenêtres seront raccordées distinctement ;

Les grands locaux devront disposer de plusieurs réseaux d'allumage afin de n'utiliser que le strict nécessaire ;

Les couloirs devront disposer de deux réseaux distincts de façon à obtenir un éclairage de jour et un éclairage nuit.

5.7 RECOMMANDATIONS PRATIQUES

Lors de la conception et l'utilisation d'un éclairage, des économies d'énergie peuvent être réalisées. Il existe de nombreux types de lampes et de supports. Chaque application a son propre besoin en fonction du type d'éclairage utilisé. Le facteur humain doit également être pris en considération lors de la conception d'un système d'éclairage.

5.7.1 LA CONCEPTION

- ✓ Développer lors de l'avant-projet, une stratégie d'utilisation de l'éclairage naturel ;
- ✓ Vérifier les possibilités d'utilisation de l'éclairage naturel ;
- ✓ Éviter les locaux sans éclairage naturel ;
- ✓ Vérifier les possibilités du contrôle de l'éclairage ;
- ✓ Prévoir un système de gestion de l'éclairage ;
- ✓ Prévoir un dimming des puissances lumineuses en fonction de l'éclairage naturel disponible ;
- ✓ Prévoir un interrupteur général à la sortie du bâtiment afin de permettre de couper l'ensemble des circuits d'éclairage ;
- ✓ Prévoir un découpage du circuit électrique d'éclairage (prévoir une commande d'éclairage propre pour chaque zone de passage ou chaque zone disposant d'un éclairage artificiel différent) ;
- ✓ Prévoir l'extinction temporisée de l'éclairage dans les locaux de passage (minuterie) ;
- ✓ Prévoir la position des luminaires afin de faciliter leur entretien et la maintenance ;
- ✓ Prévoir la position des luminaires afin d'optimiser l'efficacité lumineuse et de ne pas déranger les utilisateurs ;
- ✓ Raccorder les rangées de lampes le long des fenêtres de façon distinctes ;
- ✓ Prévoir des luminaires à lampes fluorescentes équipés de ballasts électroniques (ballast énergétiquement efficace) ;
- ✓ Déterminer le type d'ampoules satisfaisant le besoin de l'application ;
- ✓ Déterminer le type de support adéquat ;
- ✓ Limiter la puissance installée ;
- ✓ Avoir présent à l'esprit les impacts sur les individus de l'éclairage ;
- ✓ ...

5.7.2 L'UTILISATION

Différentes actions permettent d'améliorer l'efficacité énergétique des équipements d'éclairage, notamment :

- ✓ Nettoyer les lampes ;
- ✓ Éteindre les lampes lorsque le local est inoccupé ;
- ✓ Prévoir un plan de maintenance régulier des luminaires ;

ÉCLAIRAGE

- ✓ Sensibiliser les utilisateurs à l'URE ;
- ✓ ...



SUIVI ET RÉCEPTION DES TRAVAUX GESTION EFFICIENTE DE L'ÉNERGIE



SUIVI ET RÉCEPTION DES TRAVAUX

6 LE SUIVI ET LA RÉCEPTION DES TRAVAUX

6.1 GÉNÉRALITÉS

Une fois les prescriptions techniques approuvées par le Maître de l’Ouvrage ou l’exploitant, l’auteur de projet doit assurer la bonne exécution des travaux, de manière à vérifier la conformité et apporter une assistance au Maître de l’Ouvrage afin qu’il puisse prendre les meilleures décisions.

L’implication du Maître de l’Ouvrage (responsable du projet autorisé à prendre des décisions) à ce stade est fondamentale puisque le résultat final dépend aussi de lui et pas uniquement de l’auteur de projet.

En effet, il y a toute une série de choix et de décisions importantes qui lui incombent et que lui seul peut prendre.

6.2 LE SUIVI DE TRAVAUX

La mission de suivi est relative à l’approbation des fiches techniques, des tracés, aux réunions de chantier et au suivi régulier des travaux. Lors de la réalisation de ces travaux, il est indispensable (ce n’est pas souvent le cas) que les personnes directement concernées (exploitant, les techniciens internes, la société de maintenance, le futur « conducteur », etc... soient présents afin qu’ils comprennent et maîtrisent tous les aspects qui les concernent... Après, il est souvent trop tard.

En effet, il arrive que les personnes qui suivent les travaux ou les formations ne soient pas celles qui sont directement concernées par l’exploitation et la conduite du bâtiment. Il en résulte donc que lorsque les travaux sont terminés, les personnes concernées par l’exploitation n’ont aucune connaissance et maîtrise de leur sujet, ce qui va à l’encontre d’une conduite rationnelle et performante.



6.3 LA RÉCEPTION PROVISOIRE

Une fois que les installations sont prêtes à être réceptionnées, une date de réception peut être fixée. Cette étape est fondamentale, puisqu’à partir de cette date, c’est le Maître de l’Ouvrage (ou son délégué) qui doit prendre en charge l’exploitation de ses nouvelles installations.

Il doit donc disposer, à partir de cette date, de toutes les compétences, documents et informations concernant l’ouvrage.

Pour qu’il puisse assurer le confort des occupants de manière rationnelle, il doit disposer :

- Des plans et des schémas as-built (exécution diffère de la conception) des différentes installations techniques ;
- Des fiches techniques et des garanties des équipements et du matériel installé ;
- Des descriptifs fonctionnels des installations de régulation (voir détails partie régulation) ;
- Des rapports de tests relatifs aux différentes installations (régulation, débits d’air, débits d’eau, etc..) permettant de juger du bon fonctionnement de celles-ci ;
- Des documents relatifs aux formations suivies qui apportent au Maître de l’Ouvrage le support nécessaire pour l’utilisation future des installations ;
- Des rapports relatifs au contrôle de la conformité des installations (gaz, électricité, etc...) ;

→ La liste des points importants à suivre sur le plan énergétique.

Le Maître de l'Ouvrage peut alors prendre les installations en main !

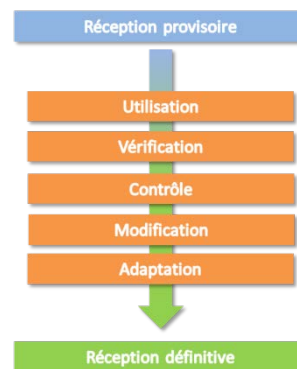
Suivant le niveau de complexité des travaux ou du projet, il peut s'avérer très judicieux qu'une réunion supplémentaire sur site soit programmée entre la réception provisoire et la réception définitive, de manière à lever toutes les interrogations du Maître de l'Ouvrage afin d'assurer un meilleur fonctionnement de ses nouvelles installations.

Il faut souligner l'importance de l'implication de l'exploitant à partir de cette réception provisoire.

C'est entre la réception provisoire et la réception définitive que le Maître de l'Ouvrage doit utiliser, vérifier, contrôler, etc... sa nouvelle installation de manière à disposer d'un maximum d'informations pour solutionner les éventuels dysfonctionnements ou pour apporter les modifications/adaptations nécessaires.

En effet, ce n'est vraiment que lors de l'exploitation journalière des installations techniques de la piscine que l'on pourra déceler des anomalies ou des incohérences éventuelles.

L'objectif étant de disposer d'une installation 100% opérationnelle lors de la réception définitive et d'éviter ainsi (comme c'est souvent le cas) l'intervention ultérieure payante d'un technicien.



6.4 LA RÉCEPTION DÉFINITIVE

Lors de la réception définitive toutes les remarques doivent être levées et le Maître de l'Ouvrage doit pouvoir disposer d'une installation fonctionnelle à 100%.

7 COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE

7.1 GÉNÉRALITÉS

La gestion et le contrôle des consommations d'énergie deviennent chaque jour une priorité plus importante. L'augmentation du prix de l'énergie n'est pas étrangère à cette nouvelle réalité. C'est d'ailleurs d'autant plus vrai dans une piscine où les consommations annuelles sont astronomiques. La moindre dérive peut entraîner une augmentation conséquente de la facture énergétique. Il est donc indispensable de mettre en place un suivi régulier et efficace des consommations.

7.2 OBJECTIFS

- L'objectif principal poursuivi par la mise en place d'une comptabilité énergétique est d'optimiser, réduire et détecter les anomalies de consommation pour limiter la facture énergétique finale. Une comptabilité énergétique efficace et suivie peut apporter des économies substantielles.

7.3 MISE EN PLACE D'UNE COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE

Avant de s'atteler à la mise en place d'une comptabilité énergétique, il est indispensable de se poser quelques questions fondamentales.

- Que veut-on mesurer ?
- Comment va-t-on le mesurer ?
- Avec qui va-t-on travailler ?

7.3.1 QUE VEUT-ON MESURER ?

Dans une piscine, le volume d'informations disponibles est très important. Celui-ci est justifié notamment par les quantités d'énergie mises en œuvre et la taille des installations. Il est par conséquent important de cibler précisément les données à collecter afin de ne récupérer que les plus pertinentes.

Les consommations pour lesquelles l'auteur de projet doit absolument mettre en place un système de comptabilité sont les suivantes :

- Eau (piscine, eau chaude sanitaire, eau de traitement,...)(m³) ;
- Combustible (gaz, mazout, bois, huile végétale,...)(kWh, m³, litres, tonnes,...) ;
- Électricité (kWh, kWhpleine/kWhcreuse, jour/nuit, kVARh,...).

Et ce, également distinctement pour chaque point de consommation (chaudière, filtre,...) et en fonction de l'usage de l'énergie (chauffage, refroidissement,...). Par ailleurs, il peut être intéressant de distinguer les différentes zones (exemple : distinguer les consommations de la piscine et de la cafétéria).



Nb : on remarque ci-dessus différentes unités possibles sous lesquelles les relevés peuvent être effectués. Il est important de comparer les différents vecteurs énergétiques selon la même unité!

L'auteur de projet doit également prévoir le relevé des conditions de confort suivantes :

- Température (d'eau, d'occupation, d'ambiance, extérieure, ventilation,...)(° C) ;
- Degré d'humidité.

Ce relevé doit être réalisé au niveau des différentes zones principales de confort. Autrement-dit, dans les différentes zones humides (hall du bassin de natation,...) et dans les zones sèches (vestiaires,...).

Il est également utile d'assurer un suivi de la consommation en produits de traitements. Ce suivi sera généralement assuré de manière manuel, contrairement à ceux cités précédemment, et pour lesquels on privilégiera un suivi automatique (la problématique du suivi est abordée au point suivant).

Finalement, il est également intéressant de disposer du nombre de nageur par an. On peut, dans ce cas, mettre en place un système de comptage du nombre d'entrée. Celui-ci doit être différent d'un simple relevé du nombre d'entrées vendues. Ce relevé n'est en effet pas assez représentatif. Par exemple, il ne tient pas compte des nageurs qui disposent d'un abonnement et dont les allées et venues ne peuvent être contrôlées.

→ **Nb** : Il est important de concevoir les réseaux de distribution d'énergie (électricité, combustible, eau, chauffage, froid,...) de façon distincte selon l'application. En effet, le relevé des consommations doit être réalisé par vecteur énergétique mais en priorité par point de consommation.

Par exemple, le système doit être conçu pour permettre de mesurer séparément la consommation d'électricité de l'éclairage et celle des process de traitement d'eau ou de la cafétéria. Ce qui consiste, par conséquent, à disposer de tableaux électriques et de compteurs distincts pour chaque consommateur (éclairage, traitement d'eau, ventilation,...).

7.3.2 COMMENT VA-T-ON LE MESURER ?

En comptabilité énergétique, il existe trois principaux systèmes de relevés des informations.

- Le suivi manuel ;
- Le suivi automatique ;
- Le suivi des factures.

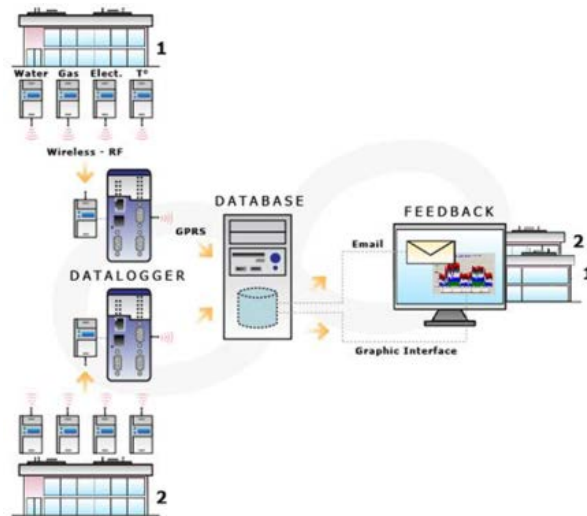
LE SUIVI MANUEL consiste en une "photo" de l'installation à un moment donné. Il permet un suivi hebdomadaire ou mensuel et est relativement simple à mettre en place. Par conséquent, l'installation de compteurs mise à part, il ne nécessite pas de matériel très spécifique. L'encodage est réalisé sur base de relevés ou de données de facturation. Les principaux inconvénients de ce système sont un temps de réaction qui peut être relativement long avant qu'une anomalie ne soit détectée et des comparaisons rendues difficiles si les relevés ne sont pas réalisés de façon régulière. Ce système peut être utilisé dans le cas de points de faible consommation.

Dans la plupart des cas, on lui préférera **LE SUIVI AUTOMATIQUE**. Celui-ci permet un suivi journalier des installations et une analyse plus complète et suivie. Par conséquent, des actions correctrices peuvent être entreprises rapidement si une anomalie est détectée.

Ce système nécessite la mise en place d'équipements plus spécifiques. On retrouve principalement les éléments suivants :

COMPTABILITÉ ÉNERGÉTIQUE

- ✓ Un compteur qui collecte l'information brute ;
- ✓ Un datalogger qui récupère l'information au niveau du/des compteur(s) (enregistreur) ;
- ✓ Cette information est enregistrée dans une base de données ;
- ✓ Cette base de données est consultable via une interface dédiée (logiciel).



Ces éléments sont indispensables à la mise en place d'une comptabilité énergétique efficace.

LE SUIVI DES FACTURES est plus spécifique et s'applique pour certains relevés de données. Dans une piscine, alimentée la plupart du temps en électricité haute tension, il est intéressant de suivre l'évolution du facteur de puissance ($\cos \varphi$) et de la pointe quart horaire. L'intérêt n'est ici pas énergétique mais financier. L'objectif est, en effet, de limiter les pénalités appliquées par le fournisseur d'énergie. Il est également évident que si les deux systèmes précédents ne peuvent être mis en place, le suivi des factures constitue un dernier recours.

7.3.3 AVEC QUI VA-T-ON TRAVAILLER ?

Ce dernier point aborde la problématique qui concerne le choix de la ou les personnes qui va/vont assurer le suivi de la comptabilité. Il existe également différentes possibilités. Il peut s'agir :

- D'une personne désignée en interne qui réalise l'encodage (si nécessaire) et le suivi des informations ;
- D'une société spécialisée ;
- D'une société de maintenance ;
- Du fournisseur d'énergie.

8 GESTION EFFICIENTE DE L'ÉNERGIE

8.1 EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

8.1.1 GÉNÉRALITÉS

Lorsque que l'on dispose :

- De nouvelles installations techniques ;
- D'installations rénovées ;
- Ou même d'installations techniques existantes.

Il faut exploiter les outils à disposition pour assurer le confort des occupants tout en limitant les frais d'exploitation et d'énergie. La gestion des installations est fondamentale sur le plan énergétique. Une mauvaise gestion ou l'absence totale de gestion peut conduire à des consommations d'énergie inutiles et importantes. Il est par conséquent indispensable d'assurer la gestion de ces installations.

Cette gestion efficiente relève du Maître de l'Ouvrage.

Si le Maître de l'Ouvrage n'a pas les ressources humaines pour assurer ce suivi, il peut faire appel à une société spécialisée, mais c'est lui qui doit avoir le contrôle de « sa situation énergétique » (c'est lui qui paie la facture d'énergie) et il doit aussi connaître le niveau d'efficacité de « sa gestion énergétique ».

Une fois les installations opérationnelles, il faut :

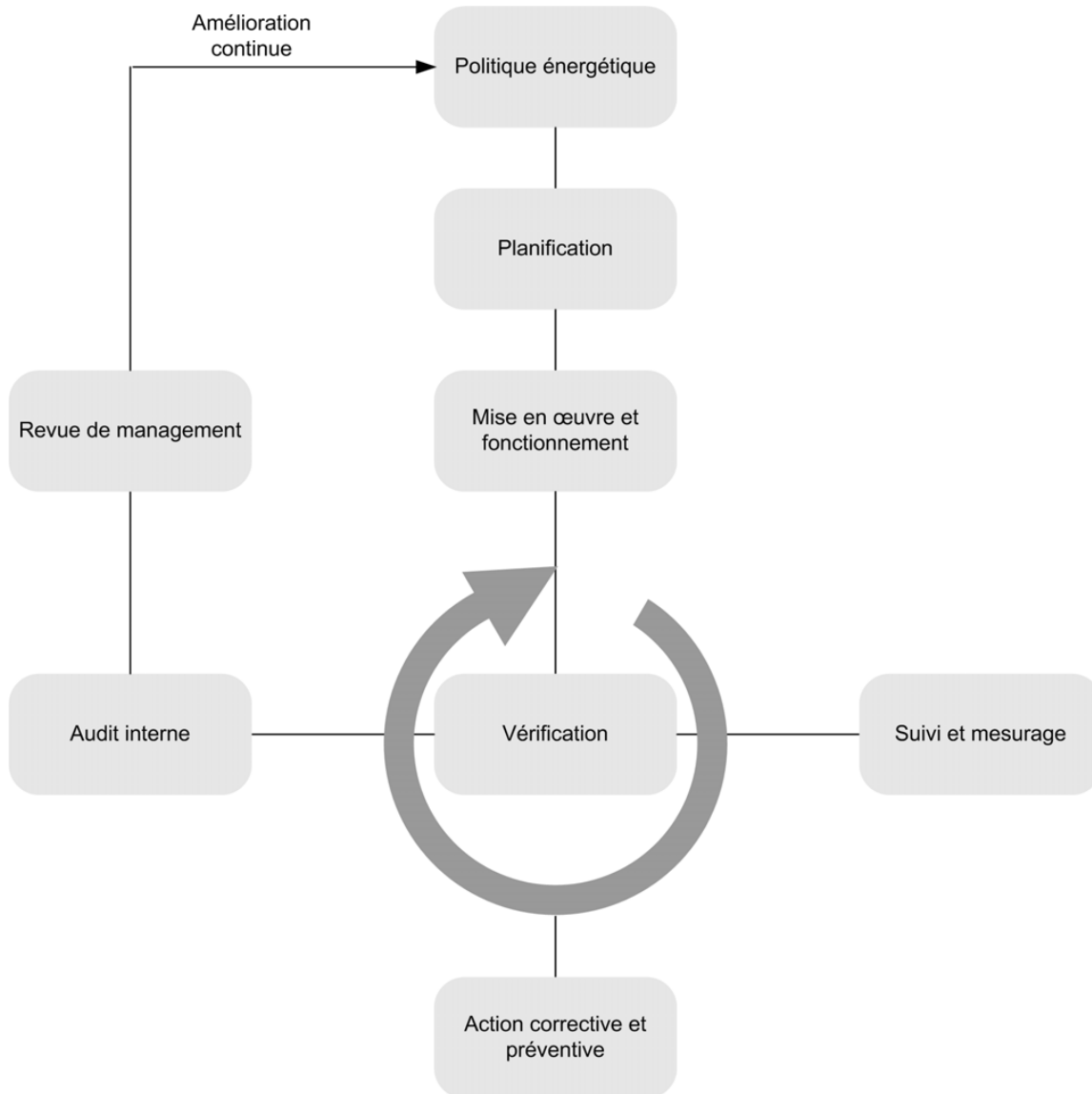
- ✓ Optimiser l'ensemble des paramètres du bâtiment et de ses installations de manière à atteindre le confort désiré avec un niveau de consommation minimum ;
- ✓ Conduire les installations techniques de manière efficiente (personne formée à une utilisation performante de ces installations) ;
- ✓ Entretien l'installation de manière à :
 - maintenir le rendement des équipements à leur meilleur niveau ;
 - éviter la dégradation ;
 - limiter la durée d'un dysfonctionnement (le dépannage doit être rapide) ;
 - etc...

Il existe une norme, la EN 16001, qui est relative à la gestion efficiente de l'énergie. Cette dernière a pour objectif d'aider les exploitants à structurer leur démarche d'efficacité énergétique. Elle anticipe notamment les points essentiels de la future norme internationale ISO 5001.



OPTIMISATION DES INSTALLATIONS

8.1.2 NORME EN 16001



Les exigences de la présente Norme européenne peuvent s'aligner sur ou s'intégrer à celles d'autres systèmes de management portant sur par exemple, la qualité, l'environnement, la sécurité et la santé au travail, les finances ou le risque. Il est donc possible pour un organisme d'adapter son (ou ses) système(s) de management existant afin d'établir un système de management de l'énergie conforme aux exigences de la présente Norme européenne. Cela consiste à la mise en place d'un processus d'amélioration continue qui aura pour effet un usage énergétique plus efficace. Elle encouragera les organismes à mettre en œuvre un plan de suivi de l'énergie ainsi que des analyses énergétiques.

8.2 L'OPTIMISATION DES INSTALLATIONS

8.2.1 GÉNÉRALITÉS

L'optimisation est relative à l'amélioration de la performance énergétique des installations. Les opérations d'optimisation englobent toute une série de choix, de décisions et d'actions qui conduisent ensemble à une réduction de la consommation d'énergie. L'optimisation énergétique est totalement indépendante des opérations qui sont relatives à la maintenance des installations.

→ L'objectif étant toujours de maintenir des conditions d'exploitation qui sont acceptables pour les baigneurs.

Cette mission est totalement indépendante de la mission du bureau d'études techniques qui conçoit les nouvelles installations, élabore les prescriptions techniques et assure le suivi de la réalisation des travaux.

Cette mission démarre généralement lorsque la mission du bureau d'études « techniques spéciales » a terminé une bonne partie de ses prestations. En effet, lorsque l'on dispose d'une installation fonctionnelle et que la consommation d'énergie existe, on peut alors commencer à réduire ces consommations.



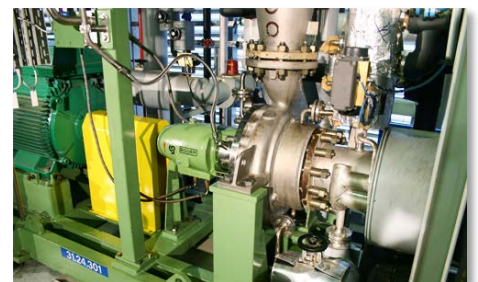
L'optimisation est basée sur des prestations de terrain afin d'amener l'installation à son niveau optimum sur le plan énergétique. En effet, on parle souvent de concepts, des technologies, etc... mais on parle rarement de gestion et d'optimisation. Cependant, un bon concept, un bon équipement, etc... ne peut donner de bons résultats que si ceux-ci fonctionnent de manière performante sur le terrain...pas uniquement sur papier...

La pratique montre que bon nombre d'investissements importants ne donnent pas les résultats escomptés. En effet, une bonne chaudière à condensation, une cogénération, une régulation, etc... ne peuvent donner le maximum que si tous les éléments et paramètres de fonctionnement sont optimisés... Si ce n'est pas le cas, on ne peut retirer le maximum escompté de son investissement.

→ Cette mission est devenue fondamentale suite à l'importance pour tous de réduire les émissions de CO₂, mais surtout par le fait qu'une installation ne peut donner de bons résultats que si celle-ci fonctionne correctement sur le terrain (pas seulement sur papier).

L'expert en optimisation énergétique doit disposer d'une grande expérience pour assurer une guidance et la mise en place d'actions réalistes sur le plan de l'exploitation et de la maintenance. Il doit donc disposer d'une expertise théorique mais également et surtout d'une expertise de terrain qui est indispensable pour atteindre des objectifs.

L'expert en optimisation énergétique est le responsable PEB de terrain. En effet, le responsable PEB doit garantir un résultat « papier » avant et durant la construction ou la rénovation du bâtiment ou des installations et l'expert en optimisation doit atteindre un résultat « concret » après en réduisant les consommations suite à l'amélioration de l'exploitation et du fonctionnement.



OPTIMISATION DES INSTALLATIONS

8.2.2 PAR QUI ?

L'optimisation énergétique est dédiée aux spécialistes et demande une grande expérience dans le domaine. Cette fonction ne peut donc être déléguée aux personnes non averties. Le volume de consommation important des piscines en renforce l'intérêt. L'optimisation peut en effet engendrer de belles économies ou générer de grosses pertes...

8.2.3 À PARTIR DE QUAND ?

La mise en place de ces opérations peut démarrer à la réception provisoire des travaux lorsque l'on dispose d'installations fonctionnelles sur lesquelles on peut déjà opérer des aménagements gagnants.

8.2.4 DURÉE ?

La mise en place de ces opérations peut s'étaler sur toute la durée de l'exploitation de la piscine avec des interventions plus importantes au début et réduites par la suite.

8.2.5 EXPERTISE NÉCESSAIRE DU PRESTATAIRE ?

L'expert doit disposer de compétences qui lui permettent de mener à bien sa mission.

Ces différents éléments sont l'expérience professionnelle acquise au travers :

- d'audits qui permettent de savoir ce qu'il est nécessaire de faire et de ne pas faire et qui comprennent des notions de rentabilités énergétiques et financières ;
- d'études de conception, afin de disposer d'une connaissance théorique nécessaire à la mise en place de ces concepts sur le terrain ;
- l'optimisation d'installations techniques qui génère des économies d'énergie substantielles ;
- la guidance énergétique confirmée dans le cadre de l'exploitation de piscines qui est différente des autres bâtiments ;
- la guidance de la maintenance de manière à améliorer la performance énergétique liée aux opérations de maintenance.

L'expert doit également disposer de toute une série d'appareils et d'équipements de mesures qui lui permettent de contrôler les paramètres de l'installation afin de les amener à un niveau optimal.

On trouve parmi ces équipements, notamment :

- Un appareil de mesure des fumées de combustion (mesure des rendements instantanés) ;
- Les appareils de mesures de température d'eau, d'air ambiant, d'humidité, de qualité d'air, etc... ;
- L'appareil de mesure pour les réseaux aérauliques ;
- Les enregistreurs de température, d'humidité, d'électricité, etc...
- Les caméras thermiques ;
- Les compteurs d'énergie portable à ultrason par exemple ;
- Etc...

8.2.6 LES AXES D'UNE TELLE MISSION

Cette mission est relative à la mise en place de toutes les actions qui permettent de réduire directement les frais d'exploitation. On trouve dans ces frais d'exploitation, l'énergie, l'eau mais également les frais liés à la maintenance. En effet, une installation qui fonctionne mieux consomme moins d'énergie mais génère moins de coûts de maintenance suite à une utilisation plus rationnelle...

Ci-dessous, plus en détail, un éventail des opérations :

- La réunion pour le démarrage (transfert des données de consommation d'énergie, transfert des documents techniques et définition des lignes directrices spécifiques à suivre) ;
- Les réunions pour le suivi des différentes opérations réalisées et à réaliser (bilan des différentes opérations) ;
- La rencontre des différents " acteurs " techniques et administratifs du bâtiment afin de définir les impératifs liés au fonctionnement journalier du site ;
- Les visites nécessaires à la récolte de données et d'informations pour la maîtrise de la situation (afin notamment d'interroger les responsables et utilisateurs du bâtiment et des installations) ;
- L'approche des principaux consommateurs du site comme, les installations de chauffage, de refroidissement, de la ventilation, de l'eau chaude sanitaire, du traitement de l'eau, de la régulation, du système de gestion centralisée, de la cogénération, de l'électricité, de l'éclairage et les autres consommateurs spécifiques du bâtiment ;
- L'étude et analyse des documentations, des données, des dossiers, des plans et schémas des installations en place ;
- L'étude et la recherche de toutes informations nécessaires pour la compréhension de la situation existante (contact auprès de fournisseurs de matériel, des sociétés ayant en charge la maintenance des installations techniques, etc...) ;
- La réalisation des mesures nécessaires à l'élaboration de la situation de départ (analyse des fumées de combustion, température et humidité ambiante, contrôle de l'état de fonctionnement des circulateurs, mesure de la vitesse d'air dans les gaines, analyse des déplacements d'air, niveau d'éclairage, etc...) ;
- La recherche des différents modes de fonctionnement des installations (horaires, régimes de fonctionnement, régulation en place, etc...) ;
- L'analyse et l'enregistrement des paramètres nécessaires à la compréhension des installations et à la maîtrise des conditions de confort (température, humidité, électricité, etc...) ;
- Vérification de l'installation de production d'eau chaude sanitaire et de la problématique de la légionelle ;
- La définition des horaires d'occupation, des exigences au niveau du confort des occupants, des conditions de sécurité et d'exploitation, etc... ;
- L'analyse de l'évolution des consommations durant la journée, durant l'année, durant les différentes saisons (régime été et hiver), etc... ;
- La mise en place des différentes actions d'optimisation sur site (régulation, régime de température d'eau chaude et/ou d'eau froide durant l'été et durant l'hiver, la définition des températures ambiantes en occupation et en inoccupation, cascade et fonctionnement des unités de production, l'amélioration de l'efficacité de la distribution et des unités terminales, etc...) durant la période d'hiver et durant la période d'été avec le personnel technique qui a en charge la conduite journalière des installations ;

OPTIMISATION DES INSTALLATIONS

- Lors des visites sur site, le personnel, qui a en charge la conduite journalière des installations, sera informé et formé à l'URE (Utilisation Rationnelle de l'Énergie). Cette guidance technique permet d'engendrer des économies d'énergie importantes puisqu'elle est réalisée sur site avec les équipements qui lui sont propres (rien à voir avec les formations théoriques réalisées dans une salle de cours) ;
- La rédaction et la transmission d'un rapport après chaque visite reprenant les différentes opérations réalisées et les actions à mettre en place ;
- L'analyse de l'évolution de la consommation d'énergie durant la période écoulée (normalisation de la consommation suivant les degrés-jours) ;
- Etc...

8.2.7 LE POTENTIEL D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ENVISAGEABLE

Le potentiel d'économie d'énergie relatif à l'optimisation des installations peut être très important.

En effet, c'est l'expérience du terrain qui prouve la nécessité de ces opérations et qui confirme les résultats possibles en termes d'économie d'énergie.

L'économie est très variable et dépend de toute une série de facteurs mais peut aller de 5 à 25% suivant la situation par rapport à une situation non optimisée

Vu le volume des consommations énergétiques d'une piscine, les moindres pourcents d'économie générés engendrent des retombées financières substantielles.

Le bilan de cette opération est donc très intéressant sur le plan financier mais également sur le plan environnemental, car elle ne nécessite pas d'investissement supplémentaire puisqu'il s'agit des installations et équipements existants ou nouvellement installés.

8.3 LA CONDUITE DES INSTALLATIONS

8.3.1 GÉNÉRALITÉS

La conduite des installations est relative à l'utilisation technique journalière des installations. Celle-ci a aussi un impact sur la consommation finale du bâtiment. En effet, même si les installations sont bien conçues, bien dimensionnées et optimisées, le résultat ne sera atteint que si la conduite est optimale et orientée URE.

Il y a donc lieu, dès le début du projet, de désigner la personne qui sera responsable de la conduite des installations. Le responsable peut provenir de différents horizons suivant le bâtiment, les disponibilités de personnel. Il faut cependant qu'il soit presque quotidiennement présent sur le site.

Les prestations qui sont relatives à cette conduite ne sont pas trop conséquentes une fois que le « conducteur » a la maîtrise et la connaissance des éléments et des « outils » qui sont à sa disposition.

ADOPTER LA CONDUITE ÉCONOMIQUE



source : <http://www.goubelle.net/>

8.3.2 PAR QUI?

Cette conduite doit être effectuée par une personne qui est quotidiennement sur site afin qu'elle prenne les « bonnes » actions en termes de gestion des installations.

En effet, tout bâtiment ne fonctionne pas à 100% en automatique. Il y a donc lieu de prendre çà et là des actions qui ont un impact sur la consommation d'énergie.

La personne qui sera désignée pour la conduite des installations devra être « compétente » et maîtriser sur le terrain l'ensemble des opérations qui lui incombent afin qu'elle puisse conduire les installations de manière performante. Il faut donc que le « conducteur » soit formé à une utilisation efficace des installations.

Cette formation « URE » doit être assurée par des spécialistes et est dédiée à tous les types de conducteurs qu'ils soient technicien ou pas.

Cette tâche peut, par exemple, être prise en charge par l'exploitant ou un technicien ou la société de maintenance, l'important étant l'encadrement et la guidance du « conducteur ».

CONDUITE DES INSTALLATIONS

8.3.3 OBJECTIFS

L'objectif principal est de réduire les consommations d'énergie suite à une utilisation la plus rationnelle possible des installations.

En effet, l'exploitation d'un bâtiment nécessite des interventions régulières pour assurer le niveau de confort requis.

→ À retenir : préférer de petites interventions régulières à une grosse intervention ponctuelle/occasionnelle

Il faut donc que l'impact de ces actions sur la consommation d'énergie soit la plus faible possible. Autrement-dit, au mieux l'installation sera suivie et conduite, au moins elle présentera de dérives. Cette conduite nécessite donc une maîtrise parfaite des installations pour atteindre ces objectifs.

Pour que les objectifs soient atteints, il faut donc que le conducteur maîtrise ses installations avec toutes ses spécificités et puisse « dialoguer » efficacement avec celles-ci.

Il s'agit à ce stade de la maîtrise des éléments spécifiques à l'utilisation (niveau utilisateur) et non pas des éléments spécifiques au réglage et à l'optimisation (niveau expert).

8.3.4 LE POTENTIEL D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ENVISAGEABLE

Le potentiel d'économie d'énergie relatif à la conduite des installations peut être très important. En effet, c'est l'expérience du terrain qui prouve la nécessité de cette conduite performante et qui confirme les résultats possibles en termes d'économie d'énergie.

L'économie est très variable et dépend de toute une série d'éléments mais est surtout liée au niveau de « connaissance » du responsable de la conduite.

Ce potentiel peut varier de 5% à 15% suivant les cas.

Vu le volume des consommations énergétiques, les retombées financières peuvent donc être importantes. Le bilan de cette opération est donc très intéressant sur le plan financier mais également sur le plan environnemental, car elle ne nécessite pas d'investissement, il s'agit simplement de prendre les bonnes actions.

8.4 LA MAINTENANCE DES INSTALLATIONS

8.4.1 CADRE À RESPECTER

La maintenance a un impact sur le niveau de performance des installations, c'est la raison pour laquelle, il y a lieu de respecter certaines règles pour assurer une maintenance performante. Durant la période de garantie (1 ou 2 ans), entre la réception provisoire et la réception définitive, la maintenance est souvent assurée par l'installateur qui a en charge la réalisation des travaux.



L'auteur de projet doit donc prévoir, après la réception provisoire et jusque la réception définitive, une maintenance des installations techniques, qui doit permettre de :

- Garantir les conditions de confort des occupants ;
- Garantir la sécurité de fonctionnement (fondamental dans le cas d'une piscine) suite à la maintenance préventive notamment;
- Maintenir les équipements techniques en bon état, car le manque d'entretien engendre des coûts qui au final sont plus importants que si l'entretien est réalisé correctement ;
- Limiter les consommations d'énergie, suite :
 - ⊕ au maintien du niveau de performance des équipements (rendements) ;
 - ⊕ à l'intervention pour corriger une anomalie de fonctionnement ;
 - ⊕ au contrôle des équipements (remplacement des équipements défectueux) ;
 - ⊕ etc...

La maintenance a pour objet la réalisation de toutes les opérations utiles et nécessaires qui sont relatives à la maintenance des installations techniques de la piscine.

Il existe différentes possibilités pour la mise en place d'opérations de maintenance dans une piscine. En effet, toute une série de volets sont envisageables, comme :

- L'entretien ;
- Le dépannage,
- La télésurveillance ;
- La garantie sur le matériel ;
- Etc...

La mise en place de ce plan de maintenance doit donc être intégrée dans les prescriptions techniques de l'auteur de projet suivant les besoins et les ressources humaines du Maître de l'Ouvrage, de manière à spécifier clairement :

- Les opérations qui incombent à la société de maintenance ;
- La fréquence des opérations prévues ;

MAINTENANCE DES INSTALLATIONS

- Les spécifications des opérations à mettre en œuvre (en tenant compte des normes, des réglementations et des spécifications des constructeurs) ;
- Les conditions d'exploitation qu'il doit garantir ainsi que les dérives acceptées (la température de l'eau, de l'air, l'humidité, la qualité de l'air, de l'eau, etc..) ;
- Les rapports sur l'état d'efficacité des équipements (favoriser l'entretien efficient) ;
- Les délais d'intervention en cas de dépannage (limiter un défaut, limiter la consommation d'énergie qui pourrait être engendrée par ce défaut)
- Les pièces de rechange « cruciales » à prévoir au niveau du stock afin de limiter la période de défaut et d'éviter des conséquences graves ;
- La fréquence des réunions bilantaires indispensables à une bonne exploitation ;
- Les plages horaires durant lesquelles la présence d'un technicien est nécessaire (conduite des installations) ;
- La liste de tous les consommables qui sont à charge du prestataire ;
- Les informations qui doivent être télé-surveillées ;
- Les pénalités en cas de défaillance du prestataire de service, suite à un délai d'intervention qui ne serait pas respecté ou suite à des manquements qui devraient engendrer des consommations d'énergie ;
- La notion de garantie (totale ou partielle) sur les équipements ;
- Etc...

8.4.2 PAR QUI ?

La maintenance des installations techniques est souvent réalisée par une société spécialisée (plus encore lorsque les installations deviennent plus complexes), mais également parfois par des techniciens propres à la piscine.

Il est vrai que la maintenance d'une piscine demande une expertise plus pointue que dans le cas d'autres bâtiments. Il est donc indispensable que la personne chargée de la maintenance soit expérimentée et compétente dans le domaine des piscines.

8.4.3 À PARTIR DE QUAND ?

La maintenance des installations doit donc démarrer dès que l'installation est opérationnelle. À partir de la réception provisoire des travaux, dans le cas d'une nouvelle piscine ou lors de rénovations techniques importantes et en permanence, pour une installation existante.

L'auteur de projet et le Maître de l'Ouvrage devront s'assurer que ces opérations sont bien réalisées après la réception provisoire des travaux et jusque la réception définitive.

8.4.4 ÉTAT DES LIEUX OU SITUATION DE DÉPART

S'il s'agit d'une nouvelle construction ou d'une rénovation complète, la situation de départ est donc bien connue et ne nécessitera pas un état des lieux.

Lorsqu'il s'agit d'une rénovation partielle et si le contrat de maintenance devait reprendre l'ensemble des équipements de la piscine, il est impératif de réaliser un état des lieux complet.

Cet état des lieux avant et après la prise en charge des installations a pour objectif de vérifier et de fixer l'état des équipements concernés par les opérations de maintenance.

8.4.5 EXPERTISE NÉCESSAIRE

Le prestataire de service devra justifier d'une expertise suffisante pour réaliser les opérations de maintenance qui sont propres aux piscines et devra disposer de moyens pour réaliser les différentes opérations pour lesquelles il a été mandaté.

Pour assurer une maintenance efficace, en adéquation avec les réglementations en vigueur, le prestataire de service devra :

- Justifier d'une expertise en gestion de piscine (technicien qualifié en HVAC, en traitement de l'eau, de l'air et en gestion de piscine, d'un laboratoire pour les différentes analyses, etc...) ;
- Disposer d'un effectif suffisant lui permettant d'assurer toutes les prestations durant l'année pour garantir le confort des occupants et ce même si le technicien « habitué » est indisponible ;
- Disposer, par exemple, d'un centre d'appels joignable 24h/24 toute l'année avec des techniciens compétents pour assurer le suivi de l'intervention.



CONCLUSIONS

9 CONCLUSIONS

Les objectifs fixés au niveau de la performance énergétique ne peuvent donc être atteints que si tous les concepts relatifs à toutes les techniques sont pensés en termes de « basse ou très basse » énergie.

L'utilisation de logiciels de simulation et de dimensionnement pour la conception de toutes les techniques ainsi que l'intégration de spécialistes dans les différents domaines (simulation de bâtiments, cogénération, éclairage, etc.) doivent être privilégiées bien plus qu'auparavant.

L'objectif étant de respecter au minimum les exigences relatives à la réglementation sur la performance énergétique dans les bâtiments, mais vu le grand volume de consommation des piscines, il est conseillé de dépasser dans les limites du raisonnable ces exigences.

L'auteur de projet devra donc chiffrer les investissements supplémentaires nécessaires et les retombées financières qui sont relatives aux améliorations possibles, de manière à donner au Maître de l'Ouvrage, tous les arguments dont il a besoin pour prendre les meilleures décisions.

Le résultat final qui se traduit en termes de consommation d'énergie pour la piscine ne pourra être optimum que si les concepts sont performants (volet théorique) et que l'exploitation (volet terrain) est efficiente.

10 BIBLIOGRAPHIE

DOCUMENTATION

- Centre de documentation : la bibliothèque en ligne de l'A.E.S. (Association des établissements sportifs) ;
- Guide de conception énergétique des halls de sports, Infraspports ;
- Guide techniques des piscines publiques (EDF - AITF) ;
- Énergie + (version6) : Conception énergétique de bâtiments (<http://www.energieplus-lesite.be>) ;
- Désinfection des eaux de piscines à l'ozone, présentation technique, OZONIA ;
- Avis technique 3/06-469, bassin de piscine en acier inoxydable (www.cstb.fr) ;
- DD magazine (développement durable magazine), A. Lianes, Janvier 2009, Double ou triple vitrage? ;
- Xpair.com, L.FIGUEIRO, 10/2010, Les piscines et gestion de l'eau ;
- Xpair.com, A.GARNIER, 2010, Guide des piscines basse consommation ;
- Mémento technique du bâtiment, confort thermique, www.certu.fr ;
- Vade Mecum pour les piscines wallonnes 2004 ;
- Système UV moyenne pression UVARAY, TRIOGEN, SUEZ ;
- Les échos n°333: L'eau, l'industrie, les nuisances, www.revue-ein.com ;
- Infraspports 01/2010, Natation, Fiche technique, www.ffbn.be ;
- Le chauffe-eau solaire, Energie 2030 Agence S.A ;
- Installer une cogénération dans votre établissement, Région Wallonne ;
- La cogénération, InterSections ;
- Un traitement d'air performant pour les piscines, Cool & Comfort ;
- Traitement d'air des piscines, MENERGA ;
- Efficacité énergétique, Équipements techniques, Innovations techniques, Mai 2010, Le moniteur ;
- Norme européenne, EN 15232, Performance énergétique des bâtiments, Impact de l'automatisation de la régulation et de la gestion technique du bâtiment ;
- Norme belge, NBN EN 16001, Système de management de l'énergie, Exigences et recommandations de mise en œuvre ;
- L'éclairage LED, Théorie & Pratique, Colasse.be ;
- Améliorer et gérer votre consommation d'éclairage, Laborelec, *De Sweert, Vandenbosch* ;
- Portail Energie, Architecture, UCL ;
- Comptabilité énergétique, Formation responsable énergie, février 2011, *S.Godfrind* ;
- Comptabilité énergétique, septembre 2009, DAPESCO ;

BIBLIOGRAPHIE

- Assurer un éclairage naturel suffisant, Fiche 15, juin 2007, Energie, RW ;
- S'éclairer au moyen de systèmes performants, Fiche 16, juin 2007, Energie, RW ;
- Les installations d'éclairage, MemoCad n44.a, *Roger Cadiergues* ;
- L'éclairage naturel, MemoCad mF03.a, *Roger Cadiergues* ;
- Guide pratique pour la construction et la rénovation durable de petits bâtiments, 2007, IBGE ;
- Guide de référence de l'éclairage, 2005 ;
- Guide applicatif éclairage, 2010, Leonardo Energy ;
- Les cahiers des charges Energie +, Installation d'éclairage, 2004 ;
- Guide de l'éco-éclairage, EcoEclairage, ADEME, 2011.

SITES INTERNET

- CSTC, www.cstc.be ;
- MENERGA, www.menerga.be ;
- EF4, www.ef4.be ;
- DAIKIN, www.daikin.be ;
- VIESSMANN, www.viessmann.be ;
- COGENGREEN, www.cogengreen.com ;
- AÉROTEXTILES, www.aerotextileconcept.com ;
- www.energiwallonie.be ;
- www.thermexcel.com ;
- Biofluides Environnement, www.biofluides.com ;
- Forstner Thermocycle, www.energieefficiente.com ;
- Recoh-Multivert, www.hei-tech.nl ;
- Union des villes et communes de Wallonie, www.uvcw.be ;
- L'éclairage naturel des bâtiments, architecture UCL, ww-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage ;
- <http://www.eu-greenlight.org> ;
- <http://www.plastipack.co.uk> ;
- <http://www.stocklib.com>.

NORMES ET RÉGLEMENTATIONS

- Réglementation PEB en région wallonne ;
- Norme EN 1504 - Produits et systèmes pour la protection des structures en béton ;
- Vade Mecum des piscines wallonnes - AES 2004 ;
- Norme EN 1069 - sécurité dans les piscines ;
- AGW des piscines wallonnes du 25 mars 2003 ;
- AGW du 60 mai 2004 ;
- EN 12831 - systèmes de chauffage des bâtiments ;
- EN 15 232 ;
- Norme VDI 2089 ;
- Norme NBN 1886 ;
- Arrêté ministériel du 24 décembre 2010 ;
- EN 13451 - 1 à 11 ;
- Norme DIN 19643 - filières de traitement ;
- Norme EN 16001 - régulation

ADRESSES UTILES

- <http://energie.wallonie.be/fr/aides-primaires-energie-region-wallonne.html?IDC=6358> ;
- <http://infrasport.pouvoirslocaux.wallonie.be/CADSPORT/index.jsp> ;
- <http://www.aes-asbl.be/> ;



Infraspports

<http://pouvoirslocaux.wallonie.be>

Boulevard du Nord, 8 | 5000 NAMUR

Fax : 081/77.38.88 | Email : infraspports.dgo1@spw.wallonie.be



Chaussée de Nivelles, 167 | 7140 ARQUENNES (Nivelles)

Tél: 067 79 44 77 | Fax: 067 79 44 51 | Portable: 0476 39 57 07

contact@teenconsulting.be | www.teenconsulting.be

GUIDE TECHNIQUE