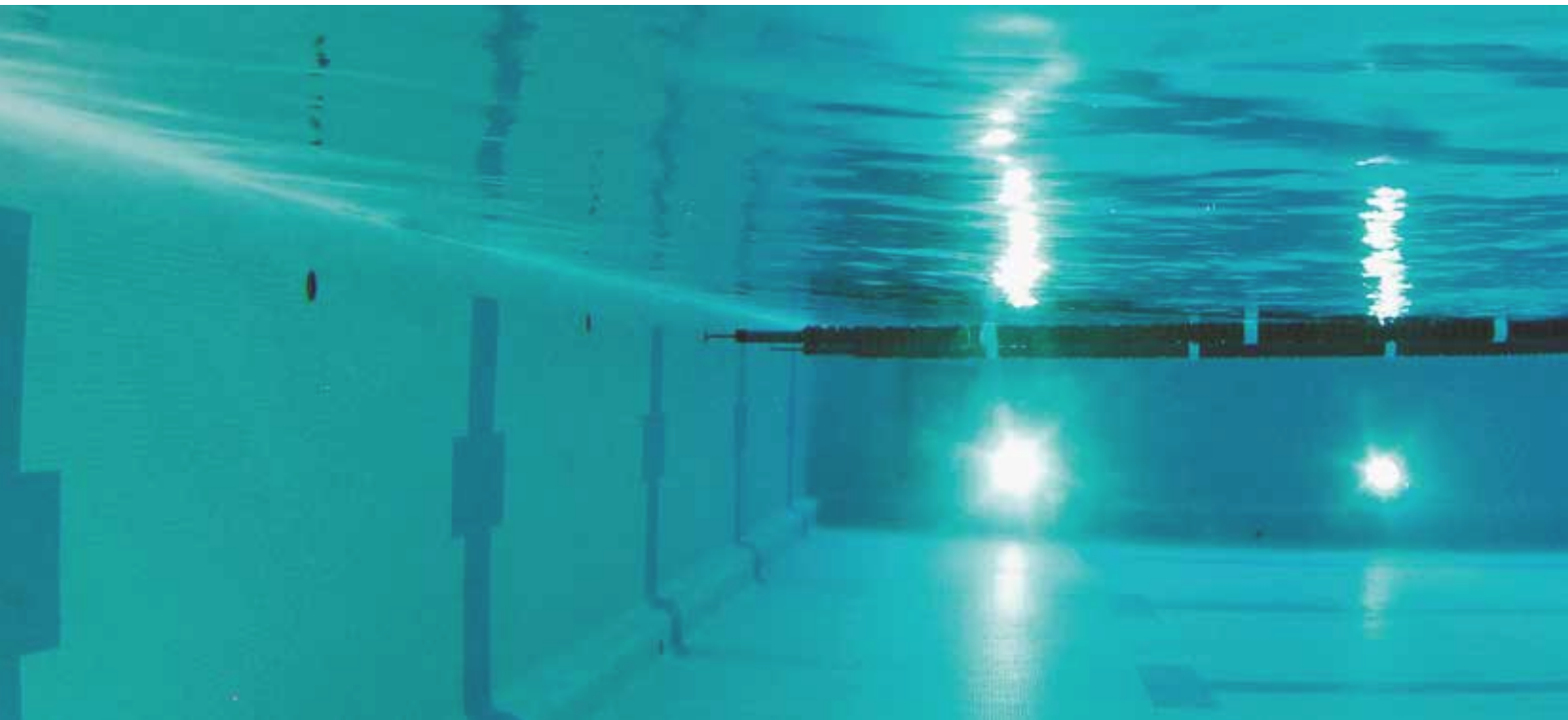


# Manuel

## de l'énergie dans les piscines couvertes et piscines en plein air



**ssth**  
Société Suisse de technique hydrothermale

  
Verband Hallen- und Freibäder  
[WWW.VHF.CH](http://WWW.VHF.CH)

**SVG** Schweizerische Vereinigung für  
Gesundheitsschutz und Umwelttechnik

 **Kannewischer**

  
**HUNZIKER** **BETATECH**  
EINFACH. MEHR. IDEEN.

 **InfraWatt**

 **beck**  
schwimmbadbau  
ihr planer

# Impressum

**La réalisation** de ce guide a été rendue possible grâce au programme Suisse énergie.

## Adresse pour les visiteurs :

Office fédéral de l'énergie  
Mühlestrasse 4  
CH-3063 Ittigen  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

## Adresse postale:

Office fédéral de l'énergie  
3003 Bern  
+41 (0) 58 462 56 11  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

## Sponsors

### VHF

**Verband Hallen- und Freibäder**  
Schneggenackerstrasse 163  
4634 Wisen  
[www.vhf.ch](http://www.vhf.ch)

### SVG Schweizerische Vereinigung für Gesundheitsschutz und Umwelttechnik

Blumenbergstrasse 47  
8633 Wolfhausen  
[www.svg-umwelt.ch](http://www.svg-umwelt.ch)

### SSTH

**Société Suisse de Technique Hydrothermale**  
Rue de Genève 88  
CH-1004 Lausanne  
E-Mail: [info@ssth.tech](mailto:info@ssth.tech)  
[www.ssth.tech/fr](http://www.ssth.tech/fr)

## Redaction/Auteurs :

### Kannewischer Ingenieurbüro AG (HK&T)

Gewerbestrasse 5  
CH-6330 Cham/Zug  
Tel. +41 (0) 41 725 30 50  
E-Mail: [info@kannewischer.ch](mailto:info@kannewischer.ch)  
[www.kannewischer.ch](http://www.kannewischer.ch)

### Beck Schwimmbadbau AG (BSB)

Bürglistrasse 29  
CH-8400 Winterthur  
Tel. +41 (0) 52 224 00 88  
E-Mail: [mail@beck-schwimmbadbau.ch](mailto:mail@beck-schwimmbadbau.ch)  
[www.beck-schwimmbadbau.ch](http://www.beck-schwimmbadbau.ch)

### Hunziker Betatech AG

Pflanzschulstrasse 17  
Postfach 83  
CH-8411 Winterthur  
Tel. +41 (0) 52 234 50 50  
E-Mail: [info@hunziker-betatech.ch](mailto:info@hunziker-betatech.ch)  
[www.hunziker-betatech.ch](http://www.hunziker-betatech.ch)

### InfraWatt

Geschäftsstelle  
Kirchhofplatz 12  
CH-8200 Schaffhausen  
Tel. +41 (0) 52 238 34 34  
E-Mail: [mueller@infrawatt.ch](mailto:mueller@infrawatt.ch)  
[www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch)

## Conception :

Leu's Home Art GmbH  
Architektur und Grafik  
Schneggenackerstrasse 163  
CH-4634 Wisen  
Tel. +41 (0) 61 599 53 85  
E-Mail: [info@leupi.com](mailto:info@leupi.com)

## Traduction :

Menerga Sàrl  
Silvio Kellenberger  
Rue de Genève 88  
1004 Lausanne  
Tel.: +41 (0) 21 641 05 55  
E-Mail: [lausanne@menerga.ch](mailto:lausanne@menerga.ch)  
[www.menerga.com/ch-fr/](http://www.menerga.com/ch-fr/)

# Table des matières

## 1

## Introduction

////////////////////////////////////		
<b>1.1</b>	<b>Optimisation énergétique : Une chance pour les piscines couvertes et en plein air</b>	<b>14</b>
////////////////////////////////////		
<b>1.2</b>	<b>Délimitation/principe directeur</b>	<b>18</b>
////////////////////////////////////		
<b>1.3</b>	<b>Aperçu des lois et normes pertinentes</b>	<b>18</b>
////////////////////////////////////		
<b>1.4</b>	<b>Les piscines en tant que consommatrices d'énergie</b>	<b>19</b>
1.4.1	Piscines couvertes	19
1.4.2	Piscines en plein air	19
////////////////////////////////////		
<b>1.5</b>	<b>Approvisionnement et élimination de l'eau</b>	<b>20</b>
1.5.1	Approvisionnement en eau	20
1.5.2	Économies d'eau	21
1.5.3	Utilisation multiple de l'eau, utilisation des eaux grises	22
1.5.4	Élimination des eaux usées	22
////////////////////////////////////		
<b>1.6</b>	<b>Limites du système</b>	<b>23</b>
////////////////////////////////////		

## 2

## Approvisionnement en énergie

(utilisation des énergies renouvelables et de la chaleur fatale)

////////////////////////////////////		
<b>2.1</b>	<b>Besoins de chaleur</b>	29
2.1.1	Évolution saisonnière des besoins de chaleur	29
2.1.2	Systèmes de chauffage conventionnels (mazout, gaz)	29
////////////////////////////////////		
<b>2.2</b>	<b>Récupération de chaleur interne (également Minergie)</b>	30
2.2.1	Ventilation	30
2.2.2	Installation sanitaire	30
2.2.3	Eau des bassins	30
////////////////////////////////////		
<b>2.3</b>	<b>Chaleur fatale</b>	31
2.3.1	Chauffage à distance	32
2.3.2	Chaleur fatale des eaux usées	32
2.3.3	Chaleur fatale des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)	34
2.3.4	Chaleur fatale de l'industrie	34
2.3.5	Chaleur fatale des patinoires artificielles	34
2.3.6	Chaleur fatale des terrains en gazon synthétique	35
////////////////////////////////////		
<b>2.4</b>	<b>Énergies renouvelables et plans directeurs énergétiques</b>	36
2.4.1	Plans directeurs énergétiques	36
2.4.2	Solaire	36
2.4.3	Éolien	42
2.4.4	Biomasse et bois	42
2.4.5	Chaleur environnante	43
////////////////////////////////////		



## 3

## Efficacité énergétique dans la construction

////////////////////////////////////		
<b>3.1</b>	<b>Généralités</b>	51
////////////////////////////////////		
<b>3.2</b>	<b>Confort et Bien-être</b>	52
////////////////////////////////////		
<b>3.3</b>	<b>Planification intelligente de l'espace</b>	53
////////////////////////////////////		
<b>3.4</b>	<b>Planification de la piscine couverte</b>	54
3.4.1	Terrain et situation	54
3.4.2	Création de „zones climatiques“ disposition optimale	55
3.4.3	Zones climatiques dans la piscine couverte	56
3.4.4	Disposition des zones climatiques	57
3.4.5	Locaux techniques et passages des conduites	58
3.4.6	Ombre et lumière - gestion de l'éclairage	58
3.4.7	Conception par la lumière et les couleurs	61
////////////////////////////////////		
<b>3.5</b>	<b>Efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment</b>	62
3.5.1	Considérations sur la physique du bâtiment	63
3.5.2	Pénétrations	66
3.5.3	Surfaces de toiture	67
3.5.4	Radier et isolation du sol	68
////////////////////////////////////		
<b>3.6</b>	<b>Façade et éléments de l'enveloppe du bâtiment</b>	70
3.6.1	Accès au bâtiment, zone de l'entrée	70
3.6.2	Fenêtres et façades vitrées	72
3.6.3	Façades vitrées poteaux-traverses	73
////////////////////////////////////		
<b>3.7</b>	<b>Bassins extérieurs</b>	77
////////////////////////////////////		
<b>3.8</b>	<b>Toboggans</b>	78
////////////////////////////////////		
<b>3.9</b>	<b>Goulottes de retour</b>	78
////////////////////////////////////		

## 4

## Augmentation de l'efficacité énergétique dans les différents corps de métier

<b>4.1</b>	<b>Installations sanitaires</b>	85
4.1.1	Économies d'eau	85
<b>4.2</b>	<b>Génie électrique</b>	86
4.2.1	Classes d'efficacité énergétique	86
4.2.2	Qualité du réseau	87
4.2.3	Compensation du courant réactif	87
4.2.4	Éclairage	88
4.2.5	Comportement des moteurs au démarrage	97
<b>4.3</b>	<b>Traitement d'eau des baignoires</b>	98
4.3.1	Débit	98
4.3.2	Hydraulique du bassin	102
4.3.3	Fonctionnement à charge partielle	103
4.3.4	Systèmes de filtration	104
4.3.5	Coûts d'exploitation	109
<b>4.4</b>	<b>Pompes de circulation</b>	113
4.4.1	Types de pompes	113
4.4.2	Système	115
4.4.3	Remarques concernant la sélection	116
4.4.4	Mentions légales	119
4.4.5	Remarques sur l'exploitation	120
<b>4.5</b>	<b>Ventilation</b>	123
4.5.1	Introduction	123
4.5.2	Un transport de l'air efficient	123
<b>4.6</b>	<b>Ventilation des façades vitrées</b>	130
<b>4.7</b>	<b>Gestion de la charge</b>	131
4.7.1	Électricité	131
4.7.2	Chaleur	132
4.7.3	Couplage chaleur-force	133
<b>4.8</b>	<b>Automatisation du bâtiment</b>	134
4.8.1	Système de gestion de l'énergie (SGE)	135

## 5

**Mesures d'exploitation**

<b>5.1</b>	<b>Abaissement nocturne de la température ambiante</b>	141
<b>5.2</b>	<b>Fonctionnement de la circulation de l'eau du bassin de jour et de nuit</b>	142
<b>5.3</b>	<b>Gestion des attractions</b>	143

## 6

**Analyse énergétique et mise en oeuvre**

<b>6.1</b>	<b>Définition des chiffres clés</b>	149
6.1.1	Limites du système	149
6.1.2	Répartition des piscines	150
6.1.3	Indicateurs énergétiques des piscines couvertes	151
6.1.4	Bassins extérieurs chauffés	155
6.1.5	Piscines en plein air	155
<b>6.2</b>	<b>Procédure</b>	157
6.2.1	Analyse sommaire	157
6.2.2	Analyse détaillée	162
<b>6.3</b>	<b>Subventions</b>	188
6.3.1	Subventions nationales	188
6.3.2	Subventions cantonales	190
6.3.3	Subventions communales	190

**Répertoire des sources**

192





Avec le soutien de



suisseénergie

# 1

## INTRODUCTION





# 1 Introduction

////////////////////////////////////		
<b>1.1</b>	<b>Optimisation énergétique : une chance pour les piscines couvertes et en plein air</b>	<b>14</b>
////////////////////////////////////		
<b>1.2</b>	<b>Délimitation/principe directeur</b>	<b>18</b>
////////////////////////////////////		
<b>1.3</b>	<b>Aperçu des lois et normes pertinentes</b>	<b>18</b>
////////////////////////////////////		
<b>1.4</b>	<b>Les piscines en tant que consommateurs d'énergie</b>	<b>19</b>
1.4.1	Piscines couvertes	19
1.4.2	Piscines en plein air	19
////////////////////////////////////		
<b>1.5</b>	<b>Approvisionnement et élimination de l'eau</b>	<b>20</b>
1.5.1	Approvisionnement en eau	20
1.5.2	Économies d'eau	21
1.5.3	Utilisation multiple, utilisation des eaux grises	22
1.5.4	Élimination des eaux usées	22
////////////////////////////////////		
<b>1.6</b>	<b>Limite du système</b>	<b>23</b>
////////////////////////////////////		







# 1. Introduction

Ce guide a pour but d'aider les exploitants de piscines couvertes et en plein air à analyser de manière structurée leur consommation d'énergie et à développer de manière ciblée des mesures qui ont pour conséquence une optimisation de l'utilisation des ressources. Dans toutes ces considérations, il est important de tenir compte du confort des baigneurs et de l'hygiène, qui vont parfois à l'encontre d'une utilisation minimale d'énergie et de ressources.

Ces dernières années, en particulier depuis l'accident nucléaire de Fukushima, toutes les sociétés industrialisées discutent de plus en plus intensément de l'utilisation de l'énergie, de la transition énergétique. Ces objectifs sont formulés dans le cadre des discussions sur la société à 2000 watts en matière de politique énergétique.

Les piscines couvertes et en plein air doivent de plus en plus s'affirmer en tant qu'entreprises indépendantes dans un environnement aux multiples facettes. Les aspects de cet environnement peuvent être représentés dans le graphique ci-dessous.

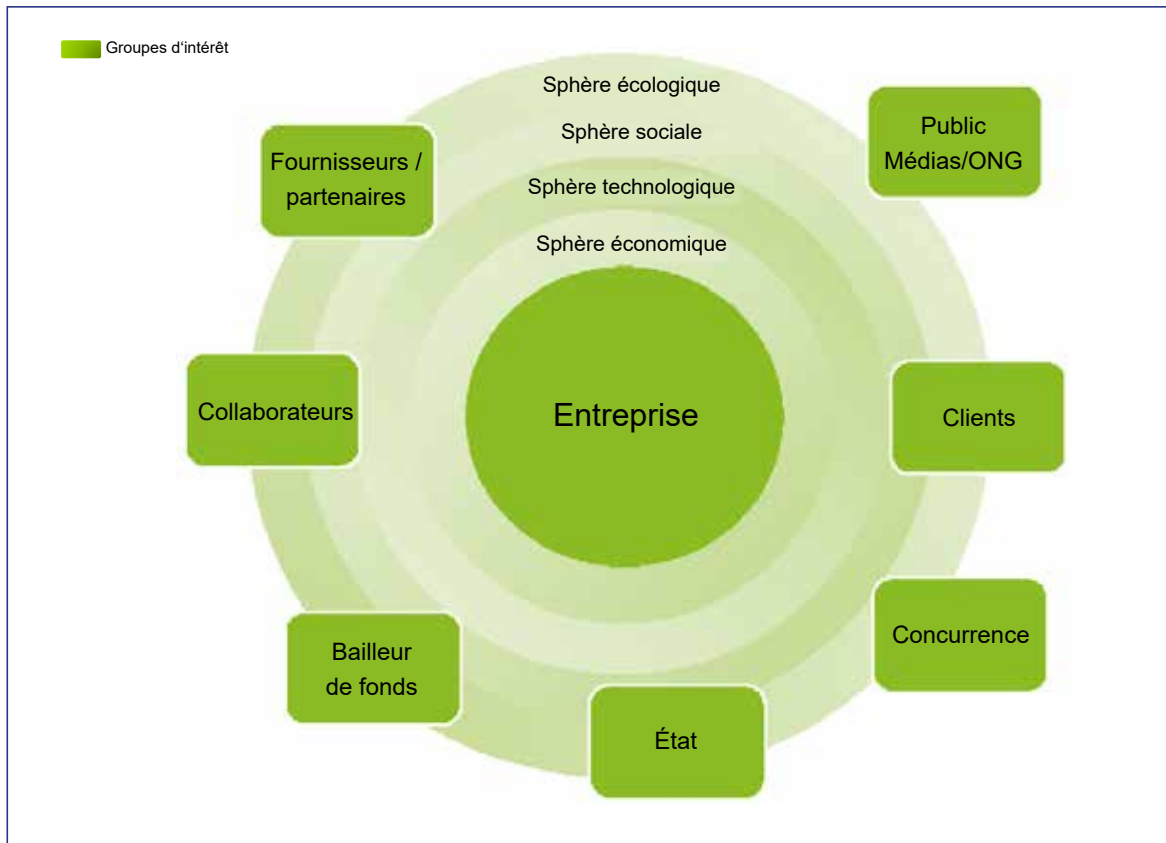


Illustration 1 : Environnement - du point de vue du monde de l'entreprise

En tant que consommatrices intensives d'énergie, les piscines couvertes et en plein air font l'objet d'une attention croissante de la part du public. De même, la pression sur la rentabilité augmente.

## 1.1 Optimisation énergétique : une chance pour les piscines couvertes et en plein air

Les coûts de l'énergie et de l'eau représentent une part considérable des coûts d'exploitation. Les observations dans la pratique montrent que les établissements qui maîtrisent leur utilisation de l'énergie et des ressources sont des établissements bien gérés par ailleurs. Dans ce sens, une utilisation optimale des ressources est une tâche de gestion centrale dans les établissements de bains.

Les objectifs en matière de consommation d'énergie ont été formulés dans les différentes normes, directives et lois sur l'énergie et ont été développés en permanence.

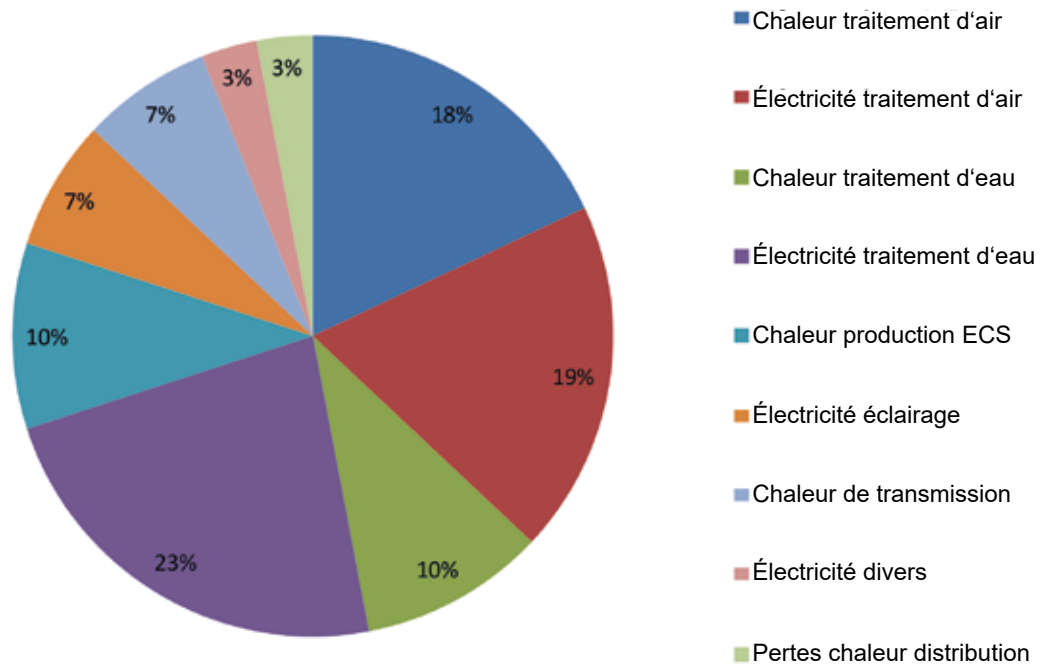
L'accent a surtout été mis sur les types de bâtiments courants tels que les immeubles d'habitation et de bureaux, les bâtiments commerciaux, les hôtels, etc.

Pour les constructions complexes, comme les piscines couvertes publiques, nous nous sommes limités à définir des exigences pour l'enveloppe du bâtiment, bien que la perte de chaleur par transmission dans une piscine couverte ne représente qu'environ 1/10 de la consommation totale de chaleur.

Le diagramme ci-dessous montre que les valeurs énergétiques qui se limitent à l'enveloppe du bâtiment ne sont pas assez efficaces, car elles ne tiennent pas compte des gros consommateurs de chaleur que sont les installations de ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage de l'eau des piscines.



## Consommation d'énergie d'une piscine couverte





## Alors, comment s'y prendre ?

Valeurs énergétiques pour différents types de piscines couvertes par m<sup>2</sup> de surface utile ou par m<sup>2</sup> de surface d'eau, par m<sup>3</sup> d'espace construit. Toutes les piscines sont individuelles en termes d'offre, d'équipement et de conditions cadres. Les piscines thermales, par exemple, ont souvent de l'eau très chaude. Mais cela ne doit évidemment pas entraîner une consommation inutile d'énergie dans les installations de chauffage, de ventilation, sanitaires et de traitement de l'eau.

Une solution doit être facile à mettre en œuvre, mais aussi facile à contrôler dans la pratique. Depuis plusieurs années, on s'accorde à dire que les piscines couvertes qui souhaitent par exemple obtenir un certificat Minergie doivent respecter une liste de mesures techniques. Ces mesures doivent être efficaces. La possibilité de contrôle et de vérification doit être garantie. La proportionnalité doit être respectée. Les exigences de Minergie se concentrent sur les points suivants.

- Faible consommation d'énergie primaire (chaleur/froid/électricité)
- Peu de pertes de chaleur par l'enveloppe du bâtiment (émissions de chaleur)
- Récupération de toute la chaleur excédentaire
- Installations de production d'énergie efficaces avec un bon bilan CO<sub>2</sub>
- Préservation des ressources en énergie et en eau

## Pour la construction de piscines couvertes de tous types, cela signifie :

- Faible consommation d'énergie finale (chaleur/froid/électricité)
- Isolation thermique optimale du bâtiment
- Utilisation des énergies renouvelables pour la production de chaleur avec faible émission de CO<sub>2</sub>
- Récupération de chaleur pour tous les corps de métiers
- Autres mesures techniques contre les déperditions de chaleur
- Utilisation d'éléments d'installation optimisés sur le plan énergétique, tels que les moteurs de pompe, etc.
- Raccordement aux transports publics

## **Pour les installations techniques d'une piscine, cela signifie concrètement :**

- Installations de production et de distribution de chaleur optimisées avec récupération de chaleur (chauffage/ventilation)
- Récupération de la chaleur du traitement de l'eau des bains et utilisations multiples de l'eau des bains
- Récupération de la chaleur des eaux usées des douches pour la production d'eau chaude sanitaire
- Éléments d'installation à haute efficacité énergétique, par ex. pompes et moteurs
- Système de gestion technique du bâtiment permettant de gérer l'exploitation en fonction des exigences et d'optimiser l'énergie

Lors du choix des systèmes de mise à disposition de chaleur et d'électricité, il convient d'examiner de plus près quelles énergies sont directement disponibles dans l'environnement ou peuvent être exploitées au moyen de pompes à chaleur et de centrales de cogénération. Tous les consommateurs de chaleur, à l'exception de la production d'eau chaude sanitaire, peuvent fonctionner à des températures relativement basses, ce qui crée des conditions optimales pour l'exploitation d'installations de pompes à chaleur. De plus en plus, les communes et les cantons établissent des plans de cadastre énergétiques qui fournissent de bonnes informations sur les sources d'énergies environnementales possibles. L'utilisation des rejets thermiques des zones industrielles et commerciales, des centrales informatiques ou des usines d'incinération des ordures ménagères offre également un grand potentiel. En ce sens, il existe encore de nombreuses possibilités de planifier des installations efficaces sur le plan énergétique et préservant les ressources afin d'atteindre les objectifs de la société à 2000 watts.

Un aspect particulièrement important est bien sûr que les installations, une fois construites, soient exploitées correctement. Il existe de nombreux outils permettant de les exploiter de manière optimale dans le cadre des systèmes de gestion technique des bâtiments.

## 1.2 Délimitation/principe directeur

### Délimitation

La prise en compte de l'énergie grise dans les processus de fabrication de tous les matériaux utilisés dans les piscines n'est pas abordée ici, car elle est trop vaste et ne constitue pas un problème spécifique aux piscines.

L'énergie grise est la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication, au transport, au stockage, à la vente et à l'élimination d'un produit. Tous les produits intermédiaires jusqu'à l'extraction des matières premières sont pris en compte et l'énergie utilisée pour tous les processus de production appliqués est additionnée.

### Principe directeur : utiliser une technique simple

La technique doit en premier lieu remplir son objectif. Si une commande compliquée rend l'utilisation incompréhensible pour le personnel, les erreurs sont inévitables. Il arrive même qu'un mauvais réglage passe inaperçu pendant des années. C'est pourquoi il est bien de vérifier tous les deux ou trois ans que la commande offre des possibilités d'économie d'énergie plus complètes et plus opérationnelles.

## 1.3 Aperçu des lois et normes pertinentes

- Loi fédérale sur l'énergie
- Loi sur l'énergie des cantons (par ex. modèle des gros consommateurs)
- Modèles de prescriptions des cantons MoPEC
- SIA 380 Bases pour le calcul énergétique des bâtiments
- SIA 380/1 Energie thermique dans le bâtiment
- SIA 380/4 Energie électrique dans le bâtiment
- SIA 382/1 Installations de ventilation et de climatisation Bases générales et exigences
- SIA 385/1 Installations d'eau potable dans les bâtiments Bases et exigences
- SIA 385/9 Eau et installations de traitement de l'eau dans les piscines collectives Exigences et dispositions complémentaires pour la construction et les bétons
- SICC 2004-1 Installations aérauliques dans les piscines couvertes  
(Cette liste n'est pas exhaustive)



## 1.4 Les piscines en tant que consommateurs d'énergie

### 1.4.1 Piscines couvertes

De nombreuses piscines couvertes actuelles en Suisse ont été construites dans les années 1970. Il s'agit principalement de piscines couvertes publiques classiques sans offres d'attractions ludiques ou de piscines d'apprentissage scolaire.

La Suisse compte aujourd'hui environ 470 piscines couvertes publiques et environ 350 piscines scolaires, ainsi que 1000 piscines supplémentaires dans les hôtels, hôpitaux, etc.

Certaines de ces piscines couvertes ont déjà été rénovées au cours des dernières années, d'autres nécessitent un assainissement important.

Pour les piscines couvertes classiques non rénovées, on peut estimer que la consommation d'énergie thermique est d'environ 60 % et la consommation d'énergie électrique d'environ 40 %. Pour les piscines couvertes classiques rénovées, la consommation d'énergie thermique peut être réduite davantage que la consommation d'énergie électrique. La répartition est alors d'environ 50/50 %.

Dans les piscines de loisirs plus récentes ou dans les piscines couvertes rénovées avec offres d'attractions ludiques, la consommation d'énergie s'est plutôt déplacée du côté de la consommation d'électricité, c'est-à-dire que la part est d'environ 40 % de chaleur et d'environ 60 % d'électricité.

Ce déplacement trouve son origine dans l'installation accrue d'attractions (toboggans, bains à bulles, etc.) et d'installations de bien-être. D'autre part, les besoins en chaleur ont diminué grâce à l'amélioration de l'isolation des bâtiments ainsi qu'à une meilleure récupération de la chaleur, tandis que la consommation d'électricité a augmenté en raison de l'utilisation de pompes à chaleur.

### 1.4.2 Piscines en plein air

Pour les piscines en plein air, la situation est similaire à celle des piscines couvertes. La plupart des piscines en plein air ont été construites dans les années 1970 et présentent un grand besoin d'assainissement général et énergétique. La Suisse compte aujourd'hui environ 600 piscines en plein air. Pour les piscines en plein air, la part de chaleur est d'environ 50 % (chauffage de l'eau des bassins), la part d'électricité est également de 50 %. La part de la chaleur a augmenté parce que la saison des piscines en plein air a commencé de plus en plus tôt ces dernières années et que l'eau est souvent chauffée artificiellement.

Le chauffage des piscines en plein air n'est autorisé que s'il est réalisé exclusivement à l'aide d'énergies renouvelables ou de chaleur fatale non utilisable autrement. Les pompes à chaleur électriques peuvent être utilisées si une couverture est présente (cf. MoPEC).



## 1.5 Approvisionnement et élimination de l'eau

L'eau contient de l'énergie sous forme de chaleur, de mouvement, de position ou de pression.

Les bains nécessitent de grandes quantités d'eau de remplissage. La plus grande partie de cette eau quitte finalement le bain sous forme d'eaux usées. La production d'eau potable et le traitement des eaux usées nécessitent tous deux beaucoup d'énergie. Ainsi, la consommation d'eau influence fortement la consommation d'énergie non seulement à l'intérieur des bains, mais aussi à l'extérieur, notamment au niveau de l'approvisionnement en eau et de la station d'épuration.

L'énergie nécessaire à l'approvisionnement en eau pour la mettre à disposition du client est surtout utilisée pour son transport et, le cas échéant, pour son traitement. Les deux fois sous forme d'électricité. En moyenne suisse, la consommation spécifique d'énergie par mètre cube d'eau potable distribué est d'environ 0,4 kWh/m<sup>3</sup> pour l'approvisionnement et de 0,2 kWh/m<sup>3</sup> pour la station d'épuration.

### 1.5.1 Approvisionnement en eau

Les piscines sont de grandes consommatrices d'eau. La plupart du temps, elles sont approvisionnées par le réseau d'eau communal. Il existe de nombreuses piscines qui utilisent partiellement ou exclusivement d'autres types d'eau, comme par exemple de l'eau thermique, souterraine ou de l'eau de source.

L'utilisation d'eau potable froide provenant du réseau communal ne permet pas de réaliser des économies d'énergie significatives dans une piscine couverte ou en plein air. La pression du réseau permet d'acheminer l'eau vers les points d'utilisation de la piscine. Le premier remplissage des bassins doit être convenu avec le service des eaux afin de tenir compte de sa capacité de production et d'éviter les fausses alarmes de rupture de canalisation.

Si l'on exploite soi-même l'eau thermique, souterraine ou de source, il faut tenir compte de la consommation d'énergie pour l'extraction de l'eau.

#### **Référence bibliographique :**

Office fédéral de l'énergie OFEN, Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (SSIGE), L'énergie dans l'approvisionnement en eau. Guide pour l'optimisation des coûts énergétiques et de l'exploitation, Berne/Zurich 2004.

#### **Eau thermique**

L'eau présente une grande capacité de stockage de la chaleur. Compte tenu des températures élevées, l'eau thermique renferme notamment de grandes quantités de chaleur qui peuvent encore être utilisées à des fins de chauffage après utilisation. Lors du transport de l'eau thermique, il faut donc veiller à ce que les pertes de chaleur soient faibles.



## 1.5.2 Économies d'eau

La réduction de la consommation d'eau permet d'économiser de l'électricité et de la chaleur au niveau de l'approvisionnement en eau et de la station d'épuration. L'eau économisée ne doit plus être pompée ni chauffée. Dans la piscine elle-même, cela permet également de réaliser de plus grandes économies d'énergie au niveau des pompes et du chauffage de l'eau.

### 1.5.2.1 Installations sanitaires WC et douches

Par rapport à la production d'eau de bain, les installations sanitaires consomment nettement moins d'eau, mais en partie beaucoup plus chaude. La réduction de l'eau chaude sanitaire permet donc également d'économiser beaucoup d'énergie de chauffage. Le confort des utilisateurs de douches et la force d'alluvionnement dans les conduites d'eaux usées ne doivent toutefois pas être négligés en raison des économies d'eau.

### 1.5.2.2 Traitement de l'eau de baignade

Dans une piscine couverte, le traitement de l'eau de baignade consomme beaucoup d'électricité et de chaleur, c'est pourquoi il faut accorder une attention particulière aux économies d'eau. Il ne faut toutefois pas oublier la qualité nécessaire de l'eau.

La consommation d'eau du traitement de l'eau de baignade est essentiellement déterminée par la combinaison de procédés choisis et par le fonctionnement. Les filtres à sable nécessitent nettement plus d'eau de rinçage que les filtres à pré-couche pour une même capacité de filtration. Un bassin d'eau de rinçage permet d'économiser à la fois de l'eau et de la chaleur. L'eau décantée et refroidie est conservée dans le bassin d'eau de rinçage pour le rétro-lavage du filtre. Elle est rejetée dans les égouts sous forme d'eau boueuse froide, ce qui permet d'économiser de l'énergie thermique. Par ailleurs, il faut veiller à ce que, par exemple, l'eau de refroidissement des générateurs d'ozone soit injectée dans le circuit d'eau de baignade. Il est également important de recycler l'eau chaude de mesure afin d'économiser de l'énergie thermique.

### 1.5.2.3 Nettoyage

Lors du nettoyage de la piscine, des vestiaires et des douches, il est possible d'économiser de l'eau en utilisant des techniques de nettoyage efficaces. Comparée à la consommation d'eau de baignade, cette part est toutefois relativement faible.

### 1.5.3 Utilisation multiple de l'eau, utilisation des eaux grises

La piscine offre la possibilité d'une utilisation multiple de l'eau. Mais pour cela, il faut créer un réseau de conduites séparées, ce qui nécessite des investissements supplémentaires et n'est pas toujours réalisable dans les piscines existantes. Il est possible de faire des économies en utilisant l'eau de pluie pour le nettoyage des surfaces, les chasses d'eau, l'arrosage des pelouses ou le refroidissement des terrains en gazon synthétique.

Le traitement de l'eau boueuse au moyen d'une ultrafiltration et d'un système d'osmose inverse est assez gourmand en énergie et en produits chimiques. Son utilisation doit donc être étudiée en détail.

### 1.5.4 Élimination des eaux usées

Les eaux usées contiennent de grandes quantités d'énergie thermique. Celle-ci peut être récupérée par des systèmes de récupération de chaleur dans les piscines, au lieu d'être transférée inutilement dans les égouts. Les échangeurs de chaleur récupératifs, qui fonctionnent sans énergie auxiliaire, s'imposent. Une pompe à chaleur permet d'extraire de la chaleur supplémentaire des eaux usées. En ce qui concerne l'élimination des eaux usées, il convient de veiller à ce que les eaux non polluées soient, dans la mesure du possible, déversées dans les canalisations d'eau de pluie. Il est par exemple possible de déchlorer l'écoulement permanent et de l'acheminer vers la canalisation d'eau de pluie. Les stations d'épuration sont ainsi libérées de l'apport d'eaux usées non polluées, ce qui leur permet de fonctionner plus efficacement et d'économiser de l'énergie. En outre, l'évacuation doit être conçue de manière à laisser les eaux usées s'écouler le plus librement possible et que les installations de relevage des eaux usées et l'énergie liée au pompage soient évitées.

#### 1.5.4.1 Eaux usées sales

En cas de récupération de chaleur sur les eaux usées, les échangeurs de chaleur doivent être protégés contre le colmatage. Cela est possible grâce à une construction facile à entretenir ou à des filtres placés en amont. En cas d'urgence, l'échangeur de chaleur doit pouvoir être contourné.

#### 1.5.4.2 Eaux de pluie

La législation fédérale sur la protection des eaux et la norme SN 592000 prescrivent de manière détaillée l'évacuation des eaux des biens immobiliers. L'élimination des eaux usées non polluées, comme les eaux pluviales des toits et des places, doit se faire par infiltration ou dans une eau de surface (cours d'eau) et ne pas être acheminée vers la station d'épuration. Un prétraitement des eaux de bain permet de réduire la pollution des eaux usées de manière à ce qu'elles soient considérées comme non polluées et puissent être éliminées comme eaux pluviales. Cela présente l'avantage d'économiser éventuellement des taxes sur les eaux usées.



### 1.5.4.3 Traitement des eaux de baignade

Les eaux usées typiques du traitement des eaux de baignade sont les eaux boueuses issues du lavage à contre-courant des filtres, la vidange annuelle des bassins et surtout l'écoulement permanent (eaux usées du bain, eaux décantées). Leur évacuation se fait en principe dans les canalisations d'eaux usées, sauf si elles sont prétraitées.

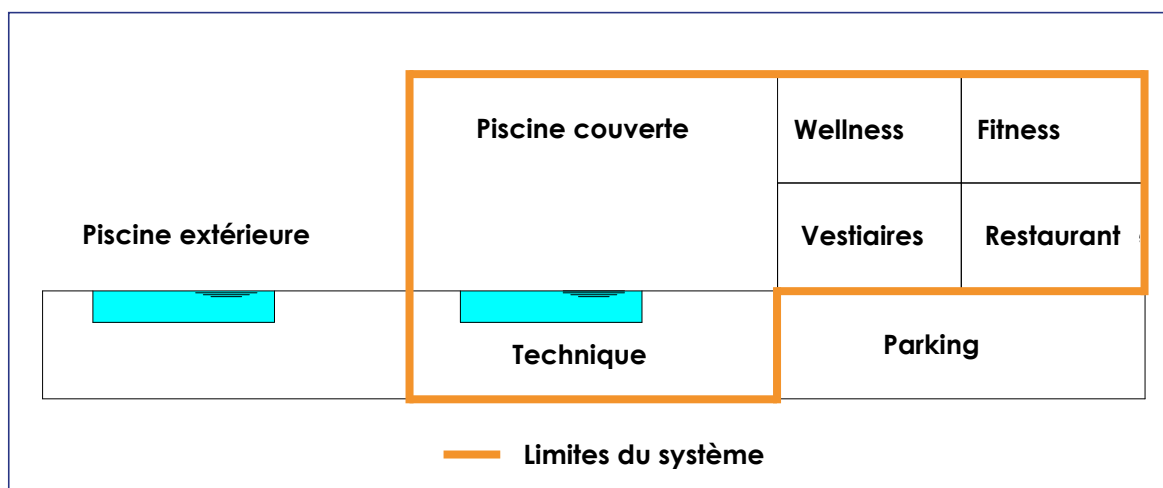
Les systèmes de récupération de chaleur pour l'écoulement permanent et l'eau de rinçage, qui devient de l'eau boueuse lors du rétro-lavage, peuvent facilement être couplés ce qui réduit, dans une large mesure, les pertes de chaleur via le flux d'eaux usées.

## 1.6 Limites du système

Les piscines couvertes actuelles ne sont pas faciles à comparer entre elles. Les différentes offres, qui ont une influence déterminante sur la consommation d'énergie, sont trop différentes les unes des autres. C'est pourquoi une limite de système est définie.

Outre la zone de piscine couverte classique (avec ou sans attractions), la piscine peut comporter ou non un restaurant. Un espace fitness intégré, généralement climatisé, ou un vaste espace sauna et de bien-être avec diverses offres, ainsi qu'un bassin extérieur chaud, influencent aussi fortement la consommation d'énergie.

Si l'on veut comparer les différentes piscines couvertes, il faut tenir compte des offres proposées. Les parkings souterrains se situent toujours en dehors des limites du système.







Avec le soutien de



suisseénergie

# 2

**APPROVISIONNEMENT  
EN ÉNERGIE**  
(utilisation des énergies renouvelables  
et de la chaleur fatale)





## 2 Approvisionnement en énergie (utilisation des énergies renouvelables et de la chaleur fatale)

////////////////////////////////////		
<b>2.1</b>	<b>Besoins de chaleur</b>	29
2.1.1	Evolution saisonnière des besoins de chaleur	29
2.1.2	Systèmes de chauffage conventionnels (mazout, gaz)	29
////////////////////////////////////		
<b>2.2</b>	<b>Récupération de chaleur interne (également Minergie)</b>	30
2.2.1	Ventilation	30
2.2.2	Installation sanitaire	30
2.2.3	Eau des bassins	30
////////////////////////////////////		
<b>2.3</b>	<b>Chaleur fatale</b>	31
2.3.1	Chauffage à distance	32
2.3.2	Chaleur fatale des eaux usées	32
2.3.3	Chaleur fatale des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)	34
2.3.4	Chaleur fatale de l'industrie	34
2.3.5	Chaleur fatale des patinoires artificielles	34
2.3.6	Chaleur fatale des terrains en gazon synthétique	35
////////////////////////////////////		
<b>2.4</b>	<b>Énergies renouvelables et plans directeurs énergétiques</b>	36
2.4.1	Plans directeurs énergétiques	36
2.4.2	Solaire	36
2.4.3	Eolien	42
2.4.4	Biomasse et bois	42
2.4.5	Chaleur environnante	43
////////////////////////////////////		







## 2.1 Besoins de chaleur

### 2.1.1 Evolution saisonnière des besoins de chaleur

La puissance thermique maximale requise est calculée pour l'hiver, lorsque les températures extérieures sont les plus basses, mais elle n'est atteinte que quelques jours par an.

Pour la conception des systèmes énergétiques, il est important de connaître l'évolution saisonnière des besoins de chaleur. Il faut également tenir compte des périodes d'ouverture et d'occupation des piscines et des périodes de révision (piscines scolaires). L'évolution annuelle doit être déterminée pour les différents consommateurs de chaleur et présentée sur l'année. Le graphique ci-dessous présente une évolution annuelle typique.

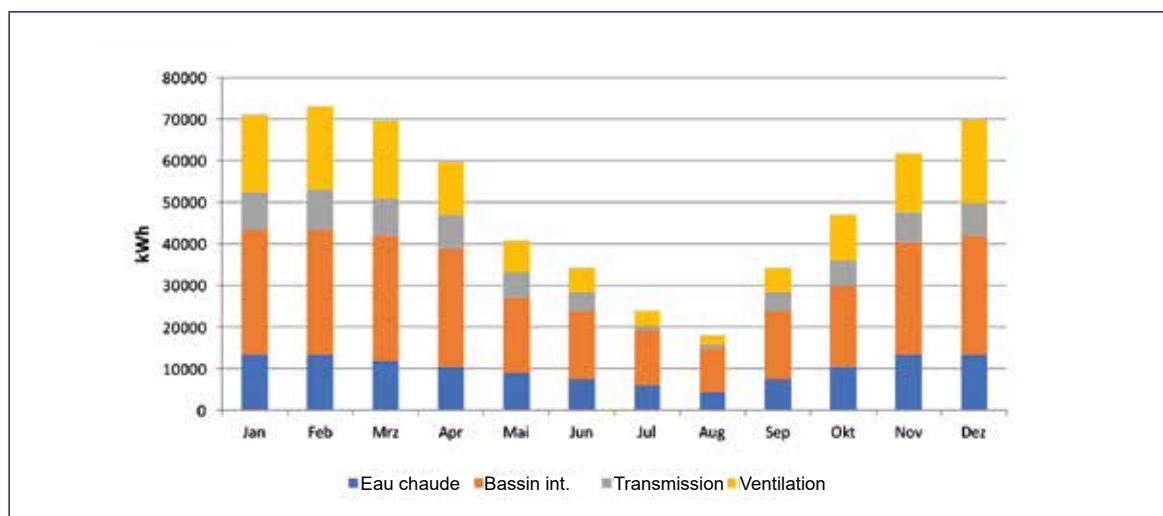


Illustration 1 : Évolution annuelle des besoins de chaleur d'une piscine intérieure typique

Il s'avère que les pertes par transmission ne représentent qu'une part minime des besoins totaux en raison des valeurs U actuelles.

### 2.1.2 Systèmes de chauffage conventionnels

De nos jours, les systèmes de chauffage conventionnels tels que le chauffage au mazout ou au gaz ne sont généralement utilisés que pour couvrir les pics de consommation. Pour le chauffage de base, on privilégie en premier lieu d'autres sources de chaleur (chaleur résiduelle, énergie solaire, géothermie ou énergie du bois). L'objectif doit être de renoncer de manière générale aux chauffages au mazout et de n'utiliser que des énergies renouvelables ou neutres en termes de CO<sub>2</sub>.



## 2.2 Récupération de chaleur interne (également Minergie)

### 2.2.1 Ventilation

Pour toutes les installations de ventilation, les récupérateurs de chaleur (RC) sont utiles et doivent être installés (voir MoPEC, SIA 380/1 : Installations de ventilation et de climatisation et exigences Minergie).

Pour le choix des installations de récupération de chaleur, le gain énergétique annuel net total est déterminant, c'est-à-dire qu'il faut soustraire du gain énergétique annuel la dépense supplémentaire en énergie électrique (voir également SICC VA 300-01 : Récupération de chaleur dans les installations aérauliques).

Les installations de ventilation des piscines intérieures doivent être équipées d'un système de récupération de chaleur à deux niveaux. Le premier niveau est généralement un récupérateur de chaleur. Le deuxième niveau doit être réalisé par une pompe à chaleur de déshumidification ou une alternative énergétiquement équivalente (par ex. groupe d'eau glacée). La pompe à chaleur de déshumidification doit comporter un condenseur à eau du bassin.

Il est possible de renoncer à la pompe à chaleur de déshumidification si l'échangeur de chaleur à plaques (RC) présente un taux de récupération de chaleur d'au moins 85 % (sans condensation selon SIA 382/1 et SICC VA 300-01).

### 2.2.2 Installation sanitaire

Un récupérateur de chaleur des eaux usées provenant des douches doit être installé. Les eaux usées des douches sont ainsi refroidies à une température proche de celle de l'eau froide (max +2K). Lors de la planification, il faut faire particulièrement attention au risque d'encrassement du système. En outre, un circuit tertiaire ou une séparation équivalente doit être installé entre l'eau usée et l'eau froide préchauffée. Le système de douche avec récupération de chaleur de type „Joulia“ n'est utilisé que dans le secteur privé. La solution maximale consiste à refroidir l'ensemble des eaux usées via une pompe à chaleur et à récupérer la chaleur.

### 2.2.3 Eau des bassins

Un échangeur de chaleur à plaques doit être prévu pour la récupération de chaleur entre l'écoulement continu d'eau du bassin et l'arrivée continue d'eau froide. La différence de température entre l'entrée de l'écoulement continu et la sortie de l'amenée continue ne doit pas dépasser 1 Kelvin selon Minergie.



## 2.3 Chaleur fatale

La chaleur fatale peut provenir des eaux usées, des usines d'incinération des ordures ménagères et de l'industrie.

L'utilisation de la chaleur fatale consiste à transférer la chaleur générée par un processus à d'autres processus. Les critères suivants doivent être remplis pour une utilisation de la chaleur fatale : source de chaleur fatale, réduction de chaleur, transfert de chaleur et éventuellement stockage de chaleur. Pour le transfert de chaleur, des conduites de chauffage à distance entre la source de chaleur fatale et la piscine servent généralement de réduction de chaleur.

La figure 2 donne un aperçu de l'utilisation de la chaleur fatale.

Température source de chaleur fatale	Source de chaleur fatale	Dissipateur de chaleur, utilisation
Jusqu'à 40 °C	Eaux usées Patinoires artificielles Froid commercial	Chauffage par pompe à chaleur Préchauffage ECS Chauffage de l'eau des bassins, en particulier pour les piscines de plein air
Jusqu'à 80 °C	Installations d'air comprimé, installations de séchage	Chauffage Production d'eau chaude sanitaire
Plus de 80 °C	Entreprises industrielles Usines d'incinération des ordures ménagères	Chauffage Production d'eau chaude sanitaire

Illustration 2 : Composition de l'utilisation des rejets thermiques

Il existe donc un potentiel de synergie intéressant pour les piscines intérieures et extérieures. Lors de la construction d'une nouvelle piscine intérieure ou de l'assainissement de l'installation de chauffage, il convient d'examiner, outre la récupération de chaleur interne, l'utilisation de rejets thermiques externes ou d'énergies renouvelables. Dans les cantons, cela est exigé par les modèles de prescriptions de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (MoPEC), par exemple pour le chauffage des piscines extérieures, et dans certaines communes dans le cadre de la planification énergétique. Il convient également de se demander si la mise en place d'un réseau de chaleur avec d'autres bâtiments voisins en vaut la peine ; aujourd'hui, on fait souvent appel à des contractants pour la planification et le financement. Les communes fournissent des informations sur les plans directeurs énergétiques. D'autres informations sur les possibilités de subvention et les sources d'énergie possibles pour la mise en place de réseaux de chaleur peuvent être demandées à [www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch)



## 2.3.1 Chauffage à distance

Le terme de chauffage à distance comprend deux catégories :

**Froid à distance** : la chaleur obtenue est transférée à une „conduite d'eau froide“, qui est transportée dans des conduites non isolées vers les consommateurs. Une piscine intérieure prélève sur place la quantité de chaleur nécessaire à cette „conduite d'eau froide“ au moyen d'un échangeur de chaleur et l'amène à un niveau de température nécessaire à des fins de chauffage à l'aide d'une pompe à chaleur. Les pertes de chaleur sont faibles dans les conduites de froid à distance et les pompes à chaleur atteignent des coefficients de performance saisonniers (SCOP) élevés.

**Chauffage à distance** : la chaleur est mise à disposition dans une centrale de chauffage externe et acheminée par des conduites isolées vers la piscine intérieure, où elle peut être utilisée directement pour le chauffage.

L'analyse économique permet de constater que le froid à distance permet de couvrir de grandes distances et de desservir une plus grande zone. La raison en est que les conduites sont moins chères. Une autre caractéristique des deux types de chauffage à distance est que plus le chauffage à distance peut fournir ou vendre de la chaleur, plus les prix de revient sont avantageux et plus les distances à couvrir sont importantes. Si un contrat de livraison de chaleur est conclu avec le fournisseur de chaleur, par exemple un contractant énergétique, le contractant est tenu de livrer la quantité d'énergie commandée au client à un prix convenu. En cas de panne de l'installation de production de chaleur, le contractant doit veiller à remplacer l'énergie nécessaire dans un délai raisonnable.

Dans la plupart des cantons, les piscines extérieures ne peuvent être chauffées qu'avec de l'énergie renouvelable ou des rejets thermiques non utilisables à d'autres fins, conformément au MoPEC. Les piscines extérieures peuvent être intéressantes pour un fournisseur de chaleur, car les rejets thermiques y sont prélevés principalement en dehors de la période de chauffage, c'est-à-dire en été.

## 2.3.2 Chaleur fatale des eaux usées

Une autre source d'énergie hors du bain est disponible sous forme d'eaux usées domestiques ou industrielles. Ici aussi, il y a en principe deux caractéristiques distinctives à mentionner, avant ou après la station d'épuration des eaux usées (STEP) :

**Eaux usées avant la STEP** : l'utilisation du potentiel thermique des eaux usées nécessite un canal situé à proximité et un débit minimal de 10-15 litres par seconde par temps sec. La faisabilité technique est assurée par des échangeurs de chaleur installés dans des canalisations existantes ou nouvelles (un exemple est présenté dans la figure 3 de la page suivante). Il existe également une variante technique qui consiste à conduire les eaux usées du canal vers une construction propre à la piscine intérieure avec des échangeurs de chaleur, ce qui pose des exigences techniques et d'exploitation assez élevées à l'installation. De plus, il faut une autorisation de l'exploitant du canal et de la station d'épuration ou du canton. Il s'agit de s'assurer que le fonctionnement du canal et les processus biologiques de la station d'épuration ne soient pas perturbés.

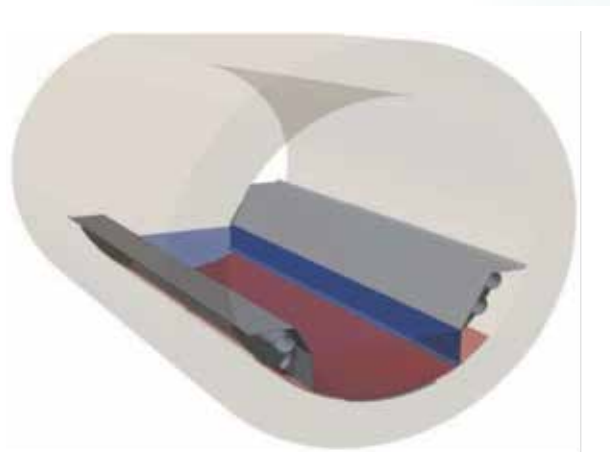


Illustration 3 : Échangeur de chaleur à canaux dans une canalisation

**Eaux usées après la STEP :** la production de chaleur à partir des eaux usées utilisées en aval de la station d'épuration dispose d'un très grand potentiel énergétique. L'épuration biologique, en particulier la nitrification, n'est pas limitée par l'extraction de chaleur. Le prélèvement de chaleur en aval de la station d'épuration a en outre un effet positif sur l'écologie du cours d'eau récepteur. Comme les stations d'épuration ont souvent été construites à l'origine en bordure d'agglomération, la distance par rapport aux consommateurs potentiels de chaleur est souvent importante. Selon l'importance de la production de chaleur et dans les zones non construites, le froid à distance peut couvrir des distances d'un, deux, voire plus de deux kilomètres. Pour les petits consommateurs et dans les zones construites, la distance est beaucoup plus courte.

Pour la production de chaleur en aval de la STEP, il faut l'accord de la station d'épuration. De plus, la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) doit être respectée et la température du cours d'eau ne doit pas être trop influencée.

Remarque : étant donné que la production d'eaux usées pendant la nuit ou la fonte des neiges peuvent entraîner une baisse de la température et donc un manque d'énergie thermique, il est indispensable de mettre en place un système de chauffage bivalent, dans ce cas avec une pompe à chaleur pour la charge de base et une chaudière conventionnelle (gaz naturel, mazout) pour la charge de pointe.



Illustration 4 : Échangeur de chaleur externe pour l'utilisation de la chaleur résiduelle des eaux usées

### 2.3.3 Chaleur fatale des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)

Une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) peut produire de l'énergie électrique et de la chaleur pour les réseaux de chauffage à distance à partir du contenu énergétique des déchets. Les 30 UIOM suisses sont en mesure de couvrir les besoins en électricité d'environ 250'000 ménages et la chaleur à distance permet de remplacer chaque année environ 215'000 tonnes de mazout (source : OFEV, 2015). En vertu de l'ordonnance sur l'énergie, les rejets de chaleur des UIOM sont neutres en termes de CO<sub>2</sub> et assimilés aux énergies renouvelables. Les rejets thermiques sont produits à un niveau de température élevé et présentent un excellent écobilan. La distribution de chaleur des rejets thermiques des UIOM s'effectue par le biais de conduites de chauffage à distance qui alimentent en partie de vastes zones de la ville. L'UIOM locale ou l'exploitant du chauffage urbain fournissent des informations sur les possibilités d'achat de chaleur.

### 2.3.4 Chaleur fatale de l'industrie

Diverses entreprises industrielles produisent de grandes quantités de chaleur fatale, généralement à un niveau de température élevé, qui sont rejetées dans l'air ou dans les eaux usées sans être utilisées. Si l'entreprise industrielle et la piscine se trouvent à quelques centaines de mètres l'une de l'autre, l'utilisation de la chaleur fatale doit être examinée. Des contrats pragmatiques permettent aux deux partenaires d'en bénéficier : le fournisseur de chaleur fatale ne s'engage toutefois généralement pas à livrer la chaleur sans interruption, mais la transmet gratuitement à la piscine intérieure. Pour la construction et le financement, il est également possible de faire appel à un contractant.

### 2.3.5 Chaleur fatale des patinoires artificielles

La production de glace artificielle à des fins sportives génère de grandes quantités de chaleur fatale. Cette chaleur peut soit être stockée dans un accumulateur de chaleur et amenée à un niveau de température plus élevé au moyen d'une pompe à chaleur, soit être utilisée directement pour le chauffage de l'eau des piscines via un circuit intermédiaire. Les patinoires artificielles produisent en continu une puissance thermique résiduelle de l'ordre de 150 à 200 kW, en fonction de leur taille et de leur confinement. Dans une piscine extérieure, cette chaleur peut être facilement utilisée, car la température de l'eau de baignade est relativement basse, généralement inférieure à 26 °C. Dans une piscine intérieure, où la température de l'eau des bassins est plus élevée, généralement supérieure à 28°C, l'utilisation directe de la chaleur fatale n'est guère possible ; on utilise alors des pompes à chaleur.





Pour que les machines frigorifiques (ammoniac ou CO<sub>2</sub>) puissent atteindre un rendement élevé, l'écart de température du côté secondaire du condenseur doit être le plus grand possible, idéalement de 8 à 12 Kelvin. Côté primaire, la température de sortie du condenseur est de 34°C maximum. Ce sont donc en premier lieu les piscines extérieures avec des températures d'eau de 22°C à 26°C qui conviennent pour absorber la chaleur fatale des patinoires artificielles. Si la température de l'eau du bassin de la piscine extérieure dépasse 26°C, la valorisation de la chaleur fatale de la patinoire ne pourra plus être réalisée car l'effet de rafraîchissement souhaité par les baigneurs ne sera plus assuré si la température de la piscine extérieure dépasse les 26°C.

Si le chauffage initial d'une piscine extérieure doit être effectué avec la chaleur fatale d'une patinoire artificielle, celle-ci doit être en service au début de la saison, en avril et mai. Les patinoires artificielles qui ne sont pas exploitées toute l'année commencent généralement à produire la glace en août, en raison de la saison des sports de glace, et disposent alors de grandes quantités de chaleur résiduelle pendant quelques jours. Celles-ci peuvent être récupérées par une piscine extérieure, ce qui permet de prolonger la saison, surtout en septembre.

Si les installations, entre autres une pompe à chaleur, pour l'utilisation de la chaleur fatale de la patinoire artificielle sont disponibles dans une piscine intérieure, leur couplage temporel avec le premier chauffage de l'eau de la piscine après la phase de révision est économique. Il convient de vérifier si ces deux processus peuvent avoir lieu simultanément du point de vue de l'exploitation.

## 2.3.6 Chaleur fatale des terrains en gazon synthétique

Les terrains en gazon synthétique, s'ils sont équipés d'un serpentin hydraulique, offrent un grand potentiel en tant que capteurs solaires pour alimenter une PAC. Lorsque le terrain en gazon synthétique est proche de la piscine extérieure, l'utilisation de cette chaleur solaire s'impose. En plus de refroidir le terrain en gazon synthétique, cette solution permet de réduire l'arrosage (rafraîchissement adiabatique) qui est indispensable pour ces surfaces.



## 2.4 Énergies renouvelables et plans directeurs énergétiques

### 2.4.1 Plans directeurs énergétiques

Certains cantons obligent les moyennes et grandes communes à élaborer et à mettre en œuvre un plan directeur de l'énergie.

Le plan directeur de l'énergie présente une vue d'ensemble des potentiels actuellement utilisés et non utilisés en matière d'énergies renouvelables et de chaleur résiduelle, ainsi que des utilisateurs potentiels. Il délimite également en particulier des zones dans lesquelles des priorités sont fixées pour l'utilisation de certaines sources d'énergie. Les piscines intérieures sont concernées si elles doivent être construites ou si les systèmes de chauffage doivent être rénovés ou remplacés. L'utilisation de ces sources d'énergie prédéfinies doit alors être examinée et mise en œuvre en conséquence. (Source : Commune Suisse 4/12).

InfraWatt (*Association pour l'utilisation rationnelle de l'énergie des eaux usées, des déchets, de la chaleur à distance et de l'eau potable*) peut également établir des cartes SIG (Système d'Information Géographique) pour les communes qui ne disposent pas d'un plan directeur de l'énergie. Cette carte SIG indique s'il existe dans les environs des sources de chaleur et d'énergie à utiliser dans la piscine intérieure et si des bâtiments présentant une demande de chaleur importante se trouvent à proximité, afin de mettre en place un réseau de distribution de chaleur.

### 2.4.2 Solaire

En une heure, le soleil rayonne sur la terre autant d'énergie que toute l'humanité en consomme en un an. Il existe différentes formes d'utilisation de l'énergie solaire. En principe, on distingue les formes actives et passives d'utilisation de l'énergie solaire. Par utilisation passive, on entend principalement des solutions architecturales pour gagner de la chaleur, notamment par le rayonnement à travers les fenêtres. L'utilisation active de l'énergie solaire peut à son tour être divisée en énergie solaire thermique et électrique.

La lumière du soleil se compose d'une partie directe et d'une partie diffuse à la surface de la terre. Selon l'état de la couverture nuageuse et le moment de la journée, la puissance de rayonnement ainsi que la part de rayonnement direct et diffus peuvent varier fortement. Les trajectoires du soleil varient fortement au cours de l'année (figure 5).



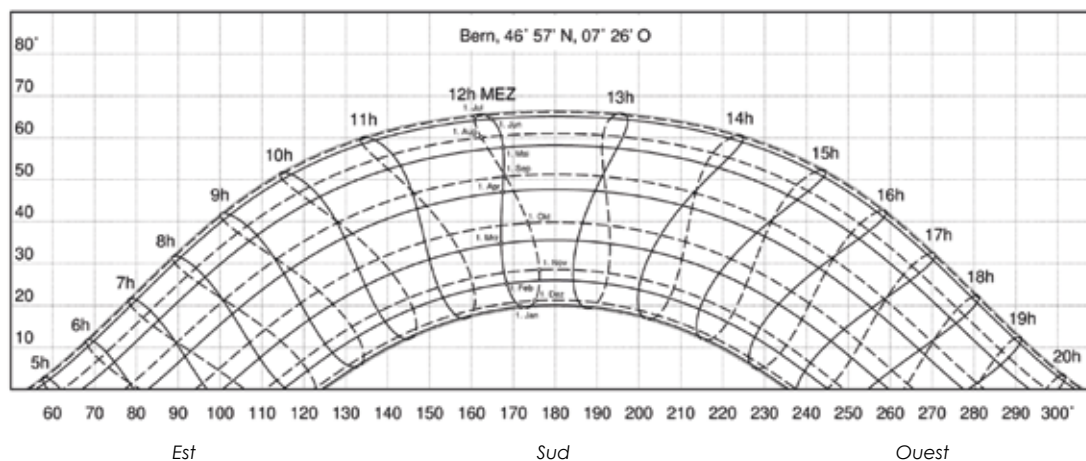


Illustration 5 : Diagramme de la position du soleil

La conversion du rayonnement solaire en chaleur se fait avec un rendement élevé, supérieur de 45 à 70 %. Toutefois, si cette chaleur n'est pas utilisée, les capteurs solaires isolés surchauffent et la durée de vie, notamment des matériaux d'étanchéité, est réduite. Les installations photovoltaïques n'ont pas cet inconvénient. Le surplus d'électricité est simplement injecté dans le réseau, ce qui peut toutefois entraîner une baisse de la rémunération à certaines heures.

En revanche, la transformation du rayonnement solaire en courant électrique s'effectue avec un rendement modeste de moins de 20 % :

Production de chaleur : 500 kWh/m<sup>2</sup>a

Production d'électricité : 180 kWh/m<sup>2</sup>a

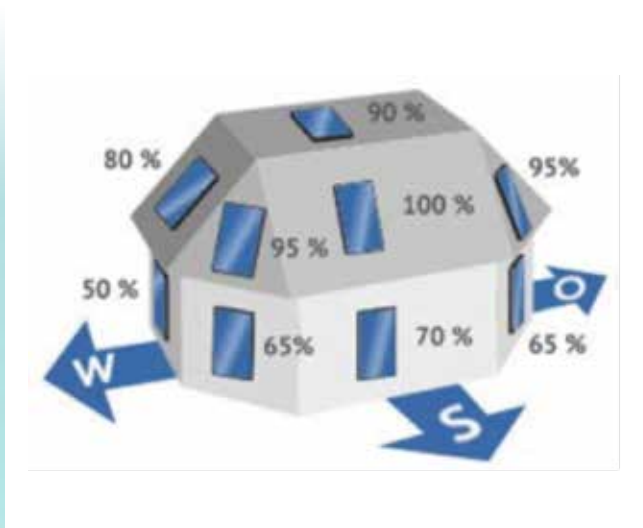


Illustration 6 : Rayonnement solaire annuel sur les toits et façades

## 2.4.2.1 Solaire thermique

Le capteur solaire transforme l'énergie de la lumière du soleil en chaleur et la transmet généralement à un accumulateur via un circuit d'eau glycolée. L'énergie solaire thermique convient bien lorsque les besoins en chaleur coïncident avec la production de chaleur solaire et que la chaleur peut être utilisée à un niveau de température aussi bas que possible. Sous nos latitudes tempérées, le rendement le plus élevé est obtenu avec une orientation vers le sud et une inclinaison de 30°.



Illustration 7 : Solaire thermique sur un toit plat

La surface terrestre reçoit environ 1 000 W/m<sup>2</sup> par temps clair. La puissance moyenne pour le solaire thermique avec un module standard est d'environ 550 à 760 watts par m<sup>2</sup> de surface de capteur pendant la journée.

Le rendement thermique annuel peut être estimé à environ 500 kWh/m<sup>2</sup>a sous nos latitudes. Les différents types de construction de capteurs solaires présentent un rendement différent en fonction de la différence de température entre le capteur et l'environnement..

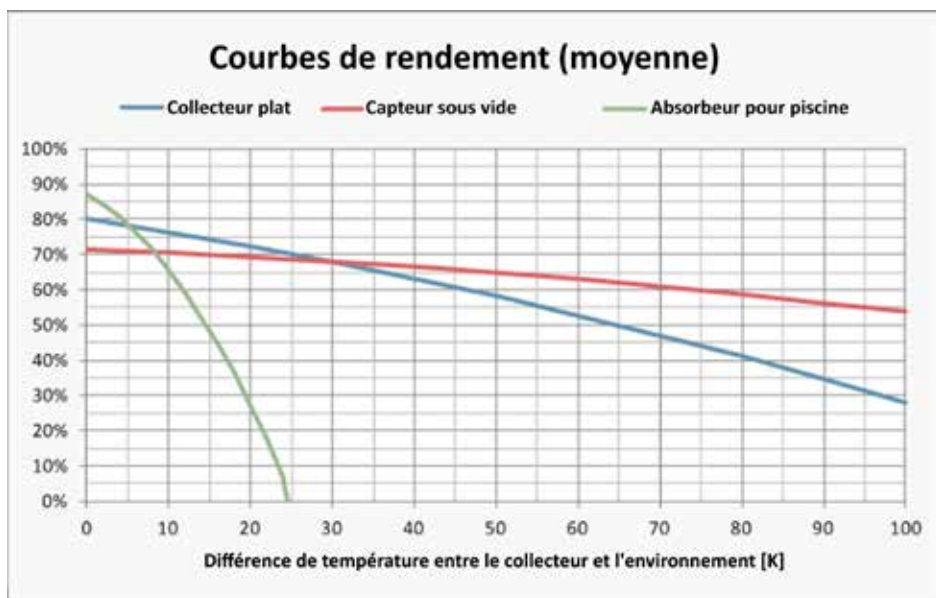


Illustration 8 : Rendement de différents capteurs solaires en fonction de la différence de température entre le capteur et l'environnement



### Les absorbeurs de chaleur solaire

On appelle absorbeur les capteurs solaires non vitrés et non isolés en plastique ou en métal. Ils sont bien adaptés au chauffage de l'eau à une température de 10 à 40°C au-dessus de la température extérieure, notamment pour le chauffage des piscines extérieures. Une solution simple et économique pour les piscines extérieures consiste à utiliser des nattes d'absorption en EPDM (caoutchouc éthylène-propylène-diène, caoutchouc synthétique, gomme), qui sont directement alimentés en eau du bassin ou par un circuit intermédiaire et qui ne sont pas isolés. En hiver, ils peuvent être vidés. Si l'eau du bassin est suffisamment chaude, la circulation à travers les tapis absorbants est interrompue, ce qui entraîne un fort échauffement de ces derniers et une réduction de leur durée de vie. Le froid hivernal fragilise également les tapis absorbants et réduit leur durée de vie. Les tapis absorbants en acier inoxydable non isolés vieillissent nettement moins vite que les tapis en EPDM, mais ils sont plus chers à l'achat.



Illustration 9 : nattes d'absorption en EPDM sur le toit pour chauffer l'eau du bassin

### Capteurs solaires plats

Les capteurs solaires plats vitrés présentent un rendement plus faible que les nattes d'absorption lorsque la différence de température entre le capteur et l'environnement est faible, mais ils perdent moins de chaleur dans l'environnement en raison de leur isolation. Ils ont une durée de vie plus longue, mais sont plus chers à l'achat que les absorbeurs. Les capteurs plats sont assez robustes et économiques pour la production d'eau chaude sanitaire de 35 à 60°C. Les capteurs plats présentent leur plus grand avantage en cas de gel et de rayonnement solaire direct, car le réchauffement du profilé noir du cadre dégèle rapidement le givre sur le verre isolant, ce qui les rend rapidement opérationnels les jours ensoleillés.

### Capteurs tubulaires

Les capteurs tubulaires sous vide ont une isolation encore meilleure que les capteurs plats grâce au vide. Ils conviennent pour des températures de départ moyennes à élevées jusqu'à 100°C. En cas de rayonnement solaire brumeux et diffus, ils présentent des avantages par rapport aux autres types de capteurs.

### Surchauffe

Les capteurs solaires isolés sont confrontés au problème de la surchauffe dès que la chaleur produite n'est pas évacuée du capteur et utilisée. L'eau glycolée peut se décomposer, devenir visqueuse et encrasser les capteurs. Les systèmes drain-back permettent de vider le liquide des capteurs dans un réservoir prévu à cet effet, de sorte que les capteurs sont protégés contre la surchauffe. La durée de vie des capteurs et de l'eau glycolée est ainsi prolongée.



### **Piscine intérieure**

Dans une piscine intérieure fonctionnant toute l'année, le solaire thermique doit servir à couvrir la charge de base du chauffage de l'eau chaude sanitaire et de l'eau du bassin. La surface des capteurs doit être choisie de manière à ne couvrir que la charge de base nécessaire en permanence. On évite ainsi une surchauffe des capteurs.

### **Piscines extérieures**

Les piscines extérieures sont bien adaptées à l'utilisation de la chaleur solaire. Au début de la saison d'exploitation des piscines extérieures, en mai, l'eau de baignade peut être chauffée plus rapidement par des capteurs solaires que par le seul rayonnement à la surface de l'eau, et en automne, la saison peut être prolongée. Les surfaces de toit des vestiaires ou des bâtiments d'exploitation peuvent être utilisées à cet effet. Les investissements sont relativement élevés par rapport à la quantité d'énergie utilisable.

### **Douches solaires**

Dans les piscines extérieures, les douches chauffées à l'énergie solaire au bord des bassins sont une bonne chose du point de vue énergétique. La production d'énergie et le besoin en eau chaude pour les douches se déroulent simultanément, en fonction du beau temps. Si les douches ne sont pas utilisées et que le soleil brille tout de même de temps en temps, l'eau est temporairement chauffée à plus de 60°C dans la douche solaire, ce qui tue les légionelles. En cas d'utilisation intensive, la température des douches extérieures ne dépasse guère 25°C et la croissance des légionelles est très limitée. Néanmoins, il y a parfois des températures auxquelles les légionelles peuvent se multiplier.

## 2.4.2.2 Photovoltaïque

Le module solaire ou la cellule solaire transforme la lumière du soleil en courant électrique continu. Une installation photovoltaïque (PV) se compose essentiellement du module solaire et de l'onduleur. L'onduleur transforme le courant continu en courant alternatif, courant habituel du réseau électrique. Le courant électrique est injecté dans le réseau ou consommé ou encore stocké localement.



*Illustration 10 : Une cellule solaire transforme la lumière du soleil en courant électrique*



Afin de procéder à une première estimation du potentiel, il est possible, dans un premier temps, de saisir approximativement la surface de toit prévue. Étant donné qu'un toit contient généralement des surfaces qui ne peuvent pas être recouvertes par un module (fenêtres de toit, cheminée, etc.), il convient de calculer avec un facteur de correction compris entre 0,5 (beaucoup de surfaces inutilisables) et 0,8 (peu de surfaces inutilisables). Dans un deuxième temps, cette surface peut être multipliée par des valeurs moyennes de production d'énergie possible dans nos régions. Pour la production d'énergie des installations photovoltaïques, on peut utiliser approximativement le facteur suivant :

#### **Production d'électricité : 180 kWh/m<sup>2</sup>a**

C'est à basse température que les cellules solaires présentent le meilleur rendement. Elles sont donc généralement installées de manière plus inclinée que les capteurs solaires destinés à la production de chaleur et produisent une puissance électrique élevée en hiver, lorsque le rayonnement solaire est faible. Les modules photovoltaïques orientés vers l'est sont éclairés par le soleil du matin, alors qu'ils sont encore froids, et présentent un rendement plus élevé que les modules situés à l'ouest pendant la chaleur de l'après-midi. Comme la production d'électricité à partir de l'énergie solaire est soumise à des variations météorologiques, la production et la demande sont généralement décalées dans le temps. L'électricité produite doit donc être stockée localement ou réinjectée dans le réseau électrique.

### 2.4.2.3 Capteurs solaires hybrides : photovoltaïque et solaire thermique

Le capteur hybride combine le solaire thermique et le photovoltaïque. Cette combinaison est appelée photothermie ou thermovoltaïque. L'utilisation de la chaleur refroidit les cellules solaires, ce qui permet de maintenir leur rendement élevé pour la production d'électricité. Pour cela, un très grand réservoir de chaleur est nécessaire. L'utilisation de capteurs solaires hybrides doit être examinée très soigneusement au cas par cas.



## 2.4.3 Eolien

Un potentiel de vent suffisant est déterminant pour l'utilisation d'éoliennes. De plus, les documents nécessaires à la demande de permis de construire d'une éolienne nécessitent beaucoup de travail. Les piscines intérieures et extérieures se trouvent par nature dans des zones d'habitation où les éoliennes sont généralement perçues comme gênantes par les habitants et où des problèmes peuvent survenir lors de l'obtention d'une autorisation en raison d'oppositions.

Les éoliennes sont donc moins adaptées aux piscines.

## 2.4.4 Biomasse et bois

### 2.4.4.1 Biomasse

Les déchets biogènes tels que le lisier, les boues d'épuration, les déchets animaux et les restes de repas ne sont guère adaptés aux piscines. Les exigences en matière de protection sanitaire et de protection contre les explosions sont élevées. De plus, une manipulation inappropriée peut entraîner des émissions d'odeurs gênantes.

La biomasse peut être utilisée dans le cadre d'un réseau de distribution de chaleur.

### 2.4.4.2 Bois

Les chauffages au bois offrent en tous lieux une alternative aux chauffages traditionnels au mazout et au gaz, car le bois en tant que source d'énergie est facile à transporter et repousse en Suisse. Le niveau de température pouvant être atteint est suffisant pour le chauffage conventionnel et industriel. Souvent, un chauffage au bois ne peut être mis en pratique que dans le cadre d'une transformation ou d'une construction importante d'une piscine. Les chauffages au bois nécessitent beaucoup de place.

Les éléments suivants sont donc nécessaires :

- Trémie pour copeaux, plaquettes, pellets ou autres (le local de citerne à mazout existant est généralement trop petit pour être réutilisé pour la variante bois)
- Accumulateur thermique, la dimension varie selon la puissance
- Foyer ou brûleur
- Pour les grandes installations, un filtre électrostatique supplémentaire.
- Nouvelle cheminée

Lors de l'élaboration d'un projet de chauffage au bois d'une certaine importance, il est recommandé de déterminer les besoins d'autres consommateurs dans les environs. Cela permet de répartir les investissements plus importants et de compter sur une durée d'amortissement plus courte. Un réseau de distribution de chaleur local est mis en place et il est généralement fait appel à un contracteur. Les chauffages au bois sont encouragés par de nombreux cantons ou par la Fondation pour la protection du climat et la compensation de CO<sub>2</sub> (KliK). Voir le chapitre sur les subventions.



## 2.4.5 Chaleur environnante

Une alternative à la production de chaleur consiste à utiliser la chaleur de l'environnement. Les sources de chaleur possibles sont la terre, l'eau ou l'air. Les pompes à chaleur permettent d'utiliser cette chaleur. Avec une pompe à chaleur, la chaleur est extraite de la source et portée à un niveau de température utilisable. Pour chaque kWh d'électricité, une pompe à chaleur peut produire une quantité de chaleur comprise entre 3 et 5, selon la source d'énergie. Avec l'air, le rendement est inférieur. Plus la température et la capacité de stockage/conductivité thermique de la source de chaleur sont élevées et plus le niveau de température requis par le consommateur de chaleur est bas, plus une pompe à chaleur peut être exploitée avec un bon rendement.

La disponibilité et la température de la source de chaleur exercent une influence décisive sur la rentabilité. Les pompes à chaleur sont en partie subventionnées par les cantons ou d'autres collectivités.

### 2.4.5.1 Sondes géothermiques

L'utilisation de la géothermie peut être effectuée dans des zones appropriées. Les champs géothermiques autorisés sont généralement indiqués dans le portail cartographique cantonal.

**Capteurs terrestres** : les capteurs terrestres sont des tuyaux en plastique enterrés à une profondeur de 1 à 1,8 mètre dans le sol. Pour cela, il faut disposer d'une surface non construite suffisamment grande, environ deux fois la surface au sol du bâtiment à chauffer. Avec des distances entre les tuyaux d'environ 25 cm, une puissance de 15 à 20 W/m<sup>2</sup> peut être extraite du sol. Pour des puissances plus importantes, il existe un risque de formation de permafrost.

**Sondes géothermiques** : Les sondes géothermiques sont des tubes doubles ou coaxiaux en forme de U, alimentés par un circuit d'eau et enfoncés verticalement ou en biais dans le sol jusqu'à une profondeur de 200 mètres. À une profondeur de 200 mètres, on trouve des températures d'environ 15°C. La température augmente d'environ 3°C par 100 mètres de profondeur. L'utilisation de sondes géothermiques suppose les conditions suivantes :

- Connaissance géologique précise du sous-sol
- Définition précise du nombre et de la profondeur de la sonde géothermique
- Une autorisation d'exploitation doit être délivrée par les autorités compétentes

**Pieux énergétiques** : Si le terrain exige qu'un bâtiment soit soutenu par des pieux, ceux-ci peuvent être utilisés de manière économique comme échangeurs de chaleur pour extraire ou restituer de la chaleur au sous-sol. Les conduites de fluide sont posées avant le bétonnage des pieux. Cette variante n'entraîne que de faibles coûts supplémentaires et est donc économique.



## 2.4.5.2 Air

L'air est présent partout et constitue donc un potentiel énergétique facilement accessible. Mais si l'on veut utiliser la chaleur qu'il contient à des fins de chauffage, il faut tenir compte de son niveau de température et de sa pureté.

**Air ambiant :** l'air est soumis à des variations de température saisonnières. La puissance de chauffage d'une pompe à chaleur diminue avec la baisse de la température ambiante. Parallèlement, les besoins en chaleur pour le bâtiment augmentent.

Pour les gros consommateurs ayant besoin d'énergie de chauffage toute l'année, comme les piscines intérieures, l'air ambiant comme source de chaleur ne convient que pour couvrir les charges de base en été, car le rendement de la pompe à chaleur est nettement plus faible en hiver par rapport aux autres sources de chaleur. Dans une piscine extérieure, l'air ambiant entre en ligne de compte comme source de chaleur. Une couverture du bassin en dehors des heures d'ouverture est obligatoire selon le MoPEC.

**Air neuf :** l'utilisation de l'air neuf comme source de chaleur et sa déshumidification simultanée dans une installation de ventilation au moyen d'une pompe à chaleur peuvent présenter l'avantage de maintenir un faible débit volumétrique pour la déshumidification de la piscine intérieure et de réduire ainsi la consommation d'électricité des ventilateurs.

**Air repris :** dans le cas de l'air repris, il convient de vérifier la concordance temporelle et quantitative entre la production de chaleur résiduelle et les besoins en chaleur utile.

**Air rejeté :** l'air rejeté est généralement acheminé vers l'évaporateur d'une pompe à chaleur. Par rapport à l'air ambiant, l'air rejeté présente généralement l'avantage d'une température plus élevée et plus constante, ce qui le rend plus adapté à l'utilisation dans le cadre d'une pompe à chaleur.

## 2.4.5.3 Eau thermale

L'eau thermale offre un grand potentiel de chaleur. Elle est généralement utilisée directement comme eau de bain. Selon le niveau de température, elle peut être refroidie, utilisée à un niveau de température inchangé ou doit être réchauffée. En cas de flux volumiques importants, une utilisation de la chaleur de l'eau thermale est également envisageable en dehors du traitement de l'eau, par exemple pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire ou le chauffage des locaux. L'extraction et le traitement de la chaleur se font par le biais d'une pompe à chaleur.

Les concessions : la plupart du temps, la concession accordée par le canton autorise l'utilisation énergétique de la quantité d'eau nécessaire à l'exploitation de la piscine.





## 2.4.5.4 Eau de rivière, eau de lac ou eau souterraine

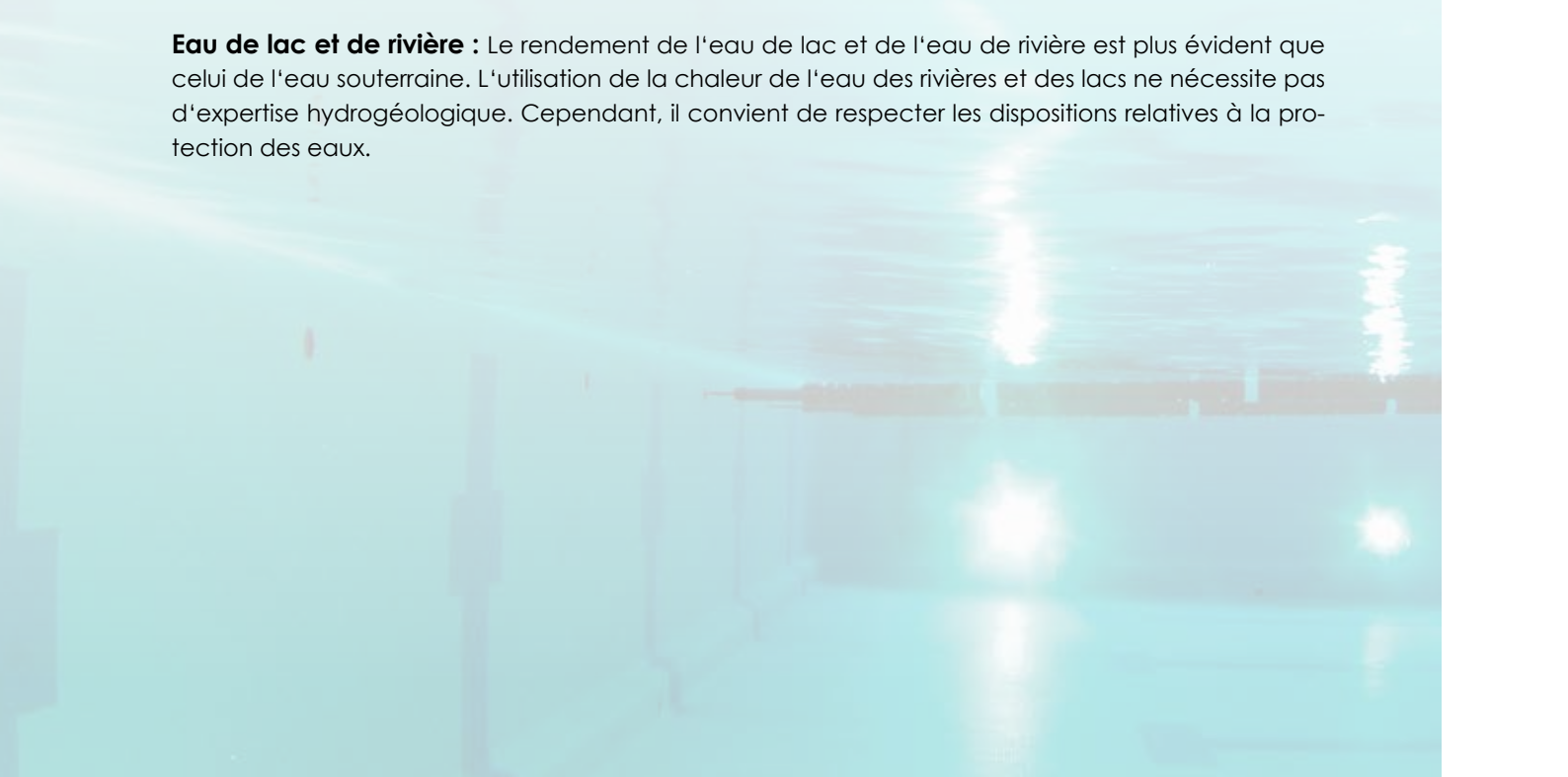
Une méthode très efficace est l'utilisation de l'eau pour les pompes à chaleur, c'est-à-dire l'eau des rivières, des lacs et des nappes phréatiques. L'eau est souvent présente sur le Plateau suisse et est disponible de manière fiable tout au long de l'année. Selon l'endroit, le rendement de ces eaux peut être très élevé. Des études récentes ont montré que le potentiel de l'eau des lacs, en particulier, a été sous-estimé jusqu'à présent et qu'il est si important que l'offre pourrait théoriquement chauffer la majeure partie des bâtiments en Suisse.

En Suisse, toute utilisation de l'eau à des fins de chauffage est soumise à une concession. Cette concession précise notamment l'écart de température (prélèvement/restitution) de l'eau et le débit volumétrique transporté, ainsi que l'endroit exact et la manière dont l'eau est prélevée et restituée. La concession est réglementée et octroyée par l'Office de l'environnement du canton concerné. Les demandes de concession nécessitent en général un délai de traitement de 1 à 3 mois.

### **Dimensionnement, études, essais de pompage, géologie**

**Eau souterraine :** Pour les pompes à chaleur, les eaux souterraines sont une source d'énergie intéressante, les températures sont relativement élevées même en hiver. Il faut toutefois disposer à proximité d'une quantité d'eau suffisante qui peut et doit être exploitée. Pour une première évaluation, il existe des cartes correspondantes établies par les cantons. Pour déterminer plus précisément le rendement du courant d'eau souterraine, il faut au préalable réaliser un forage de sondage suivi d'un essai de pompage. Les essais de pompage sont dans tous les cas réglementés au niveau cantonal et soumis à autorisation. En plus de l'essai de pompage, il faut également déterminer la capacité d'infiltration du sol afin de pouvoir dimensionner la galerie d'infiltration et/ou le puits de restitution..

**Eau de lac et de rivière :** Le rendement de l'eau de lac et de l'eau de rivière est plus évident que celui de l'eau souterraine. L'utilisation de la chaleur de l'eau des rivières et des lacs ne nécessite pas d'expertise hydrogéologique. Cependant, il convient de respecter les dispositions relatives à la protection des eaux.







Avec le soutien de



suisse**énergie**

# 3

## EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LA CONSTRUCTION



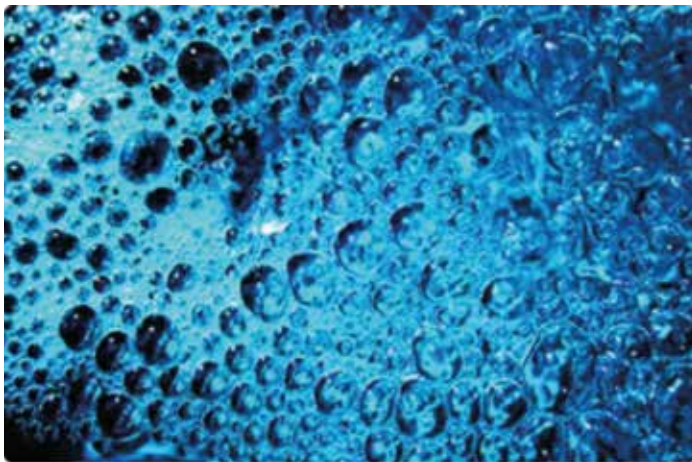


## 3 Efficacité énergétique dans la construction

<b>3.1</b>	<b>Généralités</b>	51
<b>3.2</b>	<b>Confort et Bien-être</b>	52
<b>3.3</b>	<b>Planification intelligente de l'utilisation</b>	53
<b>3.4</b>	<b>Planification de la piscine couverte</b>	54
3.4.1	Terrain et situation	54
3.4.2	Création de „zones climatiques“ et disposition optimale	55
3.4.3	Zones climatiques dans la piscine couverte	56
3.4.4	Disposition des zones climatiques	57
3.4.5	Locaux techniques et passages des conduites	58
3.4.6	Ombre et lumière - gestion de l'éclairage	58
3.4.7	Conception par la lumière et les couleurs	61
<b>3.5</b>	<b>Efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment</b>	62
3.5.1	Considérations sur la physique du bâtiment	63
3.5.2	Pénétrations	66
3.5.3	Surfaces de toiture	67
3.5.4	Radier et isolation du sol	68
<b>3.6</b>	<b>Façade et éléments de l'enveloppe du bâtiment</b>	70
3.6.1	Accès au bâtiment, zones d'entrée	70
3.6.2	Fenêtres et façades vitrées	72
3.6.3	Façades vitrées poteaux-traverses	73
<b>3.7</b>	<b>Bassins extérieurs</b>	77
<b>3.8</b>	<b>Toboggans</b>	78
<b>3.9</b>	<b>Goulottes de retour</b>	78



## 3.1 Généralités



La piscine couverte est une piscine avec au moins un bassin situé à l'intérieur d'une enveloppe de bâtiment fermée. En principe, l'enveloppe du bâtiment de la piscine couverte remplit les mêmes fonctions que celles qu'elle remplit pour tous les types de bâtiments chauffés : la séparation physique entre l'intérieur (chauffé) et l'environnement extérieur.

La planification de l'enveloppe du bâtiment de la piscine couverte est déterminée en grande partie par les conditions climatiques intérieures, car celles-ci sont uniques dans leur combinaison pour ce type de bâtiment. Le gradient de température par rapport à l'environnement est élevé, il y a parfois de grandes différences de température et d'humidité entre les zones à l'intérieur de l'enveloppe, de la zone de baignade à la zone d'entrée - des bassins remplis d'eau à la chambre froide du service de restauration. Des zones climatiques très différentes sont réalisées dans un seul et même bâtiment.

L'air ambiant à l'intérieur de la piscine couverte est constamment enrichi en humidité ainsi qu'en substances corrosives et agressives par l'effet d'évaporation de l'eau des bassins. Les bassins eux-mêmes font partie de l'enveloppe du bâtiment, ils séparent l'eau de baignade de l'environnement ou des autres zones intérieures du bâtiment.

Les conditions à l'intérieur du bâtiment ainsi que l'utilisation généralement intensive sont à l'origine du processus de vieillissement accéléré par rapport aux autres types de bâtiments et des besoins énergétiques élevés d'une piscine couverte. Les négligences dans la planification sont ainsi rapidement mises en évidence, avec de forts risques de dommages ou dégradations.

Le ralentissement de ces processus de vieillissement et des besoins énergétiques élevés sont pris en compte dans une planification optimale. Une exploitation soignée permet également de lutter contre le vieillissement et de réduire les besoins énergétiques des piscines couvertes.



## 3.2 Confort et Bien-être

L'accent est mis sur le confort et non sur la technique.

L'efficacité énergétique est un impératif de notre époque. Le bien-être et la santé des personnes ainsi que l'hygiène et le fonctionnement sûr de l'installation sont prioritaires lors de la planification des piscines couvertes. La prise en compte globale des mesures de planification, de construction et d'exploitation permet d'atteindre le confort requis avec un minimum d'énergie et de dépenses possibles. Les critères centraux sont la région climatique dans laquelle se trouve la piscine couverte, l'exposition du bâtiment, la quantité d'espace construit nécessaire et le groupe cible pour lequel la piscine est construite. Exploiter une piscine couverte pendant les mois d'été implique d'autres conditions que d'exploiter la piscine uniquement en hiver ou la période d'activités scolaires.

La technique doit être utilisée de manière à ce qu'elle ne soit pas visible pour l'utilisateur - elle travaille en arrière-plan.

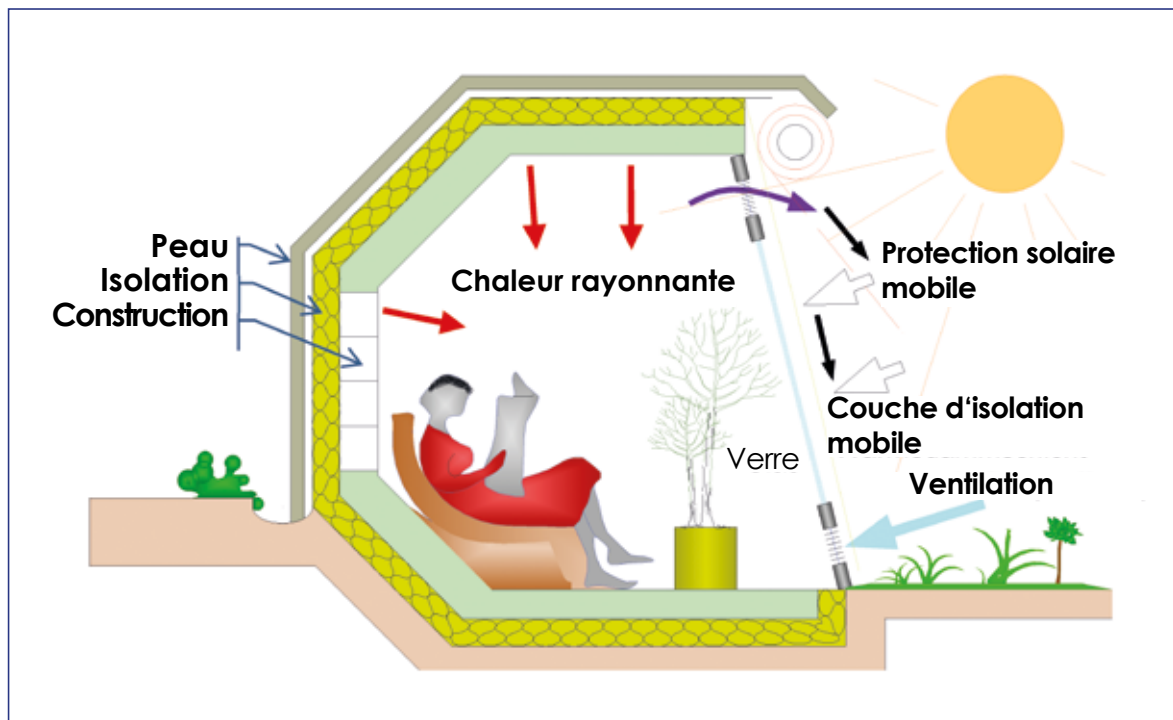


Illustration 1: Optimisation du confort avec consommation d'énergie minimale





### 3.3 Planification intelligente de l'espace

Pour simplifier, un bâtiment peut être considéré comme un cube. L'optimisation énergétique considère l'enveloppe dans son ensemble, toutes les surfaces - sol, toit et murs. Une enveloppe de bâtiment compacte, entièrement fermée et raisonnablement isolée par rapport à l'environnement est essentielle pour un fonctionnement efficace sur le plan énergétique. La disposition des différentes zones climatiques au sein de l'enveloppe est tout aussi importante sur le plan énergétique.

L'énergie apportée au bâtiment reste à l'intérieur jusqu'à ce qu'elle soit transmise vers l'extérieur au travers de l'enveloppe, ou s'échappe par les flux d'air ou d'eau en présence. Si la disposition des locaux est judicieuse, la chaleur peut être utile pour une zone adjacente. Par contre, le réchauffement des pièces annexes par le mur de la piscine est indésirable. Une disposition favorable des différentes zones d'utilisation diminue la nécessité d'une isolation interne entre celles-ci et réduit l'espace nécessaire, les coûts de construction et le risque de dommages à la construction dus à une mauvaise isolation.

La conception des façades d'un bâtiment est essentielle pour son bilan énergétique. Un bâtiment est conçu pour être efficace sur le plan énergétique lorsque l'enveloppe est petite par rapport au volume chauffé. La sphère représente la forme idéale, son rapport entre le volume et la surface est minimal. Les surfaces extérieures compactes nécessitent moins de matériaux, permettent une isolation plus simple et perdent moins d'énergie que les enveloppes de bâtiment éclatés avec de nombreuses saillies et retraits.

Illustration 2



Illustration 2: Les six faces du cube sont soumises aux influences de la nature

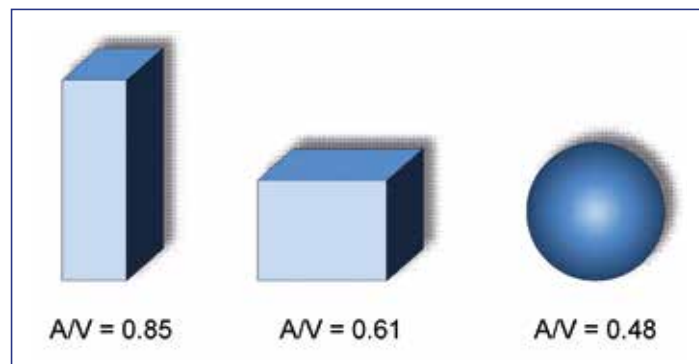
Illustration 3: Utiliser la chaleur perdue des pièces voisines

Illustration 4: Comparaison du rapport de la surface (A) au volume (V) pour trois corps

Illustration 3



Illustration 4





## 3.4 Planification de la piscine couverte

### 3.4.1 Terrain et situation

Le terrain influence, par le biais de différents paramètres tels que l'ensoleillement, l'exposition au vent, le sol de construction et le niveau de la nappe phréatique, les besoins énergétiques potentiels d'un bâtiment ou les dépenses nécessaires à la construction d'une enveloppe de bâtiment étanche. L'ensoleillement/l'ombrage au fil des saisons influence les besoins en énergie pour le chauffage et le refroidissement, mais aussi les travaux de construction nécessaires pour créer une atmosphère confortable dans les locaux (protection solaire). Le terrain à bâtir, les eaux de surface et souterraines ainsi que la situation à l'intérieur du terrain déterminent non seulement les dépenses nécessaires à la construction, mais influencent également l'exposition du bâtiment aux risques naturels. D'autres facteurs environnementaux du terrain, tels que les sites contaminés, la pollution électromagnétique, les nuisances sonores et les vibrations, doivent être pris en compte lors de la planification. Les informations nécessaires à l'évaluation sont en partie numérisées et accessibles au public (géoportails). La qualité des données est généralement suffisante pour une estimation initiale - mais elles ne remplacent pas d'autres examens et études au cours de l'élaboration du projet..

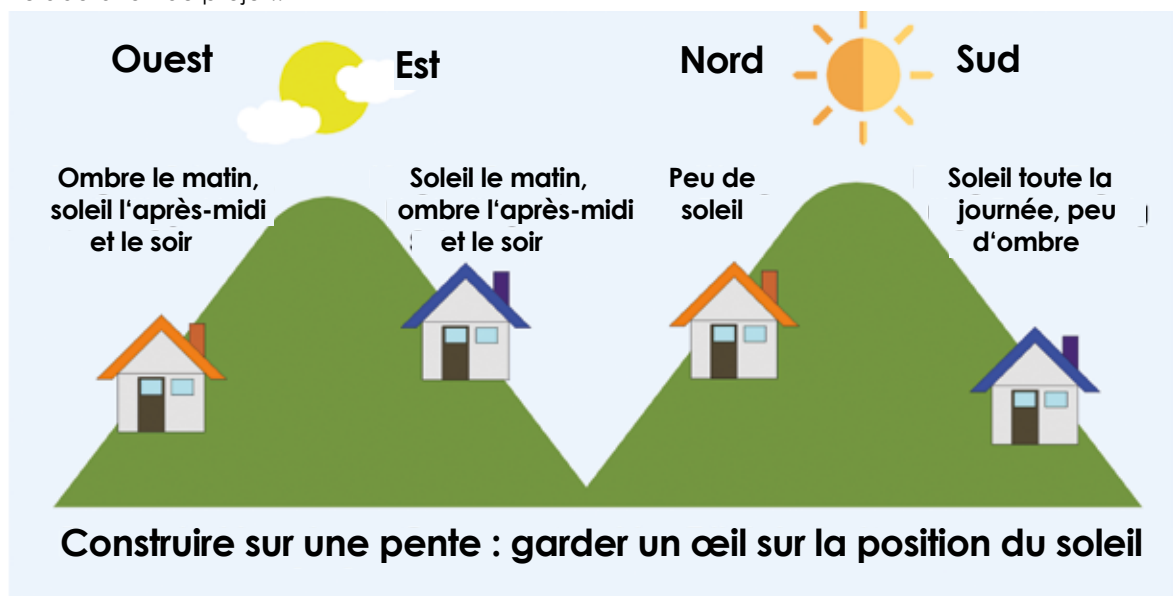


Illustration 5 : Influence de la pente sur le bilan énergétique des bâtiments

Par ailleurs, lors du choix du terrain et de l'emplacement d'une nouvelle piscine couverte, il convient de veiller à ce que des synergies puissent être exploitées au niveau des fonctions (complexe sportif, piscine en plein air), de la desserte en transports ou de l'énergie (chaleur résiduelle d'une patinoire, d'une entreprise industrielle ou d'une usine d'incinération des ordures ménagères).



### 3.4.2 Création de „zones climatiques“ et disposition optimale

Les zones de l'enveloppe du bâtiment ayant des exigences d'utilisation différentes impliquent également des conditions optimales différentes. Elles se distinguent par la teneur en humidité de l'air ambiant, la température, mais aussi par l'éclairage naturel et artificiel et par les surfaces. L'objectif est d'obtenir un confort optimal pour un maximum d'utilisateurs avec un nombre de zones climatiques intérieures aussi réduit et simple que possible.

Une analyse des besoins permet de déterminer les conditions optimales pour les utilisations respectives de chaque domaine. Le nombre de zones ainsi déterminées est généralement important, puis les zones présentant des conditions très similaires - ce qui ne signifie pas nécessairement des utilisations similaires - sont regroupées. Ce processus est répété jusqu'à ce qu'un nombre équilibré de zones différentes soit atteint entre la rentabilité et les besoins d'utilisation.

L'objectif est d'obtenir les conditions requises pour chaque utilisation avec un nombre minimal de limites internes, en utilisant un minimum d'énergie dans la technique du bâtiment et avec des coûts d'investissement aussi faibles que possible.

Un autre aspect à prendre en compte lors du placement des systèmes ou des zones identifiées est la „direction“ des gradients d'humidité et de température. Sous nos latitudes, l'objectif est de placer les zones de température et d'humidité élevées au „centre“, et les zones de température et d'humidité basses sur l'enveloppe du bâtiment, afin de réduire au maximum les déperditions thermiques et de minimiser les problèmes liés à l'humidité ainsi qu'à l'isolation de l'enveloppe.

En principe, il est plus judicieux, d'un point de vue énergétique, de mieux isoler l'enveloppe extérieure du bâtiment que de prendre des mesures à l'intérieur entre les zones. De plus, les considérations relatives aux dispositions urbanistiques, aux processus d'exploitation, à l'architecture, à l'esthétique, à l'attractivité et à la vue jouent un rôle déterminant, ce qui entraînera des conflits d'objectifs avec une construction optimisée en termes d'énergie et de coûts.

### 3.4.3 Zones climatiques dans la piscine couverte

Voici quelques exemples de zones climatiques d'une piscine couverte et des installations techniques nécessaires à leur fonctionnement. Les installations techniques habituellement nécessaires sont mentionnées.

- Le sas d'entrée n'est pas chauffé. Débordement de la chaleur résiduelle des zones chauffées
- Entrée, bureaux, restaurant 21°C
- Zone des vestiaires 24°C
- Douches à 26°C
- Piscine couverte Bassin de sport et d'exercice 30°C
- Piscine couverte Bassin chaud 32°C
- Espace sauna 90°C
- Locaux techniques conventionnels
- Locaux techniques spécifiques pour le traitement de l'eau de baignade

**Tableau: Conditions climatiques de différents locaux des piscines couvertes**

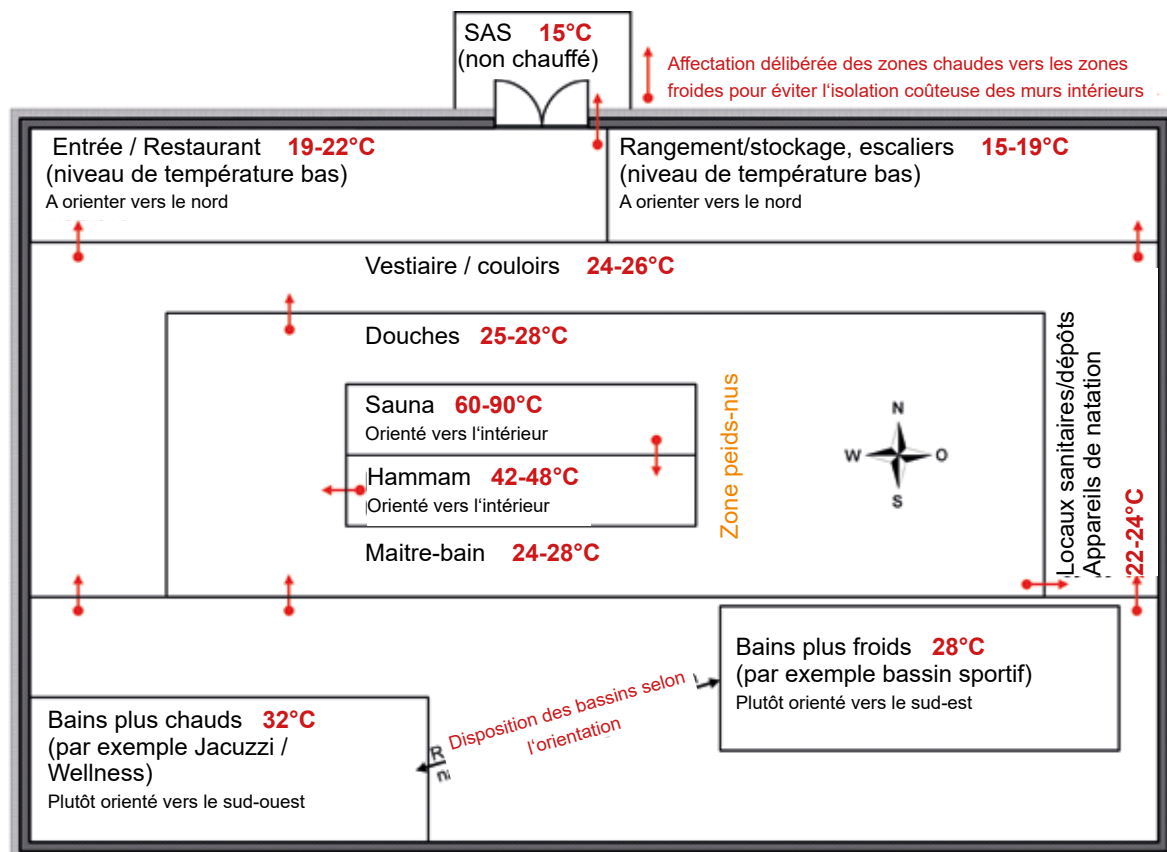
Utilisation	Température	Humidité	Ventilation & chauffage	Commentaires
Sas	Non chauffé	60 - 65%hr	Chaleur résiduelle de la zone d'entrée	Pas de radiateurs Portes à fermeture automatique
Locaux annexes	19 - 22°C	55 - 60%hr	Aspirer l'air vicié	Si possible sur mur extérieur
Entrée	18 - 21°C	55 - 60%hr	Si possible, pas de radiateurs. Uniquement rideaux d'air	Séparation de l'air au moyen d'un rideau d'air
Cuisine	18 - 21°C	55 - 60%hr	Système d'air repris séparé (graisse)	La cuisinière et le four dégagent de la chaleur
Bureaux, magasin, Fitness, restaurant	19 - 22°C	55 - 60%hr	Chauffage par ventilation	Les personnes et appareils dégagent de la chaleur
Locaux techniques	18 - 25°C	55 - 60%hr	Aspirer l'air vicié	Pas de radiateurs Chauffage par déperdition
Vestiaire Couloirs	24 - 26°C	50%hr	Apport d'air fourni	En surpression vers douches
Locaux techniques filtration	25 - 30°C	60 - 80%hr	Aspirer l'air vicié	Pas de radiateurs Chauffage par déperdition
Douches	25 - 28°C	55%hr	Aspirer l'air vicié	Eventuellement chauffage au sol
Piscine	30 - 32°C	Hum. REP max 14.3 g/kg	Air fourni sous les fenêtres Air repris du côté opposé	Chauffage par ventilation
Sauna	60 - 90°C	6 - 30%hr		Pas contre mur extérieur



### 3.4.4 Disposition des zones climatiques

En fonction du déroulement de l'exploitation, les locaux de rangement qui n'ont pas ou peu besoin d'être chauffés devraient être situés dans les angles nord du bâtiment, les bassins plus frais du nord-ouest à nord-est, les bassins plus chauds du sud-est à sud-ouest, etc. La disposition d'autres locaux résulte généralement des flux intérieurs des visiteurs ou des restrictions du terrain.

En particulier lors de la rénovation ou de l'extension de piscines existantes, les aspects énergétiques sont pris en compte dans la mesure du possible lors de l'optimisation des zones d'utilisation. Dans le cas des piscines couvertes, les synergies possibles entre la piscine en plein air et la piscine couverte pour l'exploitation estivale et hivernale sont prises en compte.



- **Pièces plus chaudes** disposées à l'intérieur ou au **sud**
- **Pièces plus froides** disposées au **nord** ou au **nord-est**
- Isolation des limites climatiques au moins ( $> 0,1\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) meilleure pour les bâtiments conventionnels en raison du **niveau de température élevé** dans la piscine.

Illustration 6 : Exemple de disposition d'utilisation des zones à l'intérieur du bâtiment



### 3.4.5 Locaux techniques et passages des conduites

Pour que les conduites des différents fluides de la technique du bâtiment soient les plus courtes possibles et donc les plus efficaces sur le plan énergétique, il faut des locaux techniques favorables et donc généralement situés au centre. Les zones de traitement de l'eau et de l'eau de baignade sont souvent amenées à un niveau de température indésirable, et dans certains cas à un niveau d'humidité trop élevé, par la technique qu'elles contiennent ou par les conduites et les réservoirs qui y sont installés. Malgré cela, une climatisation active pour ces zones n'est généralement pas rentable. Il est donc d'autant plus important de permettre un transfert de température et d'humidité vers les zones ou les fluides à réchauffer.

Les conduites des fluides doivent passer par des zones bien choisies. Il est préférable de faire passer les fluides froids (air frais, eau froide...) par des zones froides non chauffées, voire même à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment (p. ex. dans le sol).

Les fluides chauds sont si possible placés dans des zones chaudes et des gaines verticales chauffées ou à chauffer du bâtiment. Cela réduit ou élimine la nécessité d'isoler ces conduites. Il convient notamment de prêter attention aux pénétrations des limites de zones, des murs entre les zones d'utilisation ou de l'enveloppe du bâtiment lors de la planification des conduites - il s'agit ici de résoudre des défis énergétiques, de protection contre les incendies et de physique du bâtiment.

### 3.4.6 Ombre et lumière - gestion de l'éclairage

L'utilisation d'une zone détermine la nécessité et l'intensité de l'éclairage. D'un point de vue énergétique et pour le confort des utilisateurs, il est souhaitable d'éclairer naturellement le plus grand nombre possible de zones. Les conditions locales s'y opposent souvent (ombrages, zones en sous-sol) ainsi que le souhait d'une enveloppe de bâtiment compacte et efficace sur le plan énergétique, qui renonce autant que possible aux surfaces vitrées dont les valeurs d'isolation sont naturellement mauvaises. L'utilisation intensive du rayonnement solaire naturel (surfaces vitrées) implique de tenir compte de la protection contre le soleil et l'éblouissement. Le réchauffement (et le refroidissement) des zones de fenêtres à l'intérieur d'une zone climatique doit être pris en compte lors de la planification du point de vue de la physique du bâtiment et de l'utilisateur. Les propriétés des différentes qualités de verre influencent non seulement la perte d'énergie des façades, mais aussi l'intensité de l'éclairage et le réchauffement par la lumière naturelle.

Une partie de la lumière incidente est réfléchiée par le verre, une autre se transforme en chaleur par absorption dans le verre, le reste de la lumière éclaire l'intérieur du bâtiment ou transmet son énergie sous forme de chaleur aux éléments de construction situés à l'intérieur.

Le coefficient de transmission d'énergie (ou facteur gtot) est une mesure de la perméabilité des éléments de construction transparents à l'énergie. Il indique la part d'énergie qui peut traverser l'élément de construction, par exemple sous l'effet du rayonnement solaire, et qui contribue le cas échéant à l'éclairage et au réchauffement.

Sous nos latitudes, le bilan thermique des vitrages des piscines couvertes est négatif sur l'année - par rapport à une façade isolée, les vitrages actuels perdent plus d'énergie qu'ils n'en gagnent. Une déviation de la lumière apporte de la lumière naturelle dans les bâtiments profonds. Cette utilisation „active“ de la lumière naturelle exige du planificateur qu'il tienne compte des intérêts de l'entreprise et des utilisateurs.



Une déviation de la lumière sera donc idéalement adaptable aux conditions quotidiennes et saisonnières grâce à une occultation réglable ou en tant que composante active.

La commande de l'éclairage naturel doit agir par anticipation. Un ombrage approprié doit être activé suffisamment tôt pour que l'intérieur du bâtiment ainsi que l'enveloppe ne se réchauffent pas excessivement.

Une protection solaire passive peut être réalisée avec des lamelles fixes (brise-soleil) ou par le biais d'un débord de toit. Celle-ci fait écran au soleil d'été haut placé, l'intérieur du bâtiment est protégé du réchauffement et en hiver, l'éclairage souhaité est tout de même atteint lorsque la position du soleil est plus basse. Pendant cette période de l'année, un gain d'énergie élevé est souhaitable grâce à une enveloppe de bâtiment bien placée et bien conçue.

Illustration 7 : Déviation de la lumière du jour

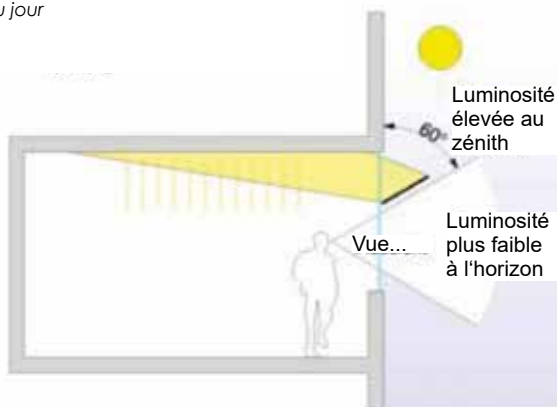


Illustration 8 : Utilisation de la lumière du jour

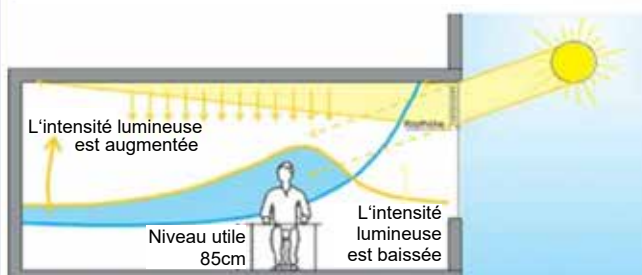


Illustration 9 : Fractionnement de l'incidence de la lumière sur les fenêtres

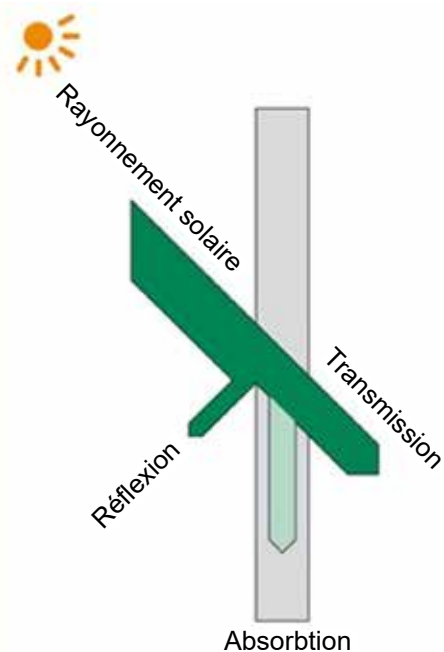




Illustration 10 :  
Gains de lumière et d'électricité



Illustration 11 :  
Éléments photovoltaïques intégrés dans le toit en verre



Illustration 12 :  
Protection solaire pour créer de l'ombre





### 3.4.7 Conception par la lumière et la couleur

La couleur n'a pas seulement une influence sur la perception de l'espace, mais aussi sur le besoin d'éclairage artificiel et donc sur l'énergie nécessaire. Il convient ici de tenir compte à la fois des aspects créatifs et énergétiques. Une piscine couverte peut gagner en attractivité grâce à un bel éclairage au-dessus et en dessous de l'eau, sachant que l'éclairage doit toujours être planifié de manière efficace sur le plan énergétique et être utilisé de manière économique.

L'éclairage, le nombre et le type de sources lumineuses ainsi que leur emplacement ont une influence déterminante sur la sécurité et l'hygiène dans les piscines couvertes. Un éclairage subaquatique et un positionnement peu réfléchissant de l'éclairage du hall augmentent la profondeur de vue dans le bassin et donc la sécurité des baigneurs, un éclairage suffisant et ciblé des voies de circulation réduit les risques d'accident et dirige les flux de visiteurs de manière ciblée vers les zones souhaitées. Pour le nettoyage et son contrôle, un bon éclairage de toutes les zones est essentiel ; en plus de l'éclairage de confort, il faut prévoir un éclairage supplémentaire clair pour les périodes de nettoyage et de révision.

Illustration 13



Illustration 13 :  
Rétroéclairage

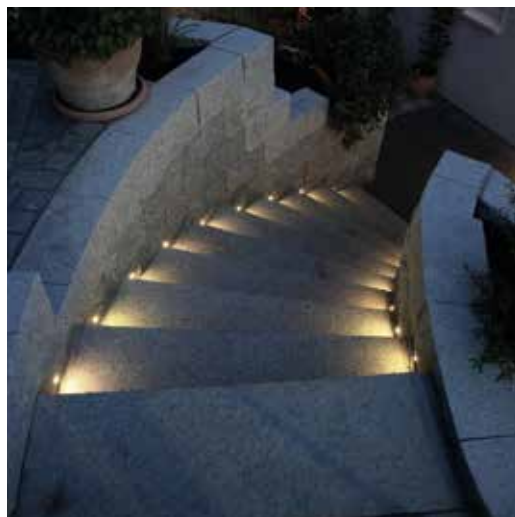
Illustration 14 :  
Éclairage sous-marin avec jeux d'eau

Illustration 15 :  
Descente d'escalier avec éclairage nocturne

Illustration 14



Illustration 15





## 3.5 Efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment

Si l'on compare les bilans énergétiques de piscines couvertes existantes non rénovées avec ceux de piscines récentes ou entièrement rénovées, on constate que les potentiels d'amélioration sont importants. Lors de la comparaison des bilans énergétiques, il faut veiller à la comparabilité par le biais de grandeurs caractéristiques - la comparaison se fait-elle par le biais de la surface de référence énergétique selon la SIA, par le biais du cubage ou par le biais de la surface d'eau, les bâtiments sont-ils comparables en termes de situation, d'utilisation et de taille ?

Des possibilités d'économie élevées par la rénovation ou la construction neuve existent dans l'ensemble des installations techniques et de l'enveloppe du bâtiment, chaque domaine partiel doit être considéré et évalué. Le potentiel d'économie absolu est naturellement le plus élevé pour les plus gros consommateurs d'énergie, qui doivent être considérés en priorité, surtout en cas de rénovation partielle. Si l'on compare les pertes de chaleur par transmission absolue par surface sur les éléments de l'enveloppe du bâtiment dans les piscines couvertes de bâtiments anciens non rénovés et de bâtiments neufs, une réduction des pertes de 50% (fenêtres, portes) à jusqu'à 80% (murs) est possible sur presque tous les éléments (voir graphique). La réduction des pertes de chaleur par l'isolation des murs extérieurs est la plus efficace et, en cas de rénovation, la plus efficiente ; elle est généralement réalisable à faible coût. L'amélioration de l'isolation du toit ainsi que des surfaces de fenêtres en termes de matériaux et de structure offre un grand potentiel, tant dans les nouvelles constructions qu'en cas de rénovation. L'isolation de la dalle de sol est obligatoire dans les nouvelles constructions, mais n'est généralement pas réalisable, ou du moins pas sur toute la surface, en tant qu'isolation extérieure lors des rénovations dans les bâtiments existants. De manière générale, la perte d'énergie par transmission de l'enveloppe du bâtiment doit être considérée comme plutôt faible par rapport aux besoins énergétiques totaux d'une piscine couverte.

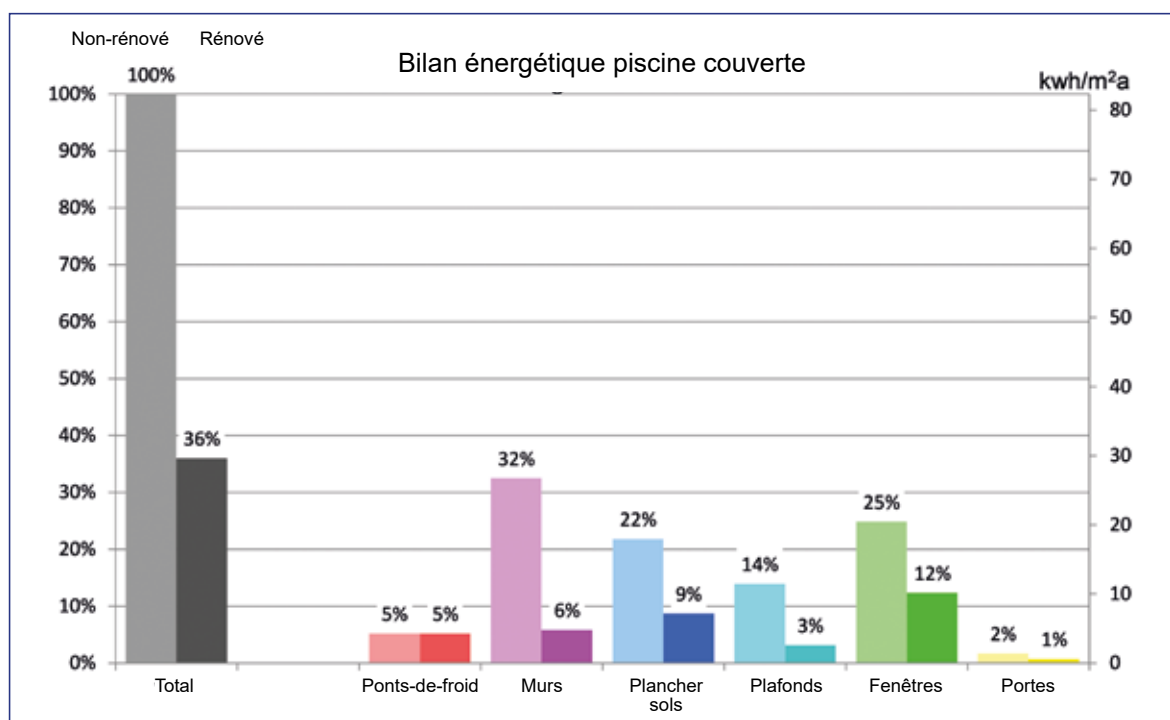


Illustration 16 : Pertes de chaleur dans les éléments de construction par m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique et par an



## 3.5.1 Considérations sur la physique du bâtiment

C'est à partir d'environ 65% d'humidité relative de l'air (hr), que la limite de corrosion est atteinte pour l'acier, et à 80% la limite de moisissure.

Des températures extérieures très froides, une mauvaise isolation et des ponts thermiques provoquent des surfaces intérieures froides au niveau de l'enveloppe du bâtiment, où l'humidité de l'air condense déjà bien avant ces limites (voir diagramme h-x), ce qui entraîne des dommages importants. Plus un élément de construction est isolé par rapport à l'extérieur, plus la probabilité de condensation de surface et de corrosion sur l'élément de construction est faible ; plus un élément de construction est mal isolé, plus la condensation a tendance à s'y former.

Il convient donc d'accorder une attention particulière aux éléments de construction difficiles à isoler en raison de leur type de construction, généralement les fenêtres et leurs cadres ainsi que les éléments de fixation. Il faut absolument éviter les éléments porteurs/en béton non isolés qui traversent les façades.

Si, en cas de rénovation, il n'est pas possible d'éliminer les ponts thermiques par des mesures constructives, il faut injecter de l'air chaud et sec dans les zones concernées et dans les éléments de construction menacés à l'intérieur.

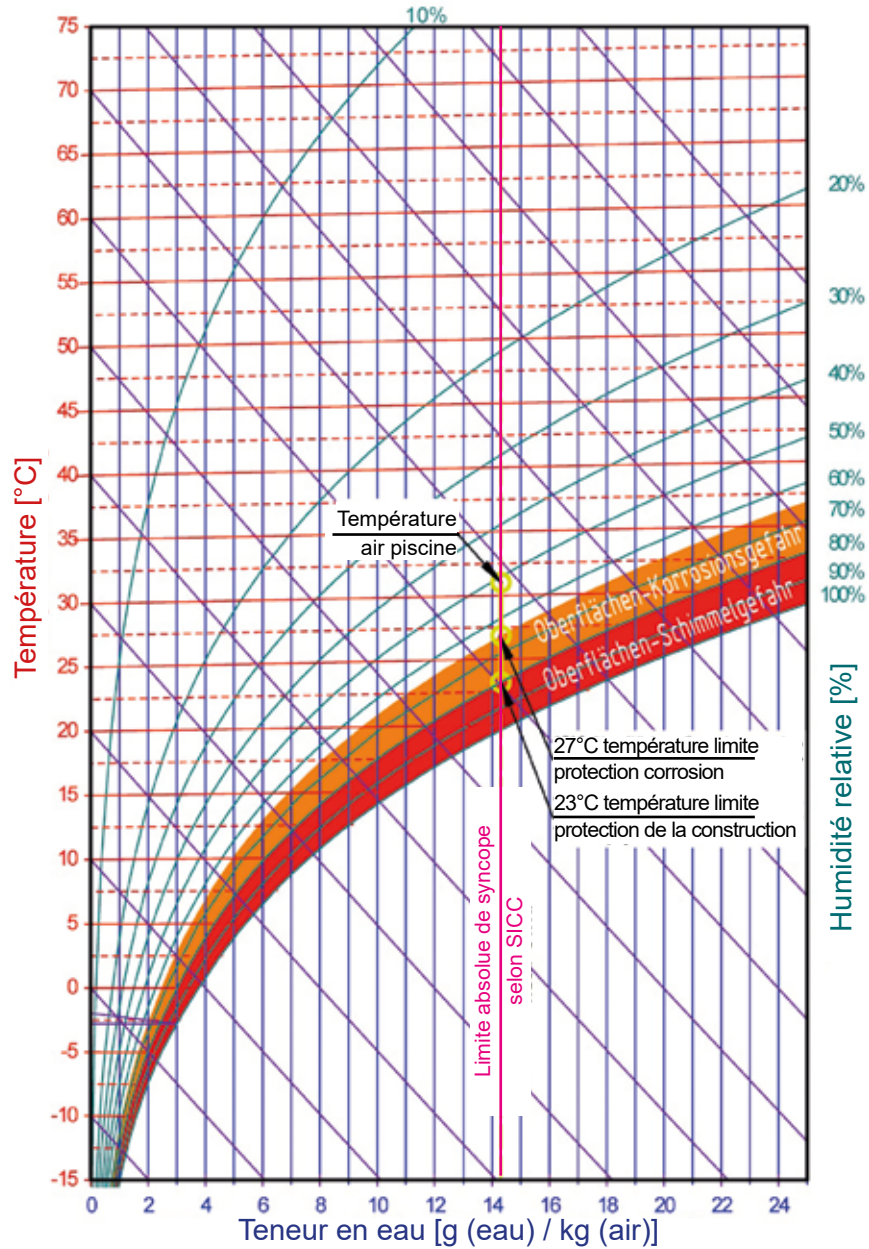
Les températures élevées et l'humidité extrême dans de nombreuses zones de l'enceinte d'une piscine couverte par rapport aux bâtiments conventionnels exigent une grande qualité de l'isolation, de l'étanchéité de l'enveloppe ainsi que des éléments de construction intérieurs, afin d'éviter des coûts énergétiques élevés, des dégâts au bâtiment, la corrosion ou la formation de moisissures.

A titre d'exemple, on détermine la valeur U minimale nécessaire pour l'élément le plus froid à l'aide de la formule et des paramètres du diagramme h-x (voir page suivante).





### Diagramme h-x de l'air humide selon Mollier à une altitude de 500 m.



La valeur U minimale pour maintenir la température limite de surface se calcule comme suit :

$$\text{Valeur-U}_{\text{nécessaire}} = \frac{T_{\text{Limite}} - T_i}{R_{\text{SI}} * (T_A - T_i)}$$

$T_{\text{Limite}}$  = Limite température de surface

$T_i$  = Température ambiante

$R_{\text{SI}}$  = Résistance au transfert de chaleur intérieur = 0,13 m<sup>2</sup>K/W

$T_A$  = Cas de charge thermique



### Exemple de lecture :

Selon la SICC, les conditions d'air ambiant d'une piscine couverte sont conçues en fonction de **la limite de climat étouffant marquée en jaune** sur le diagramme h-x qui est sélectionnée à 14,3g/kg d'**humidité absolue (reportée en bas sur la valeur bleue de l'axe x)**.

Si l'on détermine le point d'intersection entre la limite de moisissure de 80% **d'humidité relative** (bord supérieur de la surface rouge, **respectivement reporté vers la droite sur les courbes vertes**) avec la **limite jaune de climat étouffant selon SICC de 14,3g/kg** d'air, on peut lire sur **l'axe y à gauche la valeur de température de surface rouge** à laquelle de l'eau de condensation se formera sur l'élément de construction pour la formation de moisissures. Celle-ci se situe à environ 23°C et est visible visuellement, par exemple, lorsque les fenêtres sont embuées ou que des éléments de construction deviennent mouillés.

Afin d'éviter des dommages à long terme sur le plan de la physique du bâtiment, aucune température de surface dans la halle de la piscine ne devrait descendre en dessous de cette valeur de température. Pour que cela soit garanti, chaque élément de l'enveloppe du bâtiment doit être suffisamment isolé ou posséder lui-même une valeur de transmission thermique suffisamment faible. La valeur U nécessaire se calcule à l'aide de la formule donnée sous le diagramme h-x. La valeur U est calculée à l'aide de la formule suivante:

### Exemple de calcul :

Pour une façade vitrée, il faut :

$T_{\text{Limite}} = 23^{\circ}\text{C}$  pour une façade vitrée sans raccords vissés et sensibles à la corrosion, sinon  $27^{\circ}\text{C}$  avec des surfaces sensibles à la corrosion.

$T_i = 31^{\circ}\text{C}$  température de l'air ambiant (2K au-dessus de la température de l'eau du bassin)

$RS_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  (valeur limite de convection fixe issue de la physique du bâtiment)

$T_A = -10^{\circ}\text{C}$  Température extérieure en cas de charge de chauffage hivernale

### Introduit dans la formule, on obtient:

$$\begin{aligned} \text{Valeur-U}_{\text{nécessaire}} &= \frac{(23^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C})}{(0,13\text{m}^2\text{K}/\text{W} * ((-10^{\circ}\text{C})-31^{\circ}\text{C}))} \\ &= \underline{\underline{1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}} \quad (\text{correspond à un double vitrage de mauvaise qualité}) \end{aligned}$$

Avec des surfaces sensibles à la corrosion :

$$\begin{aligned} \text{Valeur-U}_{\text{nécessaire}} &= \frac{(27^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C})}{(0,13\text{m}^2\text{K}/\text{W} * ((-10^{\circ}\text{C})-31^{\circ}\text{C}))} \\ &= \underline{\underline{0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}} \quad (\text{correspond à un triple vitrage}) \end{aligned}$$



## 3.5.2 Pénétrations

Les pénétrations de l'enveloppe du bâtiment dans les piscines couvertes devraient être évitées autant que possible - cela s'applique impérativement aux éléments de la structure porteuse - ceux-ci doivent se trouver soit entièrement à l'intérieur, soit à l'extérieur de l'enveloppe et de son étanchéité. Lorsque les percements sont inévitables - par exemple pour les conduites et les raccordements de fluides vers l'extérieur - ils doivent être réalisés avec un soin particulier en termes de conception et d'étanchéité. Une planification et une mise en œuvre insuffisantes de l'isolation au niveau des passages provoquent des ponts thermiques ou des ponts de froid qui entraînent des pertes d'énergie, une étanchéité insuffisante entraîne en outre de graves dommages à la construction. La pression de vapeur élevée, l'atmosphère humide et corrosive à l'intérieur entraînent, en cas de rupture du pare-vapeur, la formation de condensation dans l'enveloppe du bâtiment en raison du gradient de température élevé entre l'intérieur et l'extérieur et, finalement, des dommages au bâtiment.

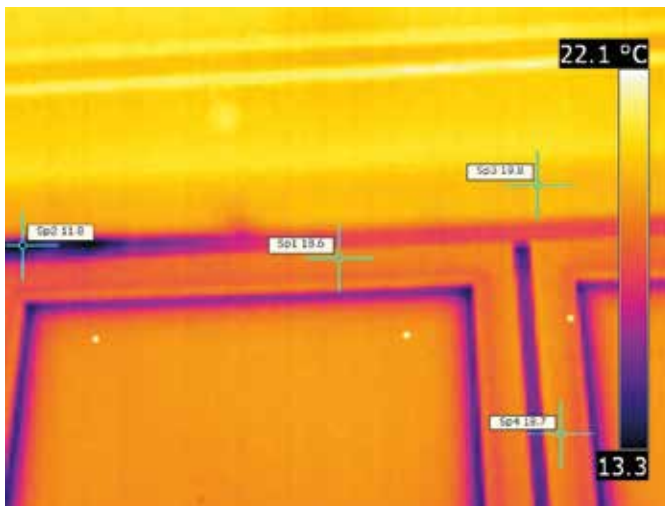


Illustration 18 :  
Image thermique d'une fenêtre endommagée  
(plus la couleur est foncée, plus la température de l'élément de construction est basse, et donc plus la valeur d'isolation est faible)



Illustration 19 :  
Étanchéité sur une fenêtre au-dessus d'un toit plat





### 3.5.3 Surfaces de toiture

Sur les surfaces de toiture, la différence de température entre le bâtiment et l'environnement est particulièrement élevée, l'exposition au vent et aux intempéries est particulièrement intense et est donc réalisée avec une isolation optimale. Pour les zones opaques, des valeurs  $U \leq 0,125 \text{ W/m}^2\text{K}$  sont recommandées. En principe, il convient d'utiliser des isolants de haute qualité, à cellules fermées et étanches à la vapeur (verre cellulaire ou PUR avec revêtement supplémentaire). Cela augmente les coûts d'investissement, ainsi que l'épaisseur de construction, mais offre une sécurité supplémentaire sur le plan de la construction et de la statique, car les charges de toit accrues dues à des matériaux d'isolation détrempés sont évitées, même si l'étanchéité est endommagée.

Les points essentiels pour l'isolation et l'étanchéité sont les pénétrations et les raccords ; ceux-ci doivent être planifiés et réalisés avec des surfaces d'étanchéité/brides suffisamment grandes pour le raccordement de l'étanchéité de la toiture. Si les pénétrations forment des ponts thermiques en raison d'une isolation et d'une étanchéité insuffisantes, les pertes énergétiques s'accompagnent souvent de dégâts au bâtiment dus à la condensation qui se forme à l'intérieur des éléments de construction du toit.

Une charge statique supplémentaire et un nombre accru de percements dus à l'utilisation, souvent prévue dans les nouvelles constructions, des surfaces de toitures pour la production d'énergie (installations solaires d'eau chaude, photovoltaïques) et la technique du bâtiment (monoblocs de ventilation) doivent être pris en compte très tôt dans la planification.

Lors de rénovations, la statique existante et les conditions d'espace limitent la marge de manœuvre pour la mise en place d'une isolation supplémentaire ainsi que d'autres éléments sur les surfaces de toiture. Des charges supplémentaires entraînent des interventions profondes dans la structure du bâtiment ou sont parfois impossibles - une rénovation énergétique doit donc être adaptée aux conditions statiques existantes dès le début de la planification.



### 3.5.4 Radier et isolation dans le sol

Les nouvelles constructions de piscines couvertes efficaces sur le plan énergétique sont aujourd'hui réalisées avec une enveloppe entièrement isolée - toutes les surfaces extérieures non transparentes du bâtiment possèdent une isolation. L'isolation est également poursuivie dans le sol, par exemple avec un remplissage de verre cellulaire au fond du bassin ou sous le radier du bâtiment.

Seule une très bonne isolation, y compris contre le sol, permet aujourd'hui de respecter les exigences plus strictes du standard Minergie. La capacité portante du sol et des fondations doit être prise en compte lors du choix des matériaux et ne doit pas être influencée défavorablement par ceux-ci.

**Nouvelles constructions :** Possibilité d'utiliser une couche d'isolation continue sans ponts thermiques comme limite du système : isolation périphérique.

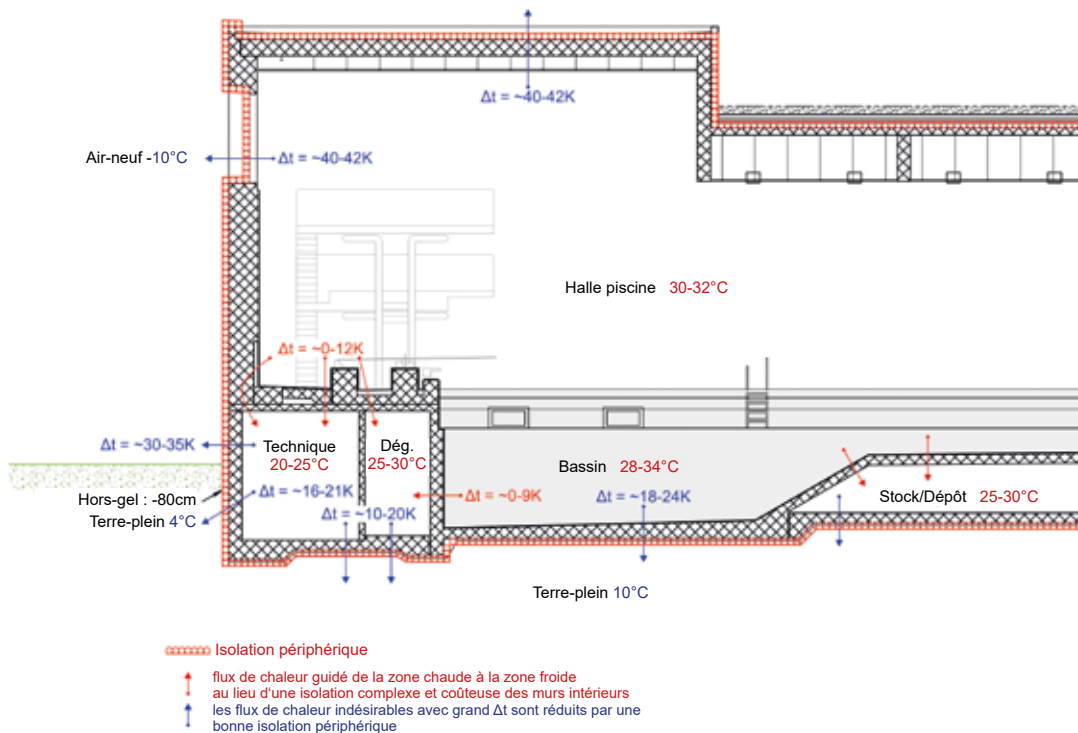


Illustration 20 : Isolation périphérique dans les nouvelles constructions





Les sous-sols des piscines couvertes existantes ne sont généralement pas isolés du sol, ou du moins pas de manière continue et conséquente. De nombreux locaux situés au sous-sol ne se trouvent donc pas à l'intérieur du périmètre d'isolation, y compris ceux où la température est élevée, comme les bassins et leurs plages, ainsi que les locaux techniques. Selon l'exposition, la construction et la situation, la perte de chaleur par le sol est relativement élevée, en particulier si le bâtiment se trouve au-dessus d'une nappe phréatique.

Un complément d'isolation au niveau du sol dans le cadre d'une rénovation n'est possible en tant qu'isolation extérieure qu'au prix d'efforts considérables (travaux de fouille le long des murs du bâtiment). Une isolation intérieure alternative des sous-sols doit être examinée, mais elle n'est presque jamais réalisable sur toute la surface en raison des aménagements, des conduites et de la technique ou des exigences légales (hauteurs minimales des pièces, protection contre l'incendie, issues de secours). L'isolation intérieure ou partielle augmente le risque de dommages au bâtiment dus à l'humidité et doit être planifiée et réalisée avec soin. Une isolation intérieure diminue la température de surface des éléments intérieurs sous la (nouvelle) couche d'isolation. Si cela n'est pas pris en compte, si l'isolation n'est pas étanche à la vapeur ou si aucune précaution n'est prise, l'humidité sous l'isolation condense sur ou dans le mur.

**CONSTAT :** Couche d'isolation continue sans ponts thermiques impossible :

**Economies d'énergie extrêmes** lors de la climatisation des locaux techniques/du pourtour du bassin grâce à l'utilisation de l'énergie pour le préchauffage de l'air frais.

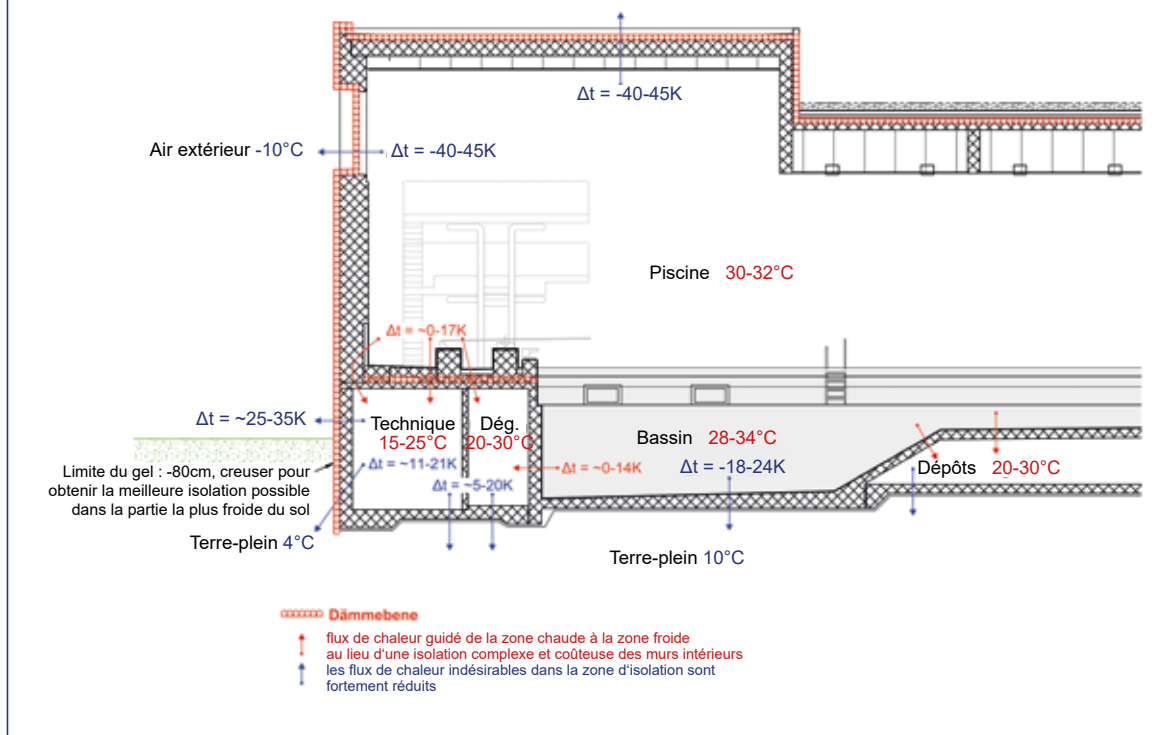


Illustration 21 : Isolation des bâtiments en cas de rénovation



## 3.6 Façade et éléments de l'enveloppe du bâtiment

### 3.6.1 Accès au bâtiment, zones d'entrée

Les accès aux bâtiments de la piscine couverte se divisent en zones d'entrée pour le public et en possibilités d'accès pour l'exploitation, la technique et les livraisons. Une zone d'entrée judicieuse sur le plan énergétique est conçue, sur le plan de la construction ou de la technique, de manière à remplir une fonction de sas entre l'intérieur du bâtiment et son environnement, à permettre le passage entre l'intérieur et l'extérieur avec un échange d'air aussi faible que possible.

Un sas à deux portes, idéalement réalisé avec des portes coulissantes automatiques pour des raisons de confort, est un procédé judicieux du point de vue de la construction et de l'énergie.

Un sas suffisamment grand (plus de 10 m de long) évite que les deux portes soient ouvertes en même temps et que le transfert d'air et de chaleur se fasse sans encombre.

Pour les entrées latérales et une faible fréquence d'utilisation, les sas qui fonctionnent comme une installation individuelle - les portes sont connectées en croix de manière à ce qu'une seule porte s'ouvre à la fois - sont adaptés.

Si le sas d'entrée doit également servir à l'évacuation du bâtiment, les portes coulissantes doivent être équipées d'un système automatique Swingdoor.



Illustration 22 : Sas d'entrée avec deux portes coulissantes



Illustration 23 :  
Portes coulissantes automatiques



Illustration 24 :  
Portes coulissantes immergées pour accéder à la piscine extérieure

Un sas d'entrée avec rideau d'air est la forme la plus simple d'un sas permettant de séparer différentes zones climatiques. Conformément à la loi sur l'énergie, un rideau d'air chaud doit toujours être raccordé au chauffage à eau chaude - un chauffage électrique direct n'est pas autorisé. D'un point de vue énergétique, un rideau d'air ne peut que compléter les portes dans l'enveloppe du bâtiment (été), il sert avant tout à séparer les zones à faible différence de température à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment.

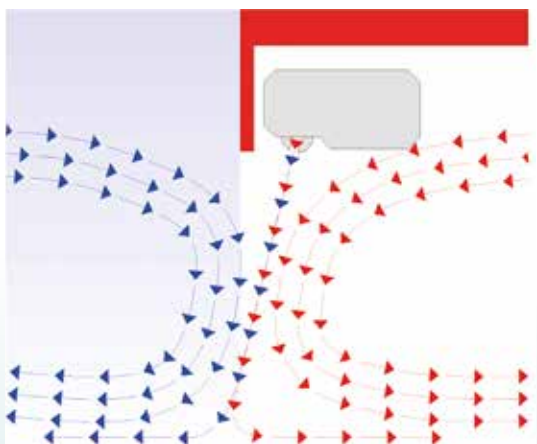


Illustration 25 :  
Rouleau climatique pour rideau d'air chaud



Illustration 26 :  
Rouleau climatique visible

Si une construction particulièrement compacte est nécessaire en cas de forte fréquentation, les portes pivotantes sont une solution possible. Elles isolent relativement bien le bâtiment, mais le mouvement de rotation entraîne toujours un échange d'air - il faut donc éventuellement prévoir un rideau d'air supplémentaire pour les grandes portes battantes.

Le cas échéant, l'évacuation et l'accès sans obstacle doivent être assurés par une porte supplémentaire ou des vantaux pivotants qui s'ouvrent automatiquement.



Illustration 27 : Porte pivotante avec deux portes latérales pour l'évacuation et l'accessibilité

Les languettes en caoutchouc ou en plastique pour séparer les différentes zones climatiques ne sont pas appropriées du point de vue énergétique et hygiénique - elles doivent être utilisées au mieux comme solution spéciale dans les zones extrêmement corrosives, par exemple dans les sas de sortie des bassins extérieurs.

### 3.6.2 Fenêtres et façades vitrées

Celles-ci constituent un point faible thermique de l'enveloppe du bâtiment. Avec environ  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , les fenêtres et les éléments de façade en verre ont le coefficient de transmission thermique le plus élevé ; de plus, les températures de surface internes les plus faibles apparaissent au niveau du joint périphérique.

D'autre part, des éléments transparents sont toutefois nécessaires pour réaliser le contact visuel avec l'extérieur, important pour le confort des utilisateurs, l'apport de lumière du jour et l'utilisation des gains solaires.

Dans le cas des piscines couvertes, la plupart des façades modernes à forte proportion de verre sont conçues comme des systèmes de poteaux-traverses.

En fonction du matériau utilisé et de la construction choisie, on obtient des différences de température très différentes entre l'environnement et les températures de surface internes. Plus la construction fonctionne dans son ensemble, plus la température de surface intérieure est élevée, même lorsque les températures extérieures sont basses, et plus l'humidité ambiante possible est élevée, sans qu'il y ait de condensation sur ces mêmes surfaces.

Le choix de la construction optimale ne dépend donc pas seulement d'un faible coefficient de transmission thermique et donc d'une faible perte de chaleur, mais aussi d'une température élevée de la surface des éléments de construction, ce qui permet de réduire considérablement l'énergie nécessaire à la ventilation grâce à des performances de déshumidification plus faibles.



### 3.6.3 Façades vitrées poteaux-traverses

La température de surface interne la plus basse d'une façade en verre dans la construction poteaux-traverses se produira toujours dans un système idéal, c'est-à-dire un assemblage optimal des bords de verre, au niveau du matériau présentant le coefficient de transmission thermique le plus élevé (en règle générale, le verre). Dans les systèmes réalisables avec la technique actuelle, l'effet de pont thermique sur le bord du verre implique que la température de surface la plus basse apparaît toujours dans l'angle du bord du verre de la construction. Les ponts thermiques sont dus au verre feuilleté, au matériau du cadre et au système de serrage (avec vissage). La construction est d'autant plus efficace que la température intérieure atteinte à cet endroit critique est élevée. Dans la mesure où la température de surface minimale à atteindre par des mesures de construction entraîne de la condensation en hiver dans les conditions visées à l'intérieur, de l'air chaud et sec doit être insufflé devant les fenêtres et aux impostes. Dans l'idéal, l'efficacité de cette mesure est surveillée par des capteurs (humidité et température) placés à des endroits appropriés de la construction. En résumé, lors de la planification des façades, le système de la façade en verre et son intégration dans le reste de l'enveloppe du bâtiment doivent impérativement être considérés comme un tout.

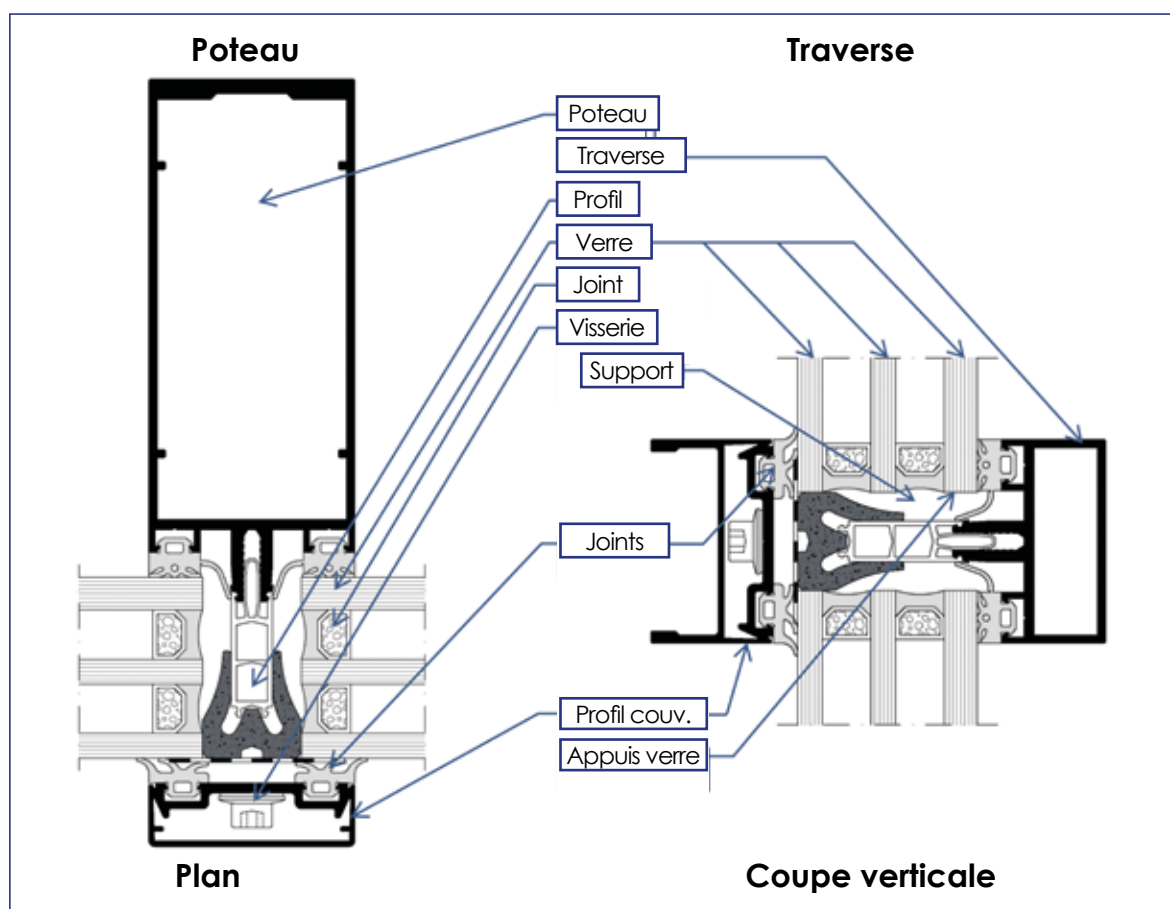


Illustration 28 : Construction poteaux-traverses avec plan et coupe





Lors de la planification des façades, il convient d'accorder une attention particulière aux points suivants en ce qui concerne la construction :

- Il faut choisir un joint de bordure de verre de la meilleure qualité possible
- Si possible, l'écart entre les verres doit être de (2x) 18 mm.
- Les supports métalliques doivent absolument être évités
- L'espace entre les verres, le support du système et la baguette de pression doit être entièrement isolé et de haute qualité



Illustration 29 :  
Isométrie double vitrage

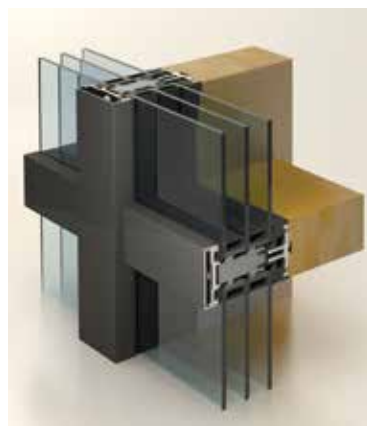


Illustration 30 :  
Isométrie triple vitrage

Les constructions à triple vitrage sont environ deux fois plus lourdes en raison du verre supplémentaire, mais elles sont plus avantageuses sur le plan énergétique que les constructions à double vitrage.

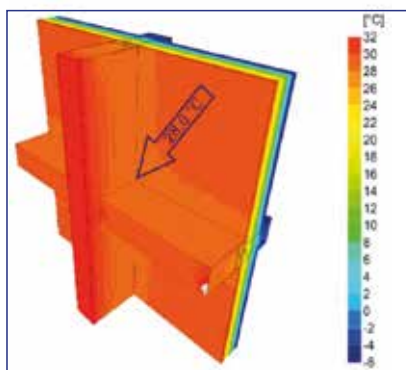


Illustration 31 :  
Image thermique de la façade poteaux-traverses avec angle critique

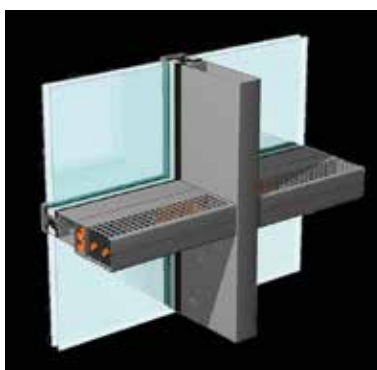


Illustration 32 :  
Graphique 3D : Chemin de câbles et ventilation



Illustration 33 :  
Graphique 3D : Entrée d'air ou chauffage

Le potentiel de développement de systèmes de façades poteaux-traverses optimisés thermiquement est considéré comme élevé. Ci-après, quelques exemples de variantes d'exécutions actuelles de façades poteaux-traverses sont esquissés. Les valeurs mentionnées dans les variantes d'exécution se basent sur des calculs effectués avec des modèles en partie très simplifiés.



### 3.6.3.1 Façade avec structure porteuse en alu

Les poteaux et traverses sont réalisés en tube d'aluminium, le support du système est intégré. Il existe différentes combinaisons de matériaux pour les supports de verre, les vis, le profilé de pression et de recouvrement ainsi que pour le vitrage.

Dans le cas de la façade standard en aluminium utilisée aujourd'hui dans les bâtiments existants, toutes les pièces porteuses et le joint périphérique - à l'exception des vis (acier inoxydable) - sont en aluminium. La valeur U typique du cadre est d'environ  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , si celui-ci est utilisé en combinaison avec un verre standard (valeur U de  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ), ce système génère de la condensation dans les coins du verre à une température ambiante de  $30^\circ\text{C}$  et des températures extérieures hivernales de  $-5^\circ\text{C}$  dès environ 30% d'humidité relative de l'air ambiant. En fonctionnement normal de la piscine, il en résulte inévitablement une condensation qui doit être soit tolérée, soit limitée par la ventilation mécanique intérieure.

Si l'on utilise une valeur U du verre de  $0,61 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  en combinaison avec un intercalaire en plastique de haute qualité, et que l'on isole en outre l'espace vide entre les bords du verre, le support du système et la baguette de pression (valeur U du cadre d'environ  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ), l'humidité maximale de l'air ambiant jusqu'à la condensation augmente déjà à environ 60% dans les mêmes conditions.

Si, en plus, le support de verre et le profilé de pression sont réalisés en PRV au lieu d'aluminium, la perte de ponts thermiques diminue de manière significative à environ 10% de la valeur précédente - l'humidité de l'air ambiant avant condensation augmente à environ 70%. Cette variante représente l'optimum actuellement disponible sur le marché pour les façades en aluminium.

### 3.6.3.2 Façade avec structure porteuse en acier

Les poteaux et traverses sont en tube d'acier, le support du système est intégré. Il existe différentes combinaisons de matériaux pour le matériau des supports de verre, des vis, du profilé de pression et de recouvrement ainsi que pour le vitrage.

En raison de la plus faible conductivité thermique de l'acier, les coefficients de transmission de chaleur et de perte de ponts thermiques sont légèrement plus favorables que ceux des constructions correspondantes en aluminium.

D'autre part, en raison de la mauvaise conduction thermique, moins de chaleur est transférée de l'intérieur vers les zones froides, les températures de surface minimales sont donc plus basses. Dans le cas de la structure optimale actuellement disponible sur le marché, comparable à celle du paragraphe 3.6.3.1 Structure porteuse en aluminium (vitrage de haute qualité, isolation des espaces vides, supports de verre, profilés de pression en PRV...), l'humidité de l'air ambiant avant condensation est donc légèrement inférieure, le coefficient de transmission thermique du cadre se situe dans une plage comparable.





### 3.6.3.3 Façade avec structure porteuse en bois

Les Poteaux et traverses sont en bois massif. Il existe différentes combinaisons de matériaux pour les supports de verre, les vis, les profils de pression et de recouvrement ainsi que pour le vitrage.

Pour toutes les combinaisons de matériaux pour les supports de verre, les profilés de pression et de recouvrement et le vitrage déjà mentionnées dans la section Structure porteuse en aluminium, les coefficients de transmission thermique et les coefficients de perte de ponts thermiques sont ici significativement améliorés.

La chaleur provenant de l'intérieur du bâtiment est moins bien transmise par le bois au support du système et donc, globalement, moins d'énergie est transmise par celui-ci à l'environnement. Cet effet réduit considérablement la perte de chaleur, mais les températures de surface minimales et donc les humidités maximales avant condensation diminuent en conséquence.

Dans le cas de la structure optimale actuellement disponible sur le marché, comparable à celle du paragraphe 3.6.3.1 Structure porteuse en aluminium (vitrage de haute qualité, isolation des espaces creux, supports de verre, profilés de pression en PRV...), l'humidité de l'air ambiant avant condensation est donc d'environ 60 %hr.





## 3.7 Bassins extérieurs

Les bassins extérieurs chauffés toute l'année sont à éviter d'un point de vue énergétique - même avec une planification optimale, ils provoquent une perte de chaleur élevée et représentent une part importante de la charge de chauffage de la piscine couverte.

Le législateur tient compte de ce fait, un bassin extérieur ne peut être chauffé qu'au moyen d'énergies renouvelables ou de chaleur résiduelle non utilisable autrement. De plus, une couverture est obligatoire en dehors des heures d'exploitation. En dehors des heures d'exploitation, le contenu du bassin peut être pompé dans un bassin de stockage isolé ou dans un bassin situé dans le périmètre d'isolation de l'enveloppe du bâtiment.



Illustration 34 :  
couverture flottante de bassin extérieur



Illustration 35 :  
couverture flottante de bassin intérieur

Le placement des bassins devrait se faire dans les zones les moins exposées au vent et aux intempéries, des mesures supplémentaires de protection contre le vent telles que des haies, des murs et des parois doivent être prévues, surtout dans la direction principale du vent.

Un bassin extérieur avec un canal ou une zone de baignade est particulièrement attrayant pour les utilisateurs. Une liaison remplie d'eau de baignade entre l'intérieur du bâtiment et le bassin extérieur permet de passer de l'un à l'autre de façon protégée. Cette liaison, comme toute autre entrée fréquemment utilisée dans le bâtiment, doit être conçue comme un paravent ou un sas afin d'empêcher l'échange libre d'air intérieur avec l'environnement.

Lors de la planification de ce passage, il faut absolument tenir compte des conditions extrêmes qui règnent dans cette zone. Le gradient de température est très élevé - ici, l'environnement rencontre directement la zone la plus chaude du bâtiment. L'atmosphère et l'eau du bassin sont fortement propices à la corrosion (forte concentration de chlorures). Lorsque les températures extérieures sont froides, de la condensation se produit inévitablement sur de nombreux éléments de construction, d'autres sont temporairement immergés, il y a donc un enrichissement en chlorures à la surface des éléments de construction.



## 3.8 Toboggans

Les différences de température entre les toboggans et l'environnement sont généralement élevées dans les piscines couvertes. Pour minimiser les pertes d'énergie, les toboggans doivent être situés à l'intérieur du périmètre isolé. Dans l'idéal, ils sont planifiés entièrement à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment ; si cela n'est pas possible, les zones extérieures des toboggans doivent être isolées efficacement.



Illustration 36 : Prévoir les toboggans à l'intérieur du périmètre d'isolation

## 3.9 Goulottes de retour

Le choix des goulottes de retour est généralement déterminé par des considérations d'aménagement et de construction ainsi que par l'utilisation prévue du bassin. Les différents types de goulottes se distinguent par la position du niveau de l'eau par rapport au pourtour du bassin, par leur encombrement dans la zone du bassin et par leur capacité à calmer ou à refléter le battement des vagues dans le bassin.

Le type et la conception du caniveau influencent fortement l'évaporation de l'eau du bassin



et sur le transfert d'humidité vers l'air de la halle, donc l'efficacité énergétique de la ventilation, un aspect dont il faut absolument tenir compte lors du choix du type de goulottes.

Un caniveau optimal dirige l'eau vers l'installation de filtration avec peu de turbulences, sans brumisation et le plus efficacement possible.

De plus, un caniveau bas (niveau d'eau plus bas que le pourtour du bassin) permet de réduire fortement l'évaporation de l'eau par la formation d'une couche de barrage saturée de vapeur d'eau.

Sans prétendre à l'exhaustivité, la comparaison de trois conceptions courantes de caniveaux montre des différences fondamentales :

Dans le système St. Moritz, le niveau d'eau est plus élevé que le pourtour du bassin, l'eau est modérément calmée, une quantité relativement importante d'eau s'évapore pendant le débordement, car la surface et la hauteur de chute de l'eau sont relativement importantes. Outre la surface, l'angle d'entrée et la géométrie de la conduite d'eau ainsi que le battement des vagues jouent un rôle dans l'évaporation.

Le système de caniveau Finlande, avec un niveau d'eau à la hauteur du pourtour du bassin, se caractérise par une bonne atténuation des vagues. Comme pour le système St. Moritz, la géométrie du caniveau a une influence déterminante sur les émissions sonores et l'évaporation - des angles d'entrée plats et un bord d'appui optimisé pour la grille du caniveau améliorent ces propriétés. Les deux types de caniveaux ont également en commun un encombrement relativement important en raison de la rigole d'écoulement située dans le pourtour du bassin.

Le caniveau de Bamberg, qui, selon le fabricant, est optimisé pour une évaporation particulièrement faible, est également représentatif d'autres systèmes de caniveaux comparables situés en profondeur. Grâce à leur position basse, ils favorisent la formation d'une couche d'air calme et saturée de vapeur au-dessus de l'eau, l'évaporation à la surface de l'eau diminue fortement. D'autres caractéristiques sont le faible encombrement lors de la manipulation et une réflexion relativement forte des grandes vagues.

#### Système St. Moritz

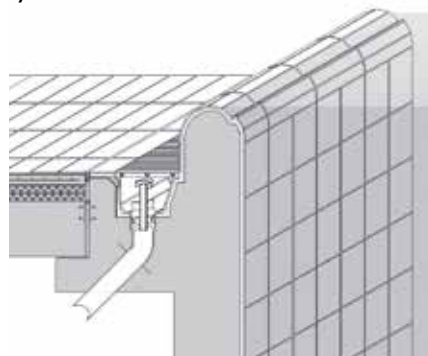


Illustration 37 : Système St. Moritz avec un niveau d'eau élevé, une surface d'évaporation importante et de fortes émissions de bruit.

#### Système Finland

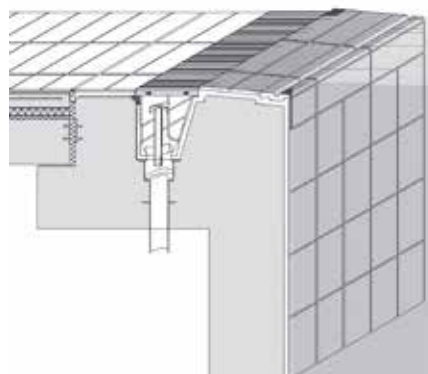


Illustration 38 : Système Finlande avec niveau d'eau plat et assez bonne absorption des vagues.

#### Système Bamberg

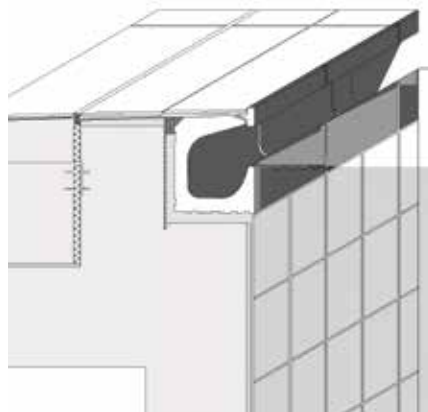
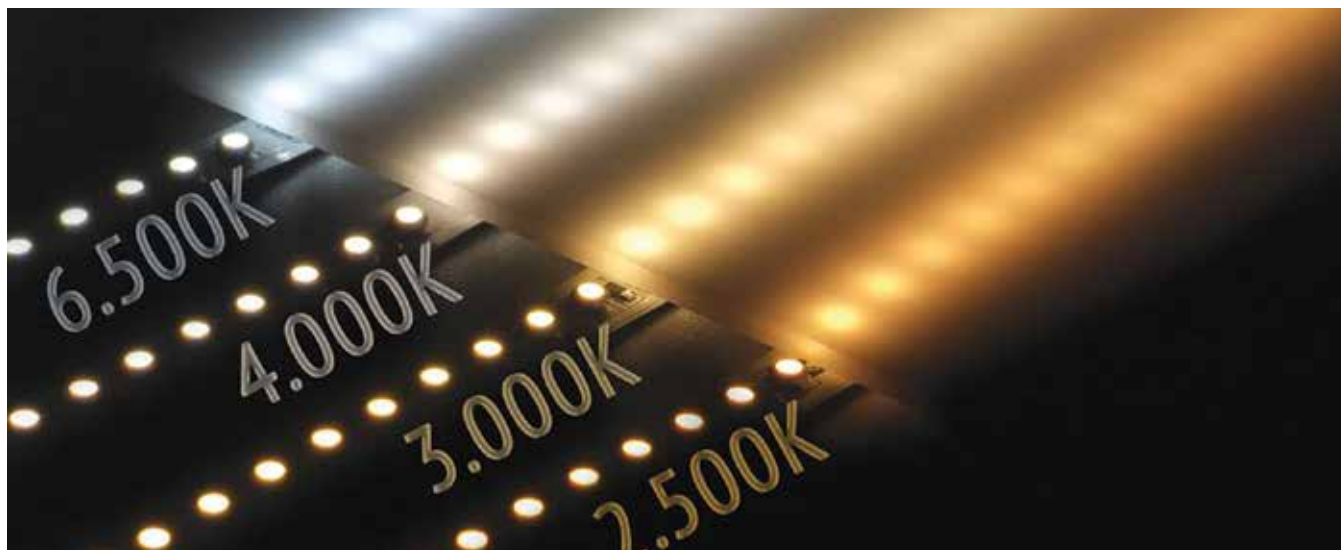


Illustration 39 : Système Bamberg avec niveau d'eau bas, évaporation et émissions sonores réduites.







Avec le soutien de



suisseénergie

# 4

AUGMENTATION DE  
L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE







## 4 Augmentation de l'efficacité énergétique dans les différents corps de métier

<b>4.1</b>	<b>Installations sanitaires</b>	85
4.1.1	Économies d'eau	85
<b>4.2</b>	<b>Génie électrique</b>	86
4.2.1	Classes d'efficacité énergétique	86
4.2.2	Qualité du réseau	87
4.2.3	Compensation du courant réactif	87
4.2.4	Éclairage	88
4.2.5	Comportement des moteurs au démarrage	97
<b>4.3</b>	<b>Traitement d'eau des baignoires</b>	98
4.3.1	Débit	98
4.3.2	Hydraulique du bassin	102
4.3.3	Fonctionnement à charge partielle	103
4.3.4	Systèmes de filtration	104
4.3.5	Coûts d'exploitation	109
<b>4.4</b>	<b>Pompes de circulation</b>	113
4.4.1	Types de pompes	113
4.4.2	Système	115
4.4.3	Remarques concernant la sélection	116
4.4.4	Mentions légales	119
4.4.5	Remarques sur l'exploitation	120
<b>4.5</b>	<b>Ventilation</b>	123
4.5.1	Introduction	123
4.5.2	Un transport de l'air efficient	123
<b>4.6</b>	<b>Ventilation des façades vitrées</b>	130
<b>4.7</b>	<b>Gestion de la charge</b>	131
4.7.1	Électricité	131
4.7.2	Chaleur	132
4.7.3	Couplage chaleur-force	133
<b>4.8</b>	<b>Automatisation du bâtiment</b>	134
4.8.1	Système de gestion de l'énergie (SGE)	135





## 4.1 Installations sanitaires

### 4.1.1 Économies d'eau

Concernant „l'efficacité énergétique dans les piscines couvertes et en plein air“, la thématique des économies d'eau doit être abordée. Bien que, l'élément eau est essentiel dans une piscine couverte ou en plein air, il faut utiliser le moins d'eau fraîche possible pour une exploitation efficace. Dans le domaine sanitaire, différentes mesures permettent d'atteindre cet objectif :

- Utiliser des robinets à économie d'eau :  
En principe, il faut utiliser des robinets économes en eau. Cela concerne surtout les douches, mais aussi les lavabos. Dans l'espace sauna, les attractions d'eau froide à forte consommation d'eau doivent être utilisées avec parcimonie.
- Urinoirs sans eau :  
L'utilisation d'urinoirs sans eau est devenue courante, cette solution peut être retenue dans le cadre des piscines couvertes ou extérieures.
- Utilisation multiple de l'eau de baignade :  
L'eau évacuée peut être réutilisée dans différents domaines. La réutilisation pour le nettoyage des surfaces et le rinçage des toilettes a fait ses preuves. Dans les piscines en plein air, l'eau recyclée peut également être utilisée pour l'arrosage.



## 4.2 Génie électrique

### 4.2.1 Classes d'efficacité énergétique

Dans les piscines, divers entraînements électriques fonctionnent presque en permanence, comme les pompes de filtration ou les ventilateurs des appareils de ventilation. Pour ces appareils à durée de fonctionnement élevée, il vaut la peine d'investir dans des moteurs de la classe d'efficacité la plus élevée. Pour les moteurs électriques, les coûts d'électricité sur la durée de vie représentent souvent 90% ou plus des coûts totaux. Les coûts d'investissement pour des moteurs efficaces s'amortissent en peu de temps.

L'ordonnance fédérale sur l'énergie stipule qu'à partir de 2017, les nouveaux moteurs électriques d'une puissance comprise entre 0,75 et 375 kW devront satisfaire à la classe d'efficacité énergétique IE3. IE = International Efficiency, selon la norme IEC 60034-30 et le règlement européen 640/2009. Il est également possible d'utiliser des moteurs IE2 avec un convertisseur de fréquence.

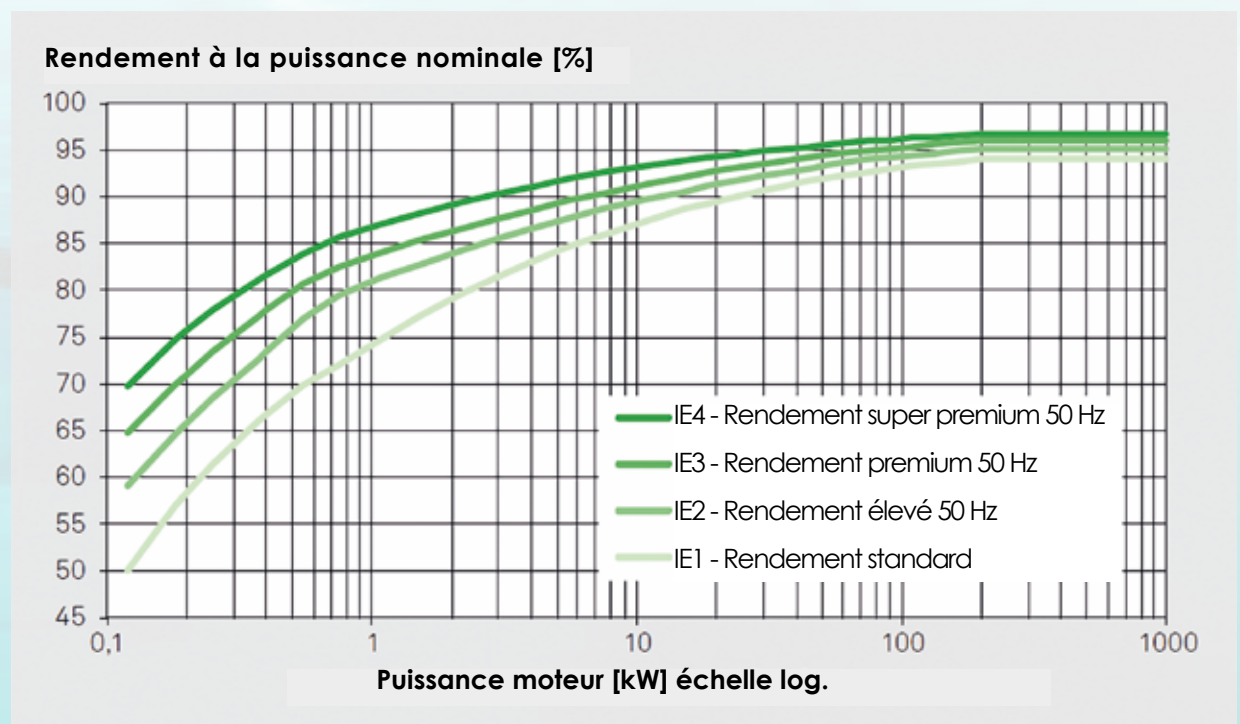


Illustration 1: Classes d'efficacité énergétique des moteurs électriques

Les appareils qui ne fonctionnent que quelques heures par an n'ont qu'une faible consommation d'électricité et peuvent continuer à fonctionner avec des moteurs IE1 (rendement standard). Sont également exclus les moteurs des pompes submersibles.



## 4.2.2 Qualité du réseau

Un facteur important pour le bon fonctionnement des installations et appareils électrotechniques est une qualité suffisante de la tension d'alimentation ou de l'alimentation électrique. Les perturbations et les influences causées par les processus de mise en marche, les courants de démarrage, les variateurs, les alimentations à découpage, les convertisseurs de fréquence, etc. mettent en danger la sécurité de fonctionnement des appareils et des systèmes. Au lieu des ondes sinusoïdales normales, des signaux de plus en plus déformés sont émis par les réseaux. Ces problèmes ne sont pas faciles à détecter et peuvent entraîner des coûts supplémentaires pour les exploitants d'installations électriques. En raison de la surcharge et de l'échauffement supplémentaire des alimentations à découpage, des blocs d'alimentation et des transformateurs de commande, doivent être remplacés prématurément. Selon la configuration des fréquences superposées, ces distorsions du réseau peuvent entraîner une forte augmentation des courants de neutre ou des pertes de magnétisation élevées dans les transformateurs et les moteurs triphasés à fonctionnement direct.

En principe, l'exploitant du réseau doit prendre des mesures locales là où se produisent ces distorsions du réseau, de sorte qu'il soit possible de renoncer à des installations centrales de filtrage du réseau.

## 4.2.3 Compensation du courant réactif

Une installation de compensation du courant réactif permet, selon la situation, d'économiser une partie non négligeable des coûts énergétiques. Mais en réalité, les économies d'énergie sont très limitées.

Dans les piscines couvertes, la plus grande partie des courants réactifs est générée par des consommateurs à forte inductance comme les moteurs asynchrones des grandes pompes de circulation. Ces courants réactifs vont et viennent entre le moteur électrique et le réseau d'alimentation (poste de transformation). En principe, l'énergie réactive est gratuite et ne doit pas être payée au fournisseur d'énergie. Toutefois, si une certaine part de courant réactif est dépassée, une „amende“ doit être payée, c'est-à-dire une taxe par puissance réactive consommée. Indépendamment de la considération économique lors de l'achat d'une compensation de puissance réactive, ce courant réactif génère de la chaleur dans le câble d'alimentation entre le moteur et le réseau d'alimentation, et donc une perte de puissance, qui est toutefois généralement très faible.

Depuis quelques années déjà, la taille des compensations de courant réactif diminuent ou ne sont même plus nécessaires, car la part de courant réactif a massivement diminué : les gros consommateurs ou les producteurs déterminants de courant réactif sont régulés, c'est-à-dire qu'ils sont commandés par un convertisseur de fréquence. Bien entendu, le courant réactif n'a pas simplement disparu, mais circule désormais uniquement entre le moteur électrique et le convertisseur de fréquence.

Brève perspective ou rétrospective du nouveau défi :

Du point de vue du réseau d'alimentation, ces entraînements régulés sont considérés comme des consommateurs non linéaires et ne provoquent plus de courant réactif, mais ils chargent désormais le réseau d'alimentation avec des réactions de réseau (voir à ce sujet le chapitre 4.2.2).



## 4.2.4 Éclairage

Dans les piscines couvertes, l'éclairage représente environ 13 % de la consommation d'électricité, soit une part importante de la consommation totale d'électricité, après les entraînements pour le traitement de l'eau et la ventilation.

### 4.2.4.1 Base technique de l'éclairage

La lumière est la partie du rayonnement électromagnétique qui est perçue par nos yeux. À la lumière du jour, nous voyons des couleurs, alors que la nuit, nous ne voyons que des nuances de gris. La lumière nous donne l'heure et régule notre rythme jour/nuit. De nombreux facteurs entrent en jeu pour que la lumière soit perçue de manière agréable. L'indice de rendu des couleurs peut servir à quantifier la qualité de la lumière. Une ampoule avec un indice de rendu des couleurs  $Ra = 100$  présente un rendu des couleurs idéal. La température de couleur est un autre critère de qualité. Dans la pratique, trois températures de couleur se sont établies. Blanc chaud 2 700 à 3 300 K, blanc neutre 3 300 à 5 000 K et lumière du jour blanc froid  $> 5\,500$  K. La figure 2 illustre les différentes températures de couleur.

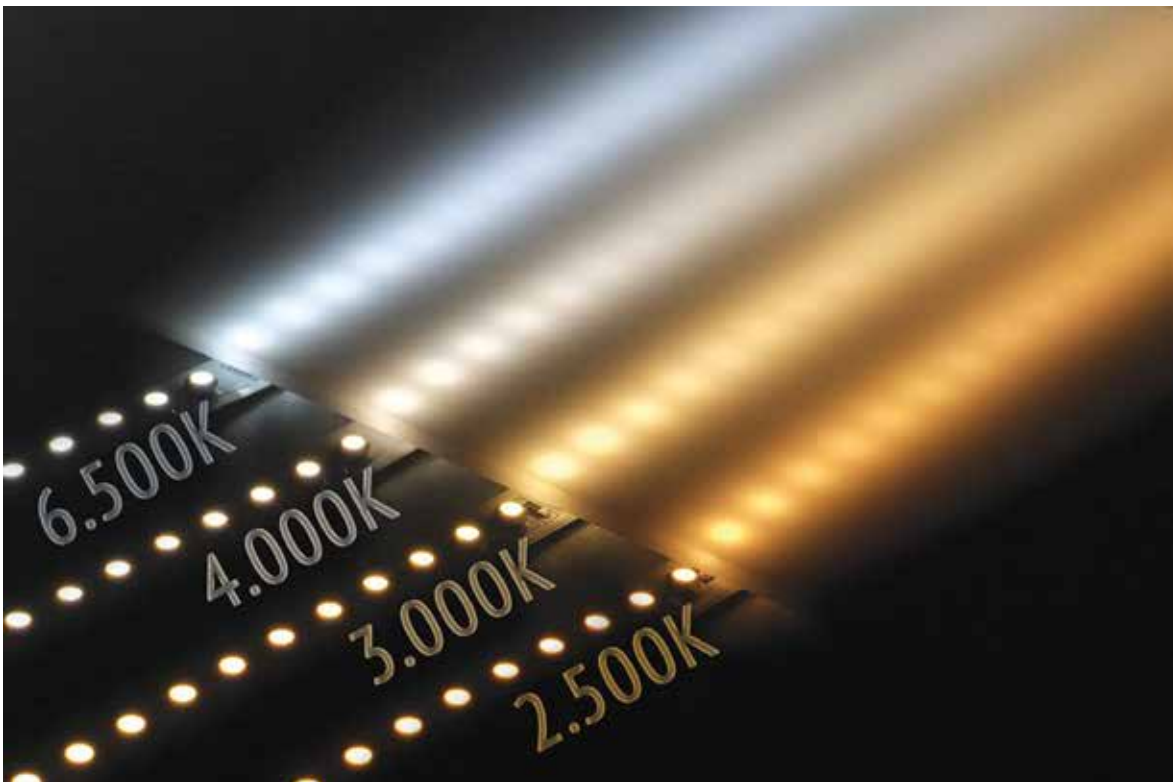


Illustration 2: Températures de couleur



- **Puissance lumineuse Lumen[lm]**

La puissance lumineuse décrit la quantité de lumière émise par la source lumineuse, la puissance lumineuse produite par une source lumineuse, dans toutes les directions.

- **Intensité lumineuse Candela[cd]**

Celle-ci indique avec quel flux lumineux une source lumineuse éclaire dans un certain angle de la pièce. Les rayons lumineux peuvent être dirigés dans la direction nécessaire à l'aide de réflecteurs.

- **Flux lumineux Lux[lx]**

Le flux lumineux ou éclairage est la quantité de lumière qui atteint une surface [lm/m<sup>2</sup>].

- **Luminance L [cd/m<sup>2</sup>]**

La luminance détermine la luminosité effective perçue par l'œil humain.

- **Température de couleur T<sub>f</sub> Kelvin[K]**

La température de couleur permet de caractériser la couleur de la lumière d'une source lumineuse. L'objet de comparaison de la température de couleur est le corps noir (titane incandescent) que l'on chauffe et qui prend des couleurs bien précises à certaines températures. Si la couleur de la lumière d'une lampe correspond à la couleur du corps noir, on lui attribue sa température en kelvin comme température de couleur. Les lampes à incandescence sont également appelées lampes à température, leur température de filament est d'environ 2700 kelvins et émet une lumière blanc-rougeâtre. Dans le cas des lampes fluorescentes, la paroi intérieure du tube est recouverte de substances fluorescentes de différentes compositions, ce revêtement permet de déterminer la température de couleur. Pour les LED, la température de couleur est calculée.

- **Indice de rendu des couleurs IRC [R<sub>a</sub>]**

L'indice de rendu des couleurs est un chiffre d'une grandeur photométrique qui permet de décrire la qualité du rendu des couleurs de sources lumineuses de même température de couleur. Le tableau suivant énumère l'indice de rendu des couleurs, la température de couleur et l'efficacité lumineuse pour les différentes sources lumineuses.





Tableau : Précautions énergétiques en cas d'exigences spatiales différentes

Source de lumière	Indice de rendu des couleurs [Ra]	Température de couleur $T_f$ en [K]	Lumière émise en lm/W
Ampoule à incandescence	100	2800	10 à 15
Ampoule halogène	100	3100 à 3400	15 à 25
Lampes fluorescentes	60 à >90	2800 à 8000	60 à 100
Lampes à vapeur de mercure à haute pression	45	2900 à 4200	40 à 55
Lampes à vapeur de sodium haute pression	25 à >80	2000 à 2200	100 à 150
Lampes à vapeur métallo-halogène	60 à >90	3000 à 6000	60 à 100
Lampe à vapeur de sodium basse pression	<10	2000	150 à 200
LED	70 à >90	2600 à 10'000	60 à 140
OLED	80 à >90	3000 à 10'000	60 à 100

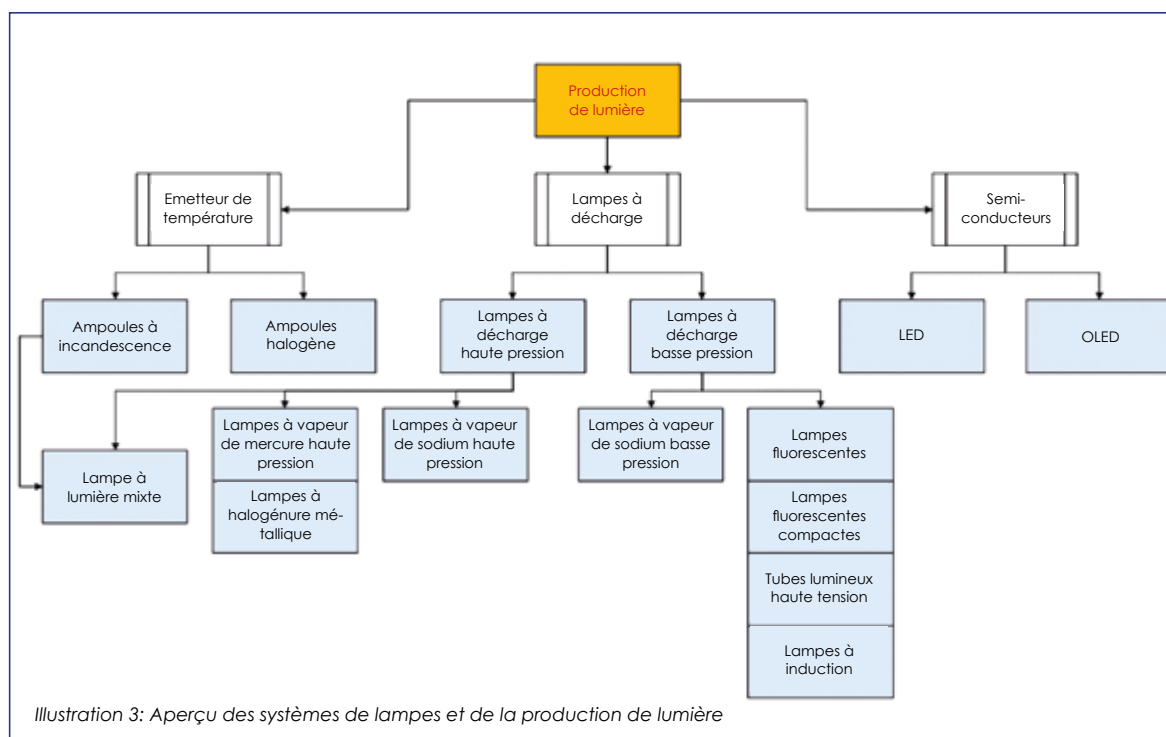


## 4.2.4.2 Efficacité lumineuse et énergétique

Les différentes sources lumineuses se distinguent par l'efficacité avec laquelle elles transforment le courant électrique en flux lumineux. La perte est transmise à l'environnement sous forme de chaleur. La demande en ampoules efficaces a été fatale aux lampes à incandescence, particulièrement inefficaces, elles ne peuvent plus être vendues en Suisse depuis le 1er janvier 2009. À partir de cette date, les ampoules à incandescence de plus de 60 watts ont été interdites. Cela a conduit le marché à rechercher de nouveaux types d'ampoules efficaces. Les lampes fluocompactes ne sont pas très esthétiques dans l'habitat et la gradation est également problématique. Le long délai d'attente avant l'éclairage complet des lampes fluocompactes limite leur champ d'application, de sorte qu'une lampe fluocompacte ne peut pas être utilisée comme éclairage de passage ou pour les pièces où la présence est brève. Dans ces cas, la durée de vie des lampes fluocompactes diminue avec les fréquents allumages et extinctions.

## 4.2.4.3 Aperçu des systèmes de lampes

L'illustration suivante montre la répartition des systèmes de lampes. Dans ce guide, seuls les types de lampes les plus utilisés dans les piscines couvertes et en plein air sont décrits plus en détail.





## Ampoules à incandescence

Les lampes à incandescence appartiennent à la catégorie des émetteurs de chaleur. Dans les lampes à incandescence, un filament de tungstène très fin, simple ou double, d'un diamètre de quelques centièmes de millimètre, est porté à la température de fonctionnement d'environ 2 700K par le passage d'un courant. La lampe à incandescence classique n'a pas de distribution directionnelle du flux lumineux et a une mauvaise efficacité énergétique avec un rendement lumineux de 10 à 15 lumens par watt. Pour cette raison, la commercialisation a été interdite pour certaines ampoules à incandescence. Toutefois, pour des applications spéciales, on fabrique encore des ampoules à incandescence sous la forme classique d'une ampoule, généralement de petite puissance, jusqu'à 500W.

Les ampoules halogènes sont similaires aux ampoules à incandescence normales, mais avec une température de fonctionnement plus élevée et donc une lumière plus blanche avec une température de couleur de 2 800K à 3 100K. Cette température plus élevée permet d'obtenir un rendement lumineux plus important, jusqu'à 25 lm/W, pour une durée de vie de 1 500h à 5 000h.

Le gaz de remplissage de la lampe halogène est de l'iode ou un composé de brome. Ce gaz de remplissage a pour effet de ralentir le processus d'évaporation du tungstène et de provoquer ce que l'on appelle un processus circulaire. La forme compacte permet également un très bon guidage de la lumière à l'intérieur d'un luminaire. Comparées aux lampes à incandescence, les lampes halogènes présentent les avantages suivants:

- Petit volume de construction
- Meilleure efficacité lumineuse
- Pratiquement pas de noircissement des pistons
- Durée de vie plus longue

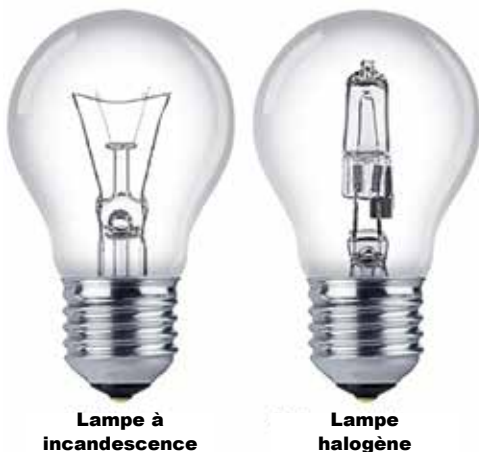


Illustration 4 : Comparaison entre une lampe à incandescence et une lampe halogène

## Lampes fluorescentes et lampes fluorescentes compactes

Les lampes fluorescentes appartiennent à la catégorie des lampes à décharge basse pression. Une lampe fluorescente se compose d'un tube fluorescent compact rempli de gaz et d'un ballast électronique. Le ballast convertit le courant alternatif de 50Hz en 25 000 à 70 000Hz. Ce courant à moyenne fréquence circule ensuite dans le tube et produit des rayons UV à l'aide du mercure présent dans le gaz. Le revêtement à l'intérieur du tube transforme les rayons UV en lumière visible. Par rapport aux lampes à incandescence et aux lampes halogènes, les lampes fluorescentes présentent les avantages suivants :

- Durée de vie plus longue
- Efficacité lumineuse de 60 à 100lm/W
- Bonne efficacité énergétique
- Large choix

Inconvénients :

- Durée de vie dépendant des cycles de commutation
- Nécessite un ballast supplémentaire pour fonctionner
- Élimination



Illustration 5 : Lampe fluorescente et lampe fluorescente compacte

## Lampes à vapeur métallique-halogène

Les lampes aux halogénures métalliques appartiennent au groupe des lampes à décharge haute pression. Un rendement lumineux élevé et un très bon rendu des couleurs sont les caractéristiques spécifiques des lampes aux halogénures métalliques. Elles sont une évolution des lampes à vapeur de mercure haute pression. Dans ces lampes, la lumière est produite par une décharge de gaz. Cette décharge gazeuse a lieu dans un récipient de combustion entre deux électrodes. Dans la décharge gazeuse, le flux de courant stimule les différents éléments qui émettent cette énergie sous forme de rayonnement.



Dans la décharge gazeuse, les différents éléments sont excités par le flux de courant et libèrent cette énergie sous forme de rayonnement. La tension d'allumage des lampes aux halogénures métalliques est plus élevée que la tension du réseau. De ce fait, un amorceur ou un starter est encore nécessaire. Par rapport aux lampes à incandescence et aux lampes fluorescentes, les lampes aux halogénures métalliques modernes présentent les avantages suivants :

- Durée de vie plus longue
- Haute luminance
- Efficacité lumineuse de 60 à 100lm/W
- Durée de vie plus longue



Illustration 6 : Lampes à vapeur métallique-halogène

Inconvénients:

- Réenclenchement seulement après refroidissement ou avec réamorçage immédiat spécial
- Nécessite une commande supplémentaire pour fonctionner
- Élimination
- Coûts d'acquisition

La modulation de ces lampes jusqu'à 60 % est possible chez certains fabricants et pour certaines puissances. Dans cette plage, la teinte ne change que très peu, mais en cas d'abaissement supplémentaire, la teinte vire au vert.

## LED et OLED

**LED** est l'abréviation de „Light emitting diode“ (diode électroluminescente) et est un composant électronique à semi-conducteurs. Dès qu'un courant électrique traverse la diode dans le sens du passage, elle commence à s'allumer. La lumière est produite directement en différentes couleurs par différents matériaux semi-conducteurs. Les LED sont alimentées par une tension continue. Elles ont donc besoin d'un convertisseur comme transformateur de tension. Il n'y a presque pas de perte d'énergie due à la chaleur et il n'y a pas non plus de rayons UV. Les OLED sont des sources lumineuses de surface et les LED des sources lumineuses ponctuelles.

**OLED** signifie diodes électroluminescentes organiques et se compose de plusieurs couches de semi-conducteurs organiques entre deux électrodes. Les semi-conducteurs organiques sont basés sur des matériaux carbonés. Ils émettent une lumière diffuse et sont donc principalement utilisés pour des applications décoratives. À long terme, les OLED gagneront de plus en plus en importance et en part de marché. Par rapport aux autres types d'éclairage, les LED et OLED modernes présentent les avantages suivants :

- Longue durée de vie
- Bonne efficacité énergétique
- Construction compacte

Inconvénient :

- Coût d'acquisition de l'OLED





## 4.2.4.4 Éclairage dans les piscines couvertes et en plein-air

Les directives de l'Association suisse pour l'éclairage SLG, partie 5, s'appliquent à l'éclairage naturel et artificiel des piscines couvertes ainsi qu'à l'éclairage artificiel des piscines en plein air. L'éclairage doit permettre de percevoir les personnes, les installations, les équipements de jeu et de sport à l'intérieur et à l'extérieur de l'eau. Idéalement, on privilégie un éclairage direct avec un éclairement de 300 lux pour les piscines d'apprentissage et de 500 lux pour les installations de compétition. En cas d'éclairage indirect, un éclairage subaquatique est recommandé afin d'obtenir les conditions visuelles requises dans l'eau. De même, l'éclairage subaquatique est nécessaire pour les compétitions sportives afin de pouvoir observer les mouvements des sportifs sous la surface de l'eau. Source : Association suisse pour l'éclairage SLG.

### Éclairage du bassin et du plan d'eau

Dans la plupart des cas, les grandes piscines sont éclairées par des lampes aux halogénures métalliques. Ce type d'éclairage permet d'obtenir un éclairage uniforme avec un nombre réduit de lampes. Pour éviter la formation de zones de réflexion, cet éclairage à haute luminance est idéal. Une intensité lumineuse de 300 lux et un indice de rendu des couleurs  $Ra=60$  sont recommandés pour la zone du bassin et ses environs. Entre-temps, les LED et les OLED atteignent des flux lumineux suffisants pour l'éclairage de grandes surfaces d'eau.

### Éclairage subaquatique

Le but d'un éclairage subaquatique est d'augmenter la sécurité des baigneurs. Le maître-nageur a ainsi une meilleure vue sur l'ensemble du bassin. De plus, l'éclairage subaquatique permet de valoriser l'esthétique du bassin. Un éclairage subaquatique optimal nécessite un flux lumineux d'environ 500-700 lumens par mètre carré de surface de fond du bassin (2000 lumens pour les compétitions). Pour un éclairage uniforme, la distance entre les lampes doit être de 2 à 3 mètres.

### Éclairage des locaux annexes

Les locaux annexes tels que les vestiaires, les douches, l'entrée et le local technique doivent être installés et exploités de la manière la plus efficace possible sur le plan énergétique. Des commutations simples via des détecteurs de mouvement sont peu coûteuses et nécessitent peu d'entretien. Pour les installations plus importantes, il faut envisager une commande de l'éclairage. L'installation doit être orientée vers l'avenir et utiliser des LED.

### Éclairage de sécurité

L'éclairage de secours assure un éclairage minimal en cas de panne de courant, permettant ainsi aux personnes de quitter un bâtiment sans danger en cas de panne de l'alimentation électrique générale. Lors de la planification et de l'exploitation, il faut tenir compte du fait que la capacité visuelle varie d'une personne à l'autre. L'éclairage de sécurité n'a qu'une influence négligeable sur la consommation d'électricité d'une piscine couverte.



## **Commande de l'éclairage**

### **Commutation intelligente de l'éclairage**

Outre l'utilisation de lampes efficaces en énergie, c'est surtout l'extinction des luminaires qui permet d'économiser de l'électricité. Une commande intelligente de l'éclairage tient compte de la lumière naturelle et réduit l'intensité de l'éclairage artificiel en conséquence. Cela réduit la consommation d'énergie et augmente en outre la qualité. Pour réaliser une telle automatisation, il faut enregistrer des programmes horaires ou utiliser des capteurs de luminosité. L'automatisation peut être réalisée par des commandes d'éclairage simples telles que DALI (Digital Addressable Lighting Interface), KNX (domotique) et SPS (automate programmable industriel).

### **Commande d'éclairage avec détecteur de présence**

Une installation simple avec un détecteur de mouvement permet d'allumer et d'éteindre automatiquement l'éclairage. Une telle installation convient par exemple pour les cages d'escalier, les entrepôts et les toilettes ainsi que pour divers autres locaux. Après une durée définie après l'allumage, l'éclairage s'atténue ou s'éteint.

### **Commande de l'éclairage selon le moment**

L'éclairage est allumé par une commande ou par l'actionnement d'un bouton-poussoir. Après cette opération, l'éclairage s'éteint automatiquement à un moment donné. Pour avertir les utilisateurs, l'éclairage peut clignoter brièvement et ne s'éteindre qu'ensuite, ou son intensité peut être réduite jusqu'à une certaine valeur seulement. Ce type d'installation convient par exemple pour les écoles, les espaces publics, les commerces, etc.

### **Commande de l'éclairage en fonction de la lumière du jour**

Un capteur de luminosité dans la pièce permet de faire varier l'éclairage artificiel à la valeur prééglée nécessaire. L'intensité de l'éclairage est ainsi maintenue à cette valeur à tout moment, ce qui permet de profiter de la lumière du jour incidente tout en améliorant l'efficacité énergétique. Cette commande permet d'économiser jusqu'à 35 % d'énergie.

Un bon éclairage augmente le bien-être des clients et du personnel dans les piscines couvertes. Une faible consommation d'énergie et un rayonnement thermique réduit sont le résultat d'un éclairage bien planifié. Les lampes à haut rendement lumineux, les ballasts à haut rendement et l'extinction des luminaires inutiles sont importants pour un éclairage efficace.





## 4.2.5 Comportement des moteurs au démarrage

Les entraînements électriques sont les plus gros consommateurs d'électricité des piscines couvertes. Le comportement au démarrage des moteurs électriques ne permet pas d'économiser directement de l'énergie en kWh, mais de réduire les pics de courant et donc de puissance, c'est-à-dire en kW. Néanmoins, l'utilisation de convertisseurs de fréquence est judicieuse pour les groupes tels que les ventilateurs dans les appareils de ventilation et les pompes de filtration dans le traitement de l'eau des piscines, car elle permet de faire fonctionner les groupes à charge partielle et d'économiser ainsi beaucoup d'énergie.

### **Entraînement direct**

Ces moteurs fonctionnent directement sur le réseau d'alimentation. Aucun potentiel d'économie d'énergie disponible.

### **Démarrage étoile-triangle**

N'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui.

### **Démarrage progressif**

Ces moteurs démarrent lentement, c'est-à-dire pas à pleine puissance. Après la période de montée en puissance, le moteur fonctionne toutefois directement sur le réseau d'alimentation, sans régulation. Potentiel d'économie d'énergie (kWh) très faible, car les pics de courant et de puissance ne sont minimisés que pendant la phase de démarrage.

### **Convertisseur de fréquence**

Il est peu utile d'installer un variateur de fréquence uniquement pour le démarrage. Grâce au variateur de fréquence, les moteurs ne sont plus directement alimentés en énergie par le réseau, mais peuvent être réglés par le variateur de fréquence en fonction des besoins.

Les gros consommateurs d'électricité de la piscine couverte, comme les systèmes de pompage, présentent un énorme potentiel d'économie d'énergie (kWh) en fonctionnement à charge partielle. La puissance absorbée par les pompes augmente à la puissance 3 du débit.

Un doublement du débit entraîne une multiplication par huit de la consommation d'électricité. Inversement, une pompe dont le débit est réduit de moitié ne consomme qu'un huitième de la puissance électrique dont elle aurait besoin à plein débit.



## 4.3 Traitement d'eau des baignades

### 4.3.1 Débit

En général, l'eau des bassins ne peut être hygiéniquement irréprochable que si les impuretés apportées par les baigneurs sont éliminées par le traitement et la désinfection.

Chaque installation de traitement de l'eau des piscines doit donc être dimensionnée de manière à ne pas être surchargée, même en cas d'utilisation maximale de la piscine. Le dimensionnement de la quantité d'eau à traiter résulte du type de bassin, de la capacité de traitement et de la température de l'eau, ainsi que des exigences bactériologiques, physiques et chimiques à satisfaire.





### 4.3.1.1 Dimensionnement du débit

Lors de la construction de nouvelles piscines publiques, le dimensionnement du débit de la filtration doit être effectué selon la norme SIA 385/9. Lors de la planification, on ne dispose pas, pour les nouvelles installations, de données sûres sur une fréquentation fiable. En revanche, lors de la rénovation ou de l'assainissement d'installations existantes, on dispose généralement du nombre de visiteurs, de sorte que la taille de l'installation (débit volumique) peut être calculée de manière plus fiable en fonction du nombre de visiteurs actuels ou attendus.

Dans la norme SIA 385/9, les débits volumétriques pour les différents types de bassins sont résumés dans le tableau suivant.

Selon la norme SIA 385/9 : 2011, chap. 4.1.2 et suivants, seules les plages de profondeur d'eau déterminent l'utilisation du bassin et le dimensionnement du traitement de l'eau.

0,00 ... 0,50 m	Pataugeoire	Les profondeurs d'eau indiquées ci-contre ne doivent pas être considérées comme des recommandations, mais uniquement pour l'attribution du tableau suivant
0,60 ... 1,35 m	Bassin non-nageur	
1,35 ... 2,20 m	Bassin de natation	
3,40 ... 5,00 m	Bassin de plongeon	

En conséquence, les bassins comportant plusieurs zones de profondeur sont calculés en fonction des pourcentages de surface des différentes zones de profondeur.

Dans chaque bassin, au moins 2 m<sup>3</sup> d'eau traitée par personne doivent être mis à disposition (pour les systèmes de traitement avec un facteur de charge  $k = 0,5 \text{ m}^{-3}$ ).

A l'aide des bases de calcul de la norme SIA 385/9 : 2011 dans l'annexe A, les débits volumiques sont calculés pour les différents bassins et indiqués dans le tableau 3. Pour le tableau suivant, un facteur de charge de  $k = 0,5 \text{ m}^{-3}$  ainsi que les fréquences de personnes selon „l'utilisation standard“ selon SIA 385/9 : 2011 ont été pris comme base. En cas d'écarts, les débits volumiques changent.

Tableau des débits volumétriques pour  $k = 0.5 \text{ m}^{-3}$ 

Nr.	Type de bassin	Débit vol. $Q$ $\text{m}^3/\text{h}$	Plage de température (pour piscine)	
			couverte $^{\circ}\text{C}$	Plein air $^{\circ}\text{C}$
1	Bassin de natation Profondeur de l'eau 1.35 m - 2.20 m	$0.40 \cdot A$	27 - 29	24
2	Piscine plongeurs Profondeur de l'eau > 3.40 m	$0.60 \cdot A$	27 - 29	24
3	Bassin non-nageurs Profondeur de l'eau 0.60 - 1.35 m	$0.67 \cdot A$	28 - 32	24
4	Pataugeoire Profondeur de l'eau < 0.50 m	$0.70 \cdot A$ + Suppléments	32	26
5	Toboggans aquatiques avec arrivée dans le bassin Profondeur de l'eau à l'arrivée 0.90 - 1.00 m	$(0.67 \cdot A) + 35$ Somme min. 60	27 - 29	24
	Toboggans aquatiques avec apport d'eau : Eau pure au minimum	60	27 - 29	24
6	Bassin variable avec fond mobile réglable en hauteur, entièrement ou en partie	Selon les zones de profondeur	27 - 29	
7	Bassin à bulles chaud (à usage combiné) Volume du bassin $V$ min. $4.00 \text{ m}^3$ (10 places) Profondeur de l'eau env. 1.00 m	$20 \cdot V$ Avec pilotage adaptatif : $15 \cdot V$	37	37
8	Bassin à bulles chaud (à usage limité) Volume du bassin min. $1.60 \text{ m}^3$ Profondeur de l'eau en. 1.00 m	$15 \cdot V$	37	37
	4 places, Vol. $1.0 \text{ m}^3$	24		
	5 places, Vol. $2.0 \text{ m}^3$	30		
	6 places, Vol. $2.40 \text{ m}^3$	36		
	7 - 10 places, Vol. $2.80 - 4.00 \text{ m}^3$	42 - 60		
9	Piscine à vagues	Selon les zones de profondeur	27 - 29	24
10	Petit bassin Surface max $100 \text{ m}^2$ Profondeur de l'eau < 1.35 m	$0.40 \cdot A$	30	30
11	Bassin chaud et d'exercice Profondeur de l'eau < 1.35 m (Suppléments selon A.4.6)	$1 \cdot A$ + Suppléments	32 - 35	32 - 35
12	Bassin chaud Profondeur de l'eau $\sim 1.00 \text{ m}$ (Tenir compte de la fréquence)	min. $2 \cdot V$	38 - 40	38 - 40
13	Bassin thérapeutique	$1 \cdot A$	32 - 35	-
14	Bassin d'immersion en eau froide, Profondeur de l'eau 1.10 - 1.35 m		Jusqu'à 18	Jusqu'à 18
	Surface jusqu'à $10 \text{ m}^2$ Surface au-delà de $10 \text{ m}^2$	$1.50 \cdot V$ $1.00 \cdot V$		
15	Bassin de passage Profondeur de l'eau 0.15 m	$2 \cdot V$	-	-

Selon SIA 385/9 : 2011 - Tableau 3 Débits d'eau de filtration

Volume  $Q = A \times F$ , in  $m^3/h$

$A$  = Surface d'eau de bassin en  $m^2$

$F$  = Facteur pour le débit spécifique en  $m^3/h$  par  $m^2$  Surface de bassin

$V$  = Volume du bassin en  $m^3$

### 4.3.1.2 Débit spécifique de filtration par baigneur

Pour la qualité de l'eau de baignade, il existe une corrélation entre :

- Volume d'eau de baignade purifié ajouté

et

- Apport de pollution par les baigneurs

Dès 1979, B. Kannewischer a décrit dans son ouvrage spécialisé „Badewasseraufbereitung für öffentliche Bäder“ (Traitement de l'eau de baignade pour les piscines publiques) les dépendances entre le débit de circulation nécessaire pour une qualité d'eau pure donnée provenant de l'installation de traitement et la concentration admissible d'impuretés dans l'eau de baignade.

Même après avoir pris une douche, chaque baigneur introduit dans l'eau de baignade des impuretés organiques et non-organiques, correspondant à environ 4 grammes de permanganate de potassium par personne, ainsi qu'un grand nombre de micro-organismes. Si une augmentation de 2 mg/l de permanganate de potassium ( $KMnO_4$ ) est autorisée dans le bassin, le débit spécifique de circulation par personne se calcule comme suit :

$$Q = \frac{4000 \text{ mg/Pers.}}{2 \text{ mg/l}} \rightarrow = 2000 \text{ l/Pers.} \quad 2 \text{ m}^3 \text{ par baigneur}$$

Sur la base de différentes études et expériences, le débit de circulation de 2  $m^3$ /pers. figure également dans la norme SIA 385/9 : 2011. On peut supposer que la durée moyenne de séjour dans le bassin est de 1 heure au maximum.



## 4.3.2 Hydraulique du bassin

Le débit d'eau et l'hydraulique du bassin jouent un rôle important dans les conditions d'hygiène d'un bassin de natation.

Dans un bassin de natation, on observe une concentration accrue de saletés sous forme de matières flottantes et une charge bactérienne plus élevée dans la zone de la surface de l'eau, tandis que dans la zone du fond du bassin, on constate une augmentation de la charge de saletés due aux matières en suspension. En outre, le désinfectant présent dans l'eau du bassin est consommé et doit être constamment renouvelé avec l'eau traitée afin de permettre un effet de dépôt du chlore.

De ces constatations découlent une série d'exigences, de sorte qu'un renouvellement suffisant de l'eau ait lieu dans toutes les parties du bassin, car ce n'est qu'à cette condition que toutes les impuretés sont transportées assez rapidement vers l'installation de traitement et que l'agent désinfectant usé est reconstitué assez rapidement. L'évacuation de l'eau contaminée ainsi que l'apport de l'eau traitée doivent se faire de manière à exclure tout risque d'infection pour le baigneur.

L'installation de traitement de l'eau de baignade la plus efficace ne sert pas à grand-chose si l'arrivée d'eau pure dans le bassin de natation et l'évacuation des impuretés apportées ne fonctionnent pas de manière optimale. Pour l'évacuation des eaux de surface particulièrement polluées, la forme correcte de la goulotte de débordement ou de submersion et une évacuation impeccable de l'eau de la goulotte sont déterminantes. Il faut veiller à ce que, dans la mesure du possible, 100% de l'eau de recirculation soit évacuée de manière continue et régulière par les rigoles de débordement.

Les rigoles de débordement doivent être disposées de tous les côtés, c'est-à-dire sur toute la longueur du bassin. Cela permet d'éviter les dépôts de saletés indésirables sur les parois du bassin sans caniveau. Une sédimentation de matières solides dans le bassin de baignade ne peut néanmoins pas être évitée. Ces impuretés doivent être éliminées plusieurs fois par semaine en aspirant les sédiments à l'aide d'appareils de nettoyage du fond.

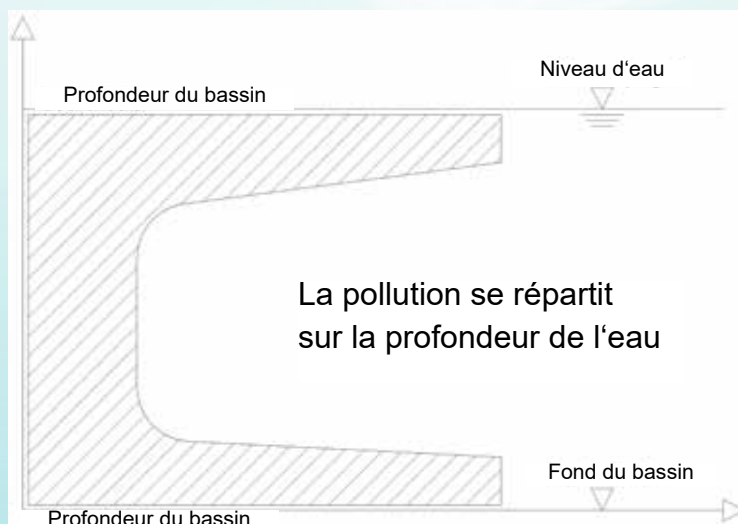


Illustration 8 : Impuretés à la profondeur d'eau



### 4.3.3 Fonctionnement à charge partielle

Dans l'«ancienne» norme SIA 385/1 (2000) ainsi que dans l'actuelle norme SIA 385/9 : 2011 „Eau et installations de traitement de l'eau dans les piscines communautaires“, le débit du traitement d'eau des bassins de natation peut être abaissé ( $\geq 50\%$  du débit) en dehors des périodes de bain (p. ex. la nuit) et permettre ainsi d'économiser beaucoup d'énergie si les conditions suivantes sont remplies :

- A la fin de la période d'exploitation quotidienne, les paramètres suivants, importants du point de vue de l'hygiène, doivent répondre aux exigences 1 de la norme SIA 385/9 : 2011, tableau 3 :

- Chlore libre
- Chlore lié
- pH et potentiel redox

- Il faut s'assurer qu'un fonctionnement à charge partielle soit limité dans le temps et qu'il soit possible de repasser automatiquement à la pleine charge.

Dans la norme SIA 385/9 : 2011, en vigueur depuis le 01.05.2011, un fonctionnement à charge partielle est également autorisé pendant les périodes de faible fréquentation. Les conditions relatives à l'hygiène et la commutation en mode pleine charge doivent toutefois également être garanties. Une commutation optimale du fonctionnement à charge partielle pendant la période de faible fréquentation permet d'économiser l'énergie de la pompe ainsi que les moyens d'exploitation correspondants.

La commande du fonctionnement à charge partielle peut être effectuée manuellement par le personnel d'exploitation. Un retour automatique au fonctionnement à pleine charge doit cependant être impérativement programmé.

Un fonctionnement entièrement automatisé est également possible, en fonction de différents paramètres comme par exemple :

- Comptage des visiteurs par tourniquet
- Taux de chlore lié
- Valeurs redox
- Turbidité





## 4.3.4 Systèmes de filtration

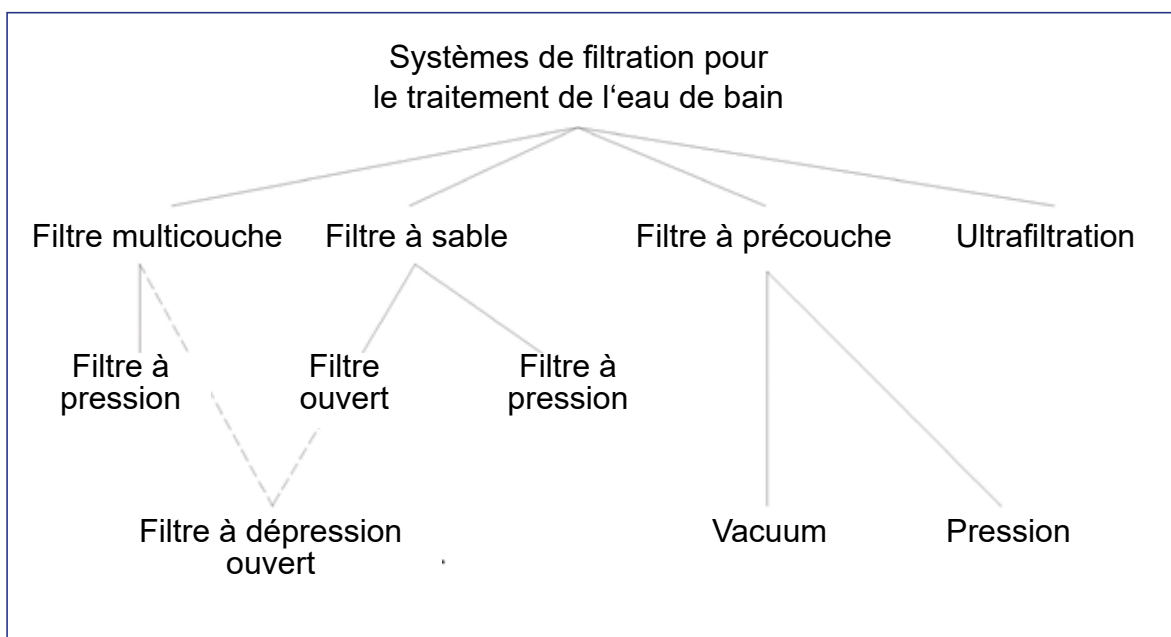
Le procédé de traitement „filtration“ est la plus ancienne méthode de purification de l'eau. La filtration classique - le modèle est la nature avec un effet de nettoyage de l'eau souterraine lors du passage à travers les couches du sol (limon, sable, gravier) est essentiellement l'élimination des composants particuliers, tels que les matières en suspension et les matières flottantes avec une taille de particules  $> 1 \mu\text{m}$  (micromètre).

Grâce à la filtration par floculation, les substances finement dispersées ainsi que les composés organiques dissous de manière colloïdale avec une taille de particules nettement  $< 1 \mu\text{m}$  peuvent être transformés en substances filtrables lors du traitement des eaux de baignade et de natation par l'étape de traitement „floculation“. Parallèlement, parmi les substances réellement dissoutes, le phosphate peut être presque entièrement éliminé de l'eau brute par la formation de composés insolubles, par exemple le phosphate d'aluminium.

Lors de l'élimination de substances dissoutes, telles que le chlore lié ou les trihalométhanes (THM), au moyen d'une filtration par floculation, ce procédé atteint ses limites en cas de charges élevées. Une réduction significative de ces substances dans l'eau de baignade et de bassin n'est possible que par adsorption sur du charbon actif.

### 4.3.4.1 Aperçu

Le graphique ci-dessous donne un aperçu des systèmes de filtration disponibles sur le marché.





## 4.3.4.2 Filtration sous pression

La filtration sous pression utilise des cuves de filtration fermées et étanches par rapport à l'environnement, qui peuvent être équipées de garnitures de filtre à sable uniquement ou de garnitures de filtre multicouches (garnitures combinées de sable et de charbon activé). Selon la norme SIA, les vitesses de filtration sont au maximum de 30 m/h pour l'eau douce et de 20 m/h pour les installations de saumure. Les vitesses de l'eau de rinçage sont de 50 à 60 m/h en fonction du matériau filtrant. La construction et le mode de fonctionnement sont régis par la norme SIA 385/9 : 2011.

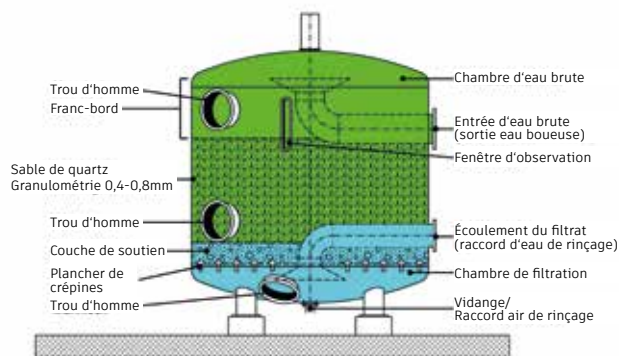


Illustration 9 : Filtre monocouche comme filtre sous pression

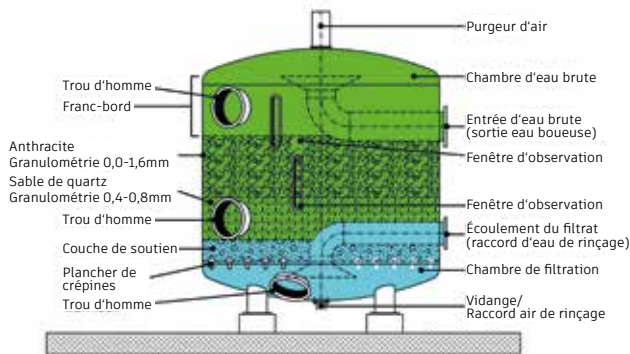


Illustration 10 : Filtre multicouche sous pression

### 4.3.4.3 Filtration ouverte/ en dépression

Les installations de filtration ouvertes sont connues depuis longtemps. Les installations de filtres à dépression en plastique représentent un développement de cette combinaison de procédés et sont proposées par différents fabricants.

Ils sont disponibles sous forme de filtres à une ou plusieurs couches, le remplissage des filtres étant analogue à celui des installations de filtration sous pression.

Contrairement aux filtres sous pression, où seules des pompes à eau brute sont nécessaires en amont des filtres, les installations de filtres à dépression requièrent généralement des pompes à eau brute qui acheminent l'eau du bassin de compensation vers le filtre et des pompes à filtrat qui „aspirent“ l'eau à travers le filtre (dépression) et l'acheminent vers les bassins.

La construction et les consignes d'exploitation correspondent aux installations de filtration sous pression et sont également régies par la norme SIA 385/9 : 2011..

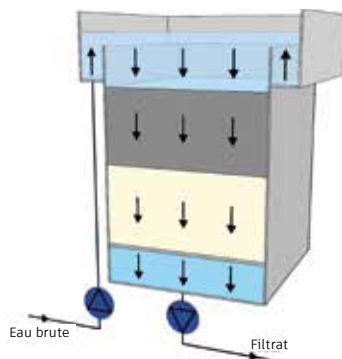


Illustration 11: Filtre d'aspiration à dépression

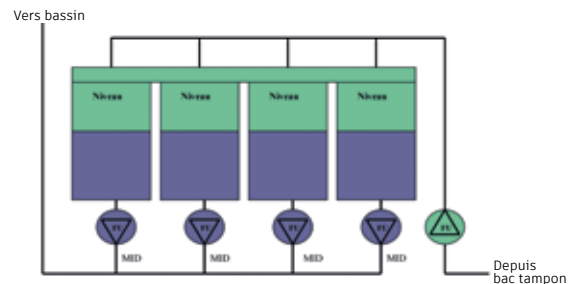


Illustration 12: Filtre à dépression modulaire

### 4.3.4.4 Filtration à précouche

Dans la technique de filtration par alluvionnage, l'adjuvant de filtration, la terre à diatomées, est déposé sur une plaque filtrante par alluvionnage de base. Le matériau de filtration (diatomées et charbon actif en poudre) sert de gâteau de filtration sur des plaques filtrantes spéciales.

Les substances particulaires et colloïdales sont séparées par la structure fine du matériau filtrant. Pour optimiser le fonctionnement, de la terre à diatomées est ajoutée en continu.

Pour la construction des filtres, on utilise des filtres fermés à précouche sous pression ou des filtres ouverts à précouche sous vide, de manière analogue à la filtration sous pression ou à la filtration sous vide.

La vitesse de filtration au niveau des plaques filtrantes est de 6 m/h maximum, conformément à la norme SIA 385/9 : 2011. Malgré cette faible vitesse de filtration et les surfaces de filtration relativement importantes, ces systèmes de filtration permettent de couvrir de grands volumes de circulation avec des besoins techniques réduits.

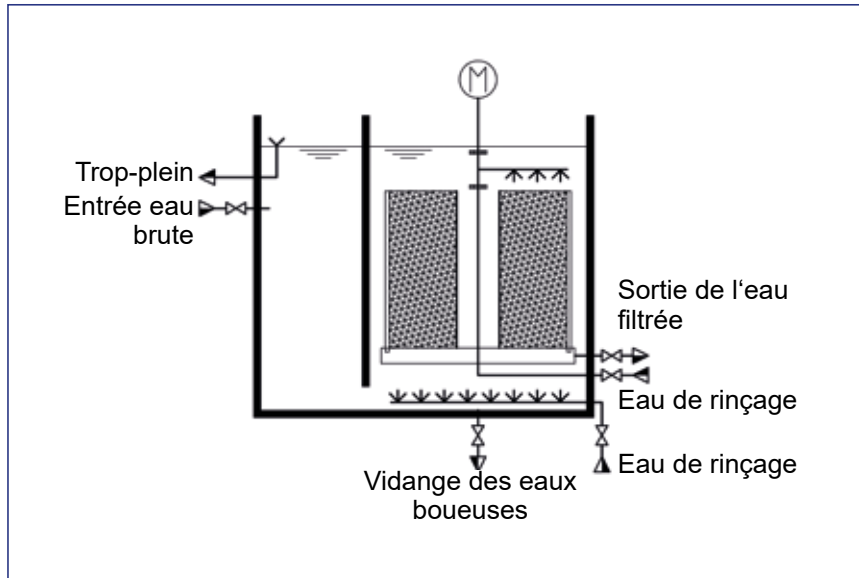


Illustration 13 : Filtre à précouche sous vide

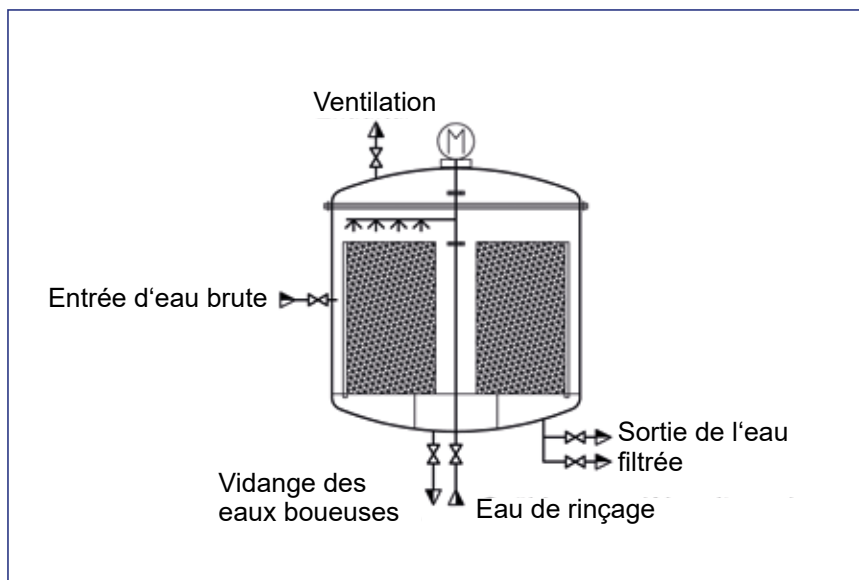


Illustration 14 : Filtre à précouche sous pression



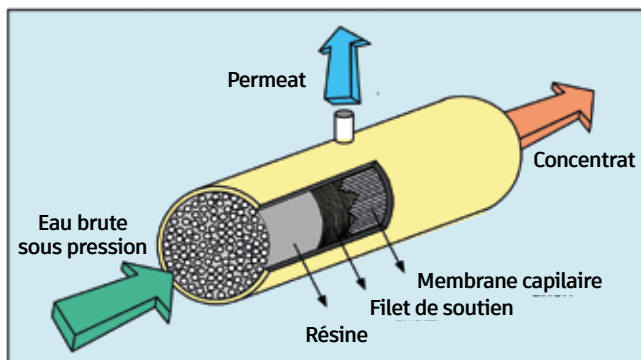
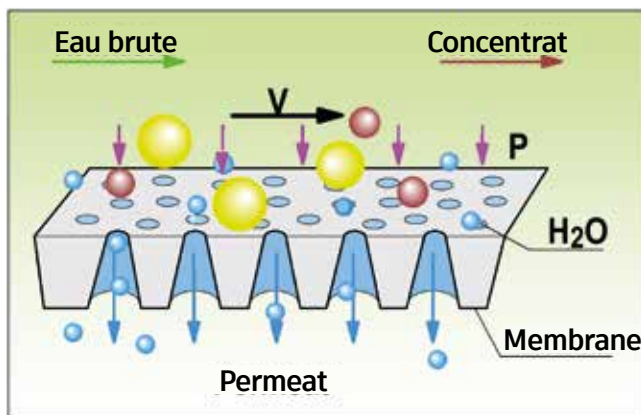
### 4.3.4.5 Ultrafiltration

Les installations d'ultrafiltration représentent les derniers développements dans le domaine du traitement de l'eau de baignade.

Les installations d'ultrafiltration sont des filtres basés sur un procédé de séparation purement mécanique. Les installations d'ultrafiltration se distinguent par le fait qu'elles retiennent même les virus et les bactéries de manière sûre et qu'il ne faut pas s'attendre à des germes modulaires si l'installation est utilisée correctement. Le filtrat est exempt de particules et présente une qualité d'eau élevée.

Des flocculants sont ajoutés à l'eau brute afin de protéger les membranes et de précipiter les composants solubles. Actuellement, seules des membranes en plastique résistant au chlore sont utilisées. Le rinçage se fait automatiquement, en partie pendant la baignade.

Il convient de noter que l'hydraulique des bassins doit faire l'objet d'une attention plus grande que pour les autres procédés en raison des faibles volumes de circulation, afin de garantir l'évacuation des saletés des bassins. La très faible quantité d'eau de rinçage par cycle de rinçage constitue un grand avantage, ce qui permet de disposer de petites réserves d'eau de rinçage et, le cas échéant, d'eau boueuse.



## 4.3.5 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation d'une installation de traitement des eaux de baignade se composent essentiellement des éléments suivants :

- Électricité
- Eau
- Chaleur
- Consommables
- Maintenance/entretien

### 4.3.5.1 Électricité

Il existe des consommations d'électricité spécifiques pour chaque technique d'installation calculées sur la base de valeurs empiriques. Celles-ci ont toutefois une certaine marge de fluctuation, car chaque installation possède des paramètres propres tels que l'altitude, les pertes dans les conduites, les systèmes d'entrée, etc. qui influencent la consommation spécifique d'électricité.

On peut se baser sur les consommations spécifiques suivantes pour les différents systèmes de filtration :

Consommation électrique	Filtre à pression	Filtres ouverts Filtre à dépression	Filtration par alluvionnage	Ultrafiltration
Puissance absorbée spécifique [W/m <sup>3</sup> ,h]	30-100	30-80	Pression 30-90 Vide 35-80	60-200

Outre le type de filtre, de nombreux autres facteurs d'influence sont responsables de la consommation d'électricité. Les puissances absorbées spécifiques ne permettent pas de tirer des conclusions définitives pour une consommation absolue. L'utilisation de convertisseurs de fréquence fait partie de l'équipement standard, en particulier pour les nouvelles installations.

## 4.3.5.2 L'eau

Les substances qui ne peuvent pas être éliminées dans le circuit de traitement sont maintenues dans certaines limites par des apports quotidiens d'eau de remplissage. Pour que les paramètres selon la norme SIA 385/9 : 2011 tableau 1 soient respectés dans chaque bassin, l'eau du bassin doit être remplacée en continu ou 1 fois par jour par de l'eau de remplissage. Pour le renouvellement de l'eau, au moins 30 l/visiteur d'eau fraîche doivent être ajoutés aux bassins. Pour les bassins chauds à bulles, avec leur propre installation de traitement d'eau, le renouvellement de l'eau de remplissage est d'au moins 75 l/personne. Dans le cas de plusieurs installations de traitement, la quantité d'eau fraîche est répartie en fonction des charges.

La pratique montre toutefois que des valeurs plus élevées sont généralement nécessaires. La consommation d'eau spécifique des installations de traitement d'eau dépend de différents facteurs :

- Fréquentation
- Capacité de traitement
- Systèmes de filtration
- Désinfection
- Température de l'eau
- Entretien des installations

Selon le système de filtration choisi, la quantité d'eau nécessaire au rétrolavage des installations de filtration varie fortement. Souvent, le besoin effectif en eau fraîche est déterminé par le besoin en eau de rinçage prescrit.

### Besoin d'eau pour le rétrolavage des filtres

Selon le système de filtration, la quantité d'eau de rinçage des différents types de filtres varie.

#### **Filtre à lit fixe**

Selon le matériau filtrant, les vitesses de l'eau de rinçage varient entre 50 et 60 m/h. De même, les cycles de rinçage doivent être réglés en fonction de la charge effective ou des valeurs de l'eau.

L'eau de rinçage et le premier filtrat peuvent aujourd'hui être réutilisés grâce à des circuits appropriés.

Pour les filtres à lit fixe, l'eau de rinçage doit être chlorée et conservée dans un bassin d'eau de rinçage séparé.

#### **Filtre à précouche**

Les filtres à précouche ne nécessitent pas d'eau de rinçage à proprement parler. L'eau n'est nécessaire que pour le rinçage du matériau filtrant, le lavage et le remplissage de la cuve du filtre.

#### **Systèmes d'ultrafiltration**

Le rétrolavage des installations d'ultrafiltration est effectué toutes les 30 à 120 minutes selon un programme horaire ou la pression de travail définie. Les rétrolavages plus fréquents entraînent une consommation d'eau fraîche légèrement supérieure à celle des filtres à lit fixe.





Le tableau ci-dessous présente une comparaison des quantités spécifiques d'eau de rinçage par rapport au volume de circulation (valeurs indicatives approximatives). Les cycles de rétrolavage doivent être adaptés à la charge de l'eau du bassin et peuvent varier selon l'installation. Il faut également tenir compte du fait que le débit de recirculation varie en fonction de la combinaison des procédés ou du facteur de charge.

Type d'installation	Filtres à sable et multicouches	Filtre à sorption	Filtre à alluvionnage	Ultrafiltration
Vitesse de filtration	30 m/h	30 m/h	max. 6 m/h	150 l/m <sup>2</sup> ,h
Fréquence de rinçage sel. SIA 385/9	2.3 par semaine	2.3 par semaine	1.4 par semaine	Toutes les 30 - 120 min.
Besoin d'eau de rinçage par semaine par m <sup>3</sup> /h circulé	300-350 l/ m <sup>3</sup> /h, W	140-160 l/m <sup>3</sup> /h, W	30-150 l/m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /h, W	250-350 l/m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /h, W

### 4.3.5.3 Produits chimiques/consommables

La consommation de produits chimiques dépend fortement de facteurs externes tels que la composition de l'eau douce, le volume et le comportement des visiteurs ainsi que les autres conditions générales de la piscine. Une déclaration générale sur la consommation de produits chimiques n'est donc pas pertinente.

L'ajout de chlore dépend fortement du type de procédé de filtration, de la charge du bassin ou encore de l'ensoleillement.

Il est encore plus difficile de quantifier les produits chimiques destinés à corriger le pH. L'ajout dépend de la composition de l'eau de remplissage et des propriétés qui en résultent, comme le pH et la dureté carbonatée. De même, le type de désinfectant influence fortement la correction du pH. Il convient de tenir compte des interactions correspondantes.

Les adjuvants de filtration des installations de traitement des eaux de baignade peuvent toutefois être chiffrés plus précisément. Les filtres à lit fixe ainsi que les installations d'ultrafiltration ont besoin d'un floculant pour que les substances dissoutes de manière colloïdale puissent être retenues dans le filtre. Les floculants sont généralement ajoutés à l'eau brute à une concentration d'environ 1 ml/m<sup>3</sup>. L'ajout de charbon actif en poudre sur un filtre à lit fixe est d'environ 1 à 3 g/m<sup>3</sup>. L'évacuation du charbon actif sur les filtres multicouches représente environ 10 à 15 % du charbon par an et doit être complétée en conséquence.

Pour réduire les sous-produits de désinfection, on ajoute aux installations de filtres à précouche avec diatomée de la poudre de charbon actif pour l'alluvionnage de base et en permanence pour l'alluvionnage secondaire. L'apport de base est de 0,5 kg/m<sup>2</sup> de surface filtrante. Dans le cas d'une alluvion de base avec du charbon actif, elle est de 0,6 kg de terre de diatomées et de charbon actif (rapport 6:1) par m<sup>2</sup> de surface filtrante. Pour le dosage secondaire, 5 à 10 g de charbon actif par baigneur sont appliqués en continu sur la surface filtrante.



### 4.3.5.4 Chaleur

Il convient de faire la distinction entre le chauffage initial et le chauffage permanent. Les deux puissances de chauffage doivent être déterminées pour le dimensionnement des échangeurs, des conduites et de la régulation ainsi que pour la consommation d'énergie et les coûts énergétiques annuels.

#### Besoin de chaleur en fonctionnement continu

Pour déterminer les besoins en chaleur pour un fonctionnement continu, il faut tenir compte des facteurs suivants :

- Perte de chaleur par évaporation
- Gain de chaleur à partir de l'air plus chaud de la halle
- Perte de chaleur par transmission (parois et fond du bassin)
- Besoin de chaleur pour l'apport d'eau fraîche

L'évaporation est un facteur important de la demande de chaleur. La chaleur d'évaporation est l'énergie nécessaire à l'expulsion des molécules de vapeur d'eau présentes dans l'air. Cette quantité de chaleur provient de l'eau du bassin et de l'air.

En mode de repos, l'évaporation est considérablement réduite, car la surface du bassin est immobile et forme une couche froide à la surface, ce qui ralentit fortement l'évaporation. En mode bain, la surface de l'eau est augmentée de 20 à 30% par la forme des vagues et la surface totale d'évaporation est augmentée par les éclaboussures d'eau sur les plages. Des études ont montré que les besoins en chaleur au repos sont inférieurs de 75 à 80 % à la valeur obtenue en mode bain.

Calcul des différents facteurs pour un bassin de natation :

Température de l'eau du bassin	28 °C
Température de l'air	30 °C
Humidité absolue x	14,3 g/kg
Humidité relative φ	51 %

#### Perte de chaleur par évaporation (chaleur latente) pour la piscine couverte

L'équation de Dalton s'applique à l'évaporation :

$$m_v = \varepsilon x A x (p_s - p_D) \text{ [g/h]}$$

$m_v$	= Quantité d'évaporation [g/h]
	= valeur empirique d'évaporation totale [g/m <sup>2</sup> h mbar]
$\varepsilon$	<b>selon SICC 2004-1</b>
	Fonctionnement normal $\varepsilon \approx 20$
	surface au repos $\varepsilon \approx 5$
A	= Surface du bassin [m <sup>2</sup> ]
$p_s$	= Pression de vapeur à la température de l'eau du bassin [mbar]
$p_D$	= Pression partielle de la vapeur d'eau de l'air ambiant [mbar]



## 4.4 Pompes de circulation

Les pompes sont au cœur de l'installation de traitement d'eau des piscines, des installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire. Si elles tombent en panne, c'est toute l'exploitation de la piscine couverte qui doit être arrêtée au bout de très peu de temps. C'est pourquoi les pompes occupent une place de choix dans le fonctionnement et l'entretien, ce qui implique que leurs types et leurs modes de fonctionnement doivent être connus du personnel des piscines.

### 4.4.1 Types de pompes

Les pompes peuvent être conçues de différentes manières. Les constructions et les modes de fonctionnement sont adaptés à l'utilisation et dépendent des lois physiques.

#### 4.4.1.1 Pompes centrifuges

Pompe centrifuge non auto-amorçante

Une roue à plusieurs pales torsadées transporte l'eau dans un corps de pompe généralement en forme de spirale grâce à l'action des forces centrifuges. Il en résulte un refoulement ciblé de la tubulure d'aspiration vers la tubulure de refoulement de la pompe.

Les groupes monoblocs possèdent un arbre moteur continu qui permet de loger la roue de la pompe. Ils se caractérisent par un fonctionnement silencieux, une grande rentabilité et un entretien réduit. Comme l'aspiration nécessite toujours des forces centrifuges, la colonne d'eau ne doit pas se rompre.

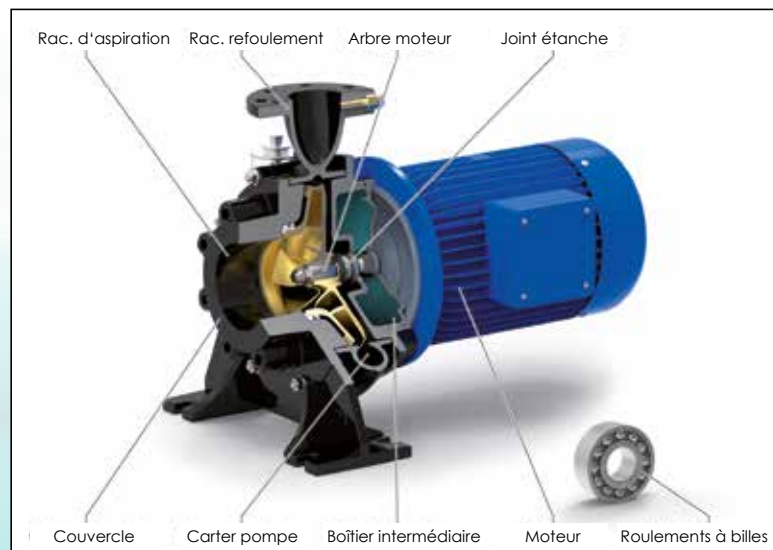


Illustration 15 : Pompe centrifuge



## 4.4.1.2 Pompes de circulation, d'alimentation

Le nombre et la puissance (taille) des pompes dépendent de l'importance du débit et de la pression requise. Seules des pompes centrifuges non auto-amorçantes avec des moteurs à courant alternatif sont utilisées ici.

L'étanchéité de l'arbre est assurée par une garniture mécanique. Il est recommandé de ventiler l'espace de la pompe au moyen d'un robinet à boisseau sphérique. Le choix des matériaux doit se faire en fonction des influences corrosives. Les pompes doivent avoir une courbe caractéristique stable et aussi raide que possible au point de fonctionnement.

Cela garantit un débit régulier en fonctionnement parallèle et en cas de modification de la résistance du filtre. Pour des raisons d'exploitation, il est recommandé d'utiliser pour la circulation de l'eau du bassin des groupes de pompes comprenant au moins deux pompes fonctionnant en parallèle (redondance) et une pompe de réserve.

En cas d'utilisation de filtres ouverts, deux groupes de pompes fonctionnant indépendamment l'un de l'autre sont généralement nécessaires ; l'un pour le refoulement vers le filtre, l'autre pour le refoulement du filtrat et de l'eau pure vers le bassin.

Chaque pompe ou groupe de pompes doit être équipé de robinets d'arrêt et de manomètres à l'aspiration et au refoulement, ainsi que d'un clapet anti-retour à amortissement.

Les grosses impuretés ne doivent pas parvenir à la pompe et au filtre. Pour les protéger, des préfiltres à tamis sont installés dans la conduite d'aspiration ou directement dans le corps de la pompe. Les préfiltres doivent être nettoyés environ une fois par semaine. Des compteurs d'heures de fonctionnement sont recommandés pour enregistrer et contrôler la consommation d'énergie.

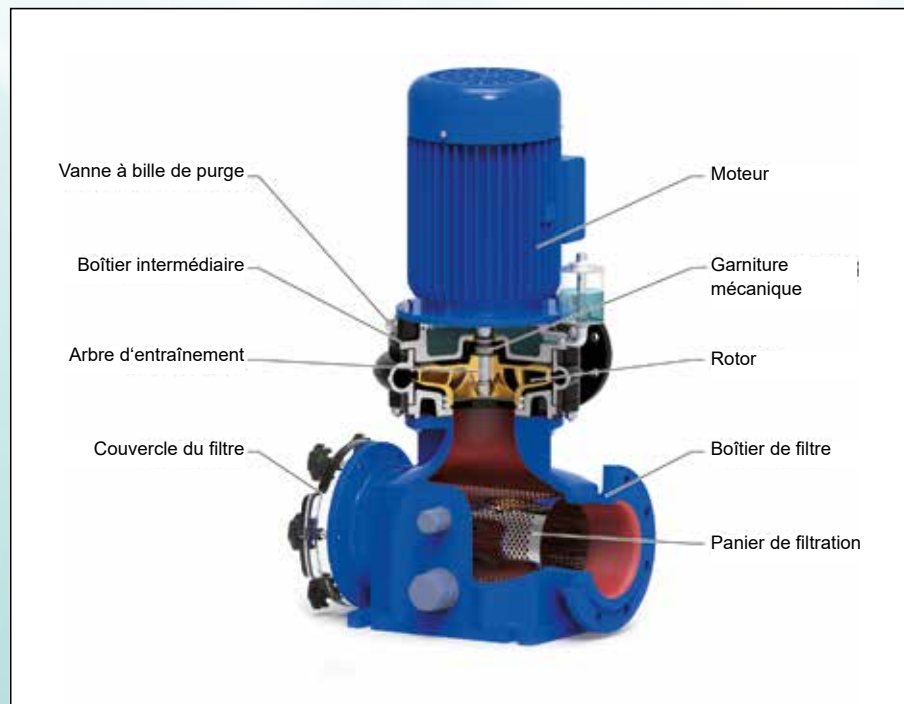


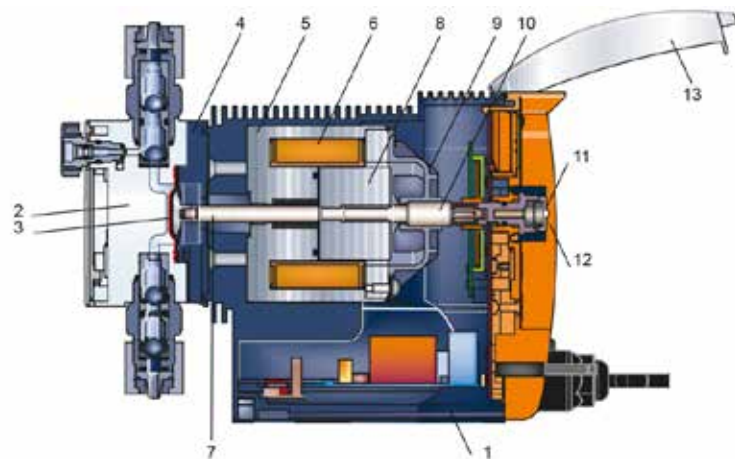
Illustration 16 : Pompe de circulation



### 4.4.1.3 Pompes à membrane

Dans le secteur des piscines, les pompes de dosage sont utilisées pour le dosage des préparations à base de chlore, de floculants et de stabilisateurs de pH. Ce sont en particulier des pompes à membrane qui se distinguent par leur longue durée de vie et leur grande résistance à la corrosion.

La pièce utilisée pour créer la pression est la seule pièce mobile de l'entraînement magnétique. Elle est montée dans des douilles en PTFE pratiquement sans usure. Un entraînement magnétique peut donc être qualifié de „sans entretien“.



Légende :	1 Carter	7 Axe magnétique
	2 Tête de dosage	8 Pièce de pression
	3 Membrane de dosage	9 Couvercle amovible
	4 Rondelle	10 Boulon de réglage
	5 Boîtier de bobine	11 Axe de réglage
	6 Bobine magnétique	12 Bouton de réglage
		13 Capot transparent, ouvert

Illustration 17 : Pompe à membrane

### 4.4.2 Système

La consommation électrique des moteurs qui entraînent les pompes dépend en premier lieu de la résistance du fluide dans les canalisations. Lors de la disposition spatiale des bassins, des locaux et des groupes, il faut veiller à ce que les hauteurs géodésiques de refoulement soient faibles et les trajets courts. La perte de charge ou le frottement de l'eau dans les tuyaux sont notamment fortement influencés par la vitesse d'écoulement. La résistance augmente avec le carré de la vitesse d'écoulement. Les tuyaux de grande section réduisent la vitesse d'écoulement et, par conséquent, le besoin en électricité. Pour des raisons économiques, les dimensions des tuyaux sont toutefois limitées. En règle générale, la vitesse d'écoulement ne doit pas dépasser 2 [m/s].

Des moteurs à haut rendement énergétique, adaptés aux conditions générales de l'unité mécanique, font partie de cette conception économe en énergie de l'ensemble du système. Dans le cadres des piscines, le fonctionnement à charge partielle offre un énorme potentiel de réduction de l'énergie électrique.



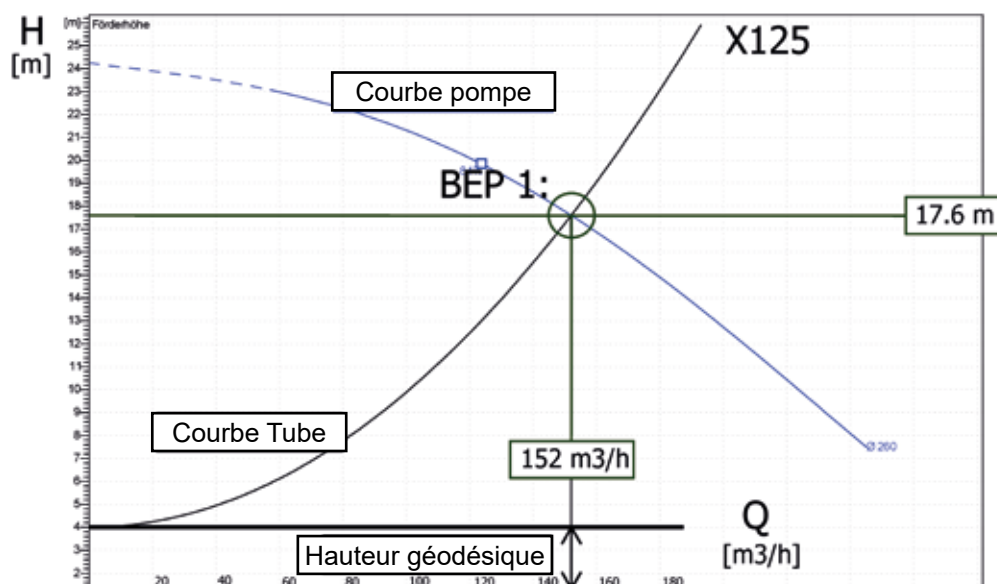
## 4.4.3 Remarques concernant la sélection

### 4.4.3.1 Dimensionnement de la pompe

Outre le choix du type de pompe, le point de fonctionnement de la pompe est important pour son dimensionnement (puissance connectée). Il se situe à l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et de celle de la tuyauterie. Si la pompe est correctement choisie, le point de fonctionnement se situe à proximité du débit déterminé.

La consommation électrique des moteurs qui entraînent les pompes dépend en premier lieu de la résistance du fluide dans la tuyauterie. Lors de la disposition des bassins, des locaux et des groupes, il faut veiller à ce que les hauteurs géodésiques de refoulement soient faibles et les distances courtes. La perte de charge ou le frottement de l'eau dans les tuyaux sont notamment fortement influencés par la vitesse d'écoulement. La résistance augmente avec le carré de la vitesse d'écoulement. Les tuyaux de grandes sections réduisent la vitesse d'écoulement et, par conséquent, le besoin en électricité. Pour des raisons économiques, les dimensions des tuyaux sont toutefois limitées. En règle générale, la vitesse d'écoulement ne doit pas dépasser 2 m/s. Les moteurs à haut rendement énergétique, adaptés aux conditions générales de l'unité mécanique, font partie de cette conception économe en énergie de l'ensemble du système. Le potentiel d'économie d'énergie du système global est nettement plus important que celui des seuls moteurs efficaces. Dans les piscines, les fonctionnements à charge partielle offrent un énorme potentiel de réduction de l'énergie d'entraînement électrique. La puissance d'entraînement diminue à la puissance 3 du débit volumétrique.

La courbe caractéristique de la tuyauterie décrit l'énergie nécessaire pour transporter le débit volumétrique à travers toute l'installation. Elle dépend du débit, des résistances à l'écoulement et de la hauteur entre la pompe et le niveau d'eau du bassin. Cette hauteur et toutes les résistances (y compris les pertes de charge) sont converties en une hauteur de refoulement théorique  $H$  (en bar ou en mWS).

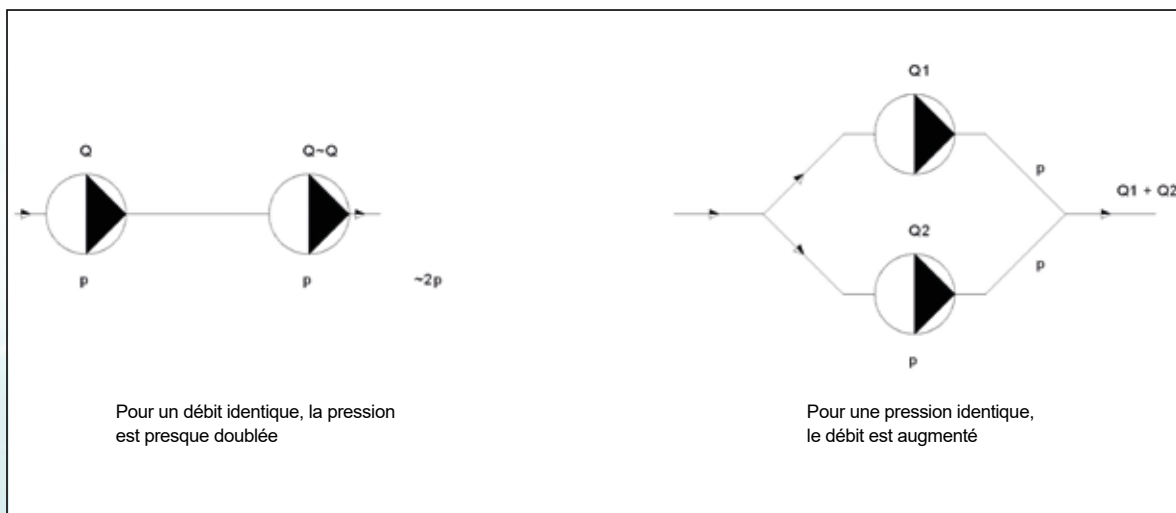




La **courbe caractéristique** de la pompe reflète l'énergie de refoulement du type de pompe. Elle est déterminée par la puissance absorbée, le rendement, la vitesse de rotation, la forme de la roue et les modifications hydrauliques dans la pompe à différents états de fonctionnement. Pour que le débit ne diminue que faiblement lorsque le filtre est en charge, la courbe caractéristique de la pompe doit être aussi raide que possible au point de fonctionnement.

### 4.4.3.2 Fonctionnement des groupes de pompes

Comme les débits des piscines peuvent atteindre 1'000 m<sup>3</sup>/h et plus, il est fréquent que des pompes de circulation fonctionnent en parallèle, leurs débits individuels étant généralement < 400 m<sup>3</sup>/h. Le débit total est toutefois inférieur à la somme des débits individuels. La raison en est l'augmentation des résistances due à l'augmentation de la vitesse d'écoulement (voir détermination du point de fonctionnement). Les types de pompes doivent être adaptés les uns aux autres ; ils sont mis en service les uns après les autres. Un fonctionnement économique des pompes est possible grâce au réglage de la fréquence (adaptation de la vitesse). Il peut en résulter de fortes économies, notamment pour les différentes charges de filtration et le fonctionnement à charge partielle.





### Variateur de fréquence (FU)

Afin d'obtenir un fonctionnement optimal de la pompe dans des conditions de refoulement différentes, on utilise actuellement des **convertisseurs de fréquence pour économiser l'énergie**. La régulation de la vitesse de rotation permet d'optimiser la consommation d'énergie car chaque réduction de la vitesse de rotation de la pompe entraîne une réduction de la consommation à la puissance 3. L'adaptation des pompes au véritable point de fonctionnement qui s'établit sur place n'est plus un problème.

Des économies d'énergie significatives sont réalisées dans les conditions de fonctionnement suivantes :

- Stabilisation du débit requis en cas de fonctionnement du filtre
- Abaissement nocturne
- Optimisation du débit de l'eau de rinçage

Jusqu'à 30 kW, il est possible de monter directement le variateur de fréquence sur le moteur. On parle alors d'entraînement compact, qui ne nécessite pas de montage mural supplémentaire ni de pose de câbles blindés entre le variateur et le moteur de la pompe.

Les pompes fonctionnant en série (l'une derrière l'autre) augmentent la pression de refoulement. Cette disposition peut être utilisée pour le chauffage ou l'augmentation de la pression de l'eau. Grâce à une régulation de dérivation, qui peut être effectuée dans la pompe ou sous forme de conduite séparée, une partie du débit est renvoyée vers le côté aspiration. Le débit est réduit de cette partie,

## 4.4.3.3 Augmentation de la pression d'eau

Toutes les pompes d'un circuit de refoulement sont également des pompes de surpression. Dans les piscines, on utilise principalement des pompes de surpression pour faire fonctionner des injecteurs (p. ex. des installations de chlore gazeux) ou comme pompes à eau de chauffage. Pour atteindre la **pression requise d'au moins 3 bars** dans l'injecteur de chlore gazeux, des **pompes centrifuges à plusieurs étages** sont nécessaires.

## 4.4.3.4 Pompage des eaux usées (boueuses)

Dans les réservoirs d'eau boueuse, les stations de relevage des eaux usées et les puits de pompage, des pompes centrifuges non auto-amorçantes sont utilisées comme pompes submersibles. Elles sont commandées par des mesures de niveau (mesure capacitive, électrodes ou poires de commutation au mercure). Les clapets de pied et les clapets anti-retour doivent être évités dans la mesure du possible. Les clapets d'arrêt annulaires pneumatiques à commande forcée ont fait leurs preuves à cet égard. Une protection contre la marche à sec et l'inondation avec alarme est nécessaire.



## 4.4.4 Mentions légales

Au cours des dernières années, l'UE a progressivement introduit trois nouvelles directives visant à augmenter l'efficacité des moteurs normalisés, des pompes et des circulateurs à rotor noyé et des pompes de circulation. L'une prescrit une augmentation de l'efficacité des moteurs normalisés (IE1-IE4), l'autre veille à ce que seules les pompes présentant un indice d'efficacité minimal (MEI) soient vendues et la troisième veille à ce que les circulateurs à rotor noyé ne dépassent pas un certain indice d'efficacité énergétique (EEI). Toutes ces mesures visent à réduire la consommation d'énergie en améliorant l'efficacité des appareils.

La Suisse est membre du CEN (Comité Européen de Normalisation) et reprend donc automatiquement les normes de l'Union européenne.

### 4.4.4.1 Classes d'efficacité IE des moteurs

La Commission électrotechnique internationale a défini quatre classes d'efficacité IE (IE = international efficiency) pour les moteurs triphasés. Il s'agit des classes IE1 (rendement standard), IE2 (rendement supérieur), IE3 (rendement premium) et IE4 (rendement super premium).

Depuis le 1er janvier 2015, la norme IE3 s'applique déjà aux moteurs normalisés à partir de 7,5 kW ou on utilise un moteur IE2 avec un convertisseur de fréquence. Depuis le 1.1.2017, le champ des moteurs qui doivent satisfaire à IE3 a été élargi vers le bas. Les moteurs à partir de 0,75 kW doivent désormais présenter une classe d'efficacité IE3 ou correspondre à IE2 avec convertisseur de fréquence.

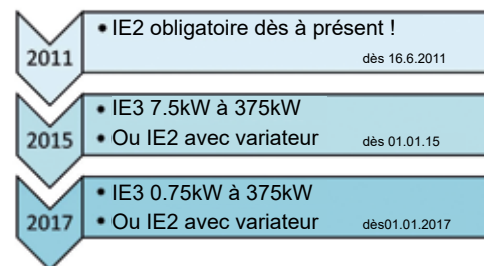
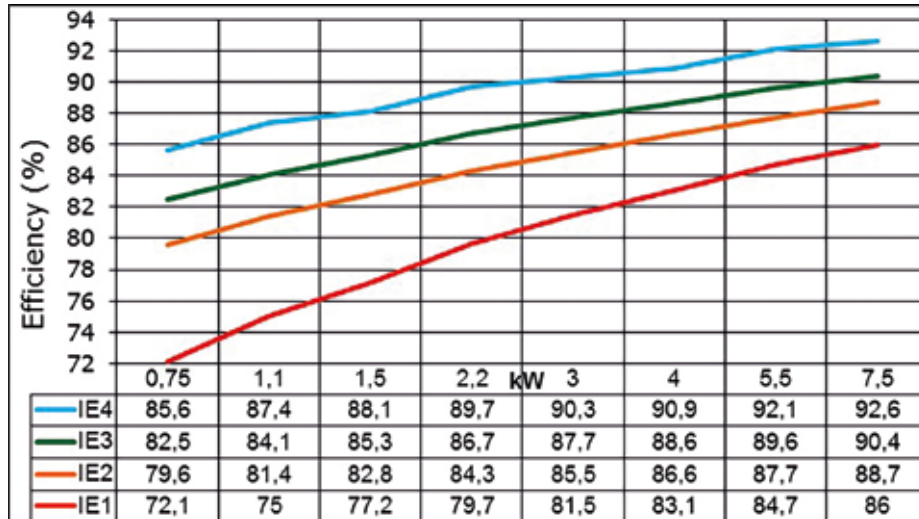


Illustration 18

En résumé, on peut dire que les moteurs normalisés actuels sont conçus de manière efficace. L'utilisation de convertisseurs de fréquence est judicieuse pour les moteurs de grande taille. Pour une efficacité énergétique optimale, le système doit toutefois être considéré dans son ensemble lors de la planification et le fonctionnement doit être optimisé en permanence.



#### 4.4.4.2 MEI et pompes à eau

Les exigences relatives à la conception des pompes centrifuges destinées au pompage d'eau propre (pompes à eau) sont définies par l'indice d'efficacité minimum (MEI). L'indice MEI se calcule à partir de trois points sur la courbe caractéristique de la pompe : le point de fonctionnement optimal avec la meilleure efficacité, le point de charge partielle et le point de surcharge.

Depuis le 1.1.2015, un MEI > 0,4 est exigé pour les pompes à eau à partir de la date de mise sur le marché.

Le MEI à indiquer se réfère à la vitesse de rotation de 1'450 tours par minute.

#### 4.4.4.3 EEI et pompes de circulation

L'indice d'efficacité énergétique (IEE) se rapporte à l'efficacité des circulateurs à rotor noyé et est indiqué sur les plaques signalétiques des pompes concernées.

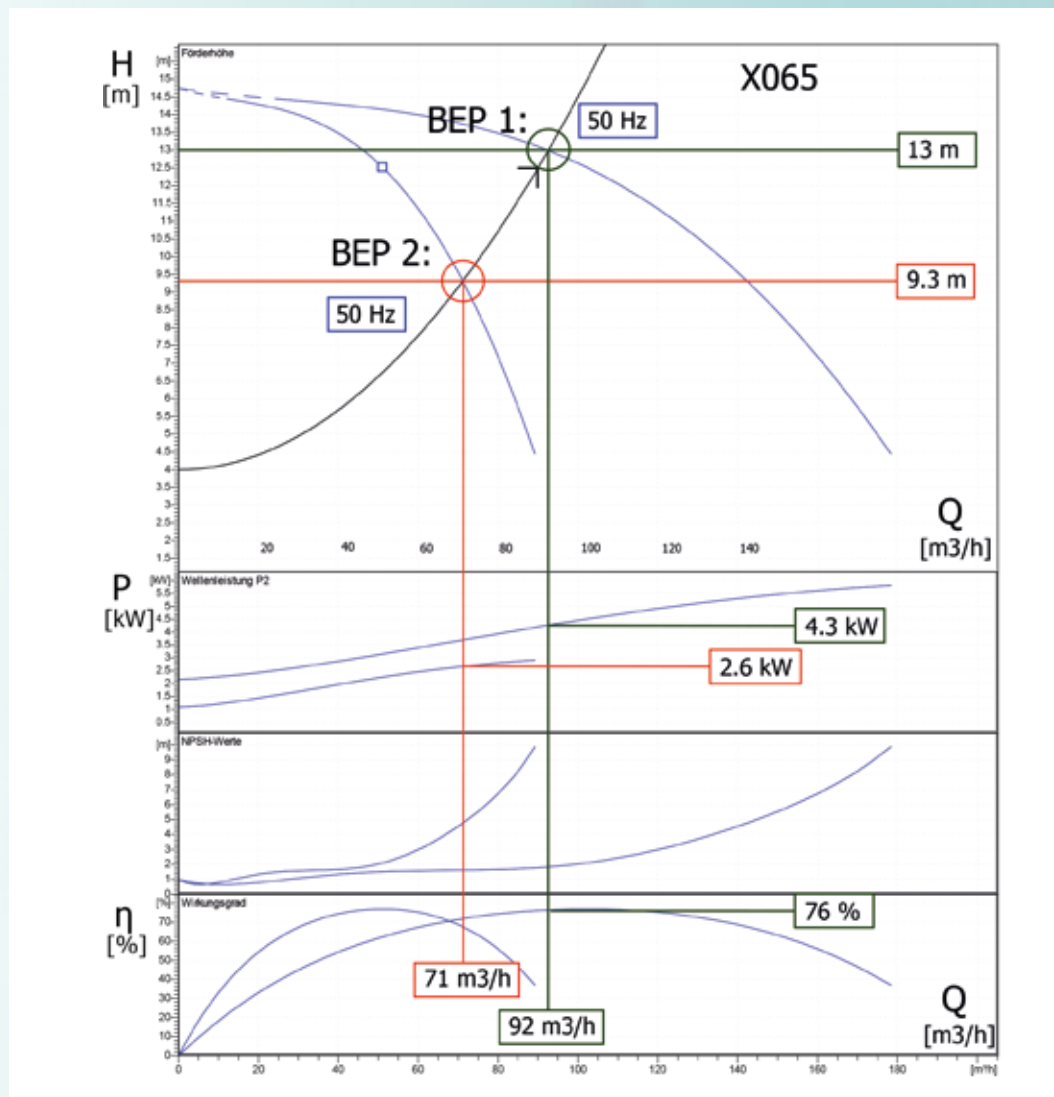
Depuis le 1er août 2015, l'indice d'efficacité énergétique (IEE) des circulateurs à rotor noyé ne doit pas dépasser une valeur de 0,23.

#### 4.4.5 Remarques sur l'exploitation

Deux types de réduction de débit sont présentés ci-dessous.

- Arrêt d'une pompe dans le cas de pompes doubles
- Utilisation de convertisseurs de fréquence

### 4.4.5.1 Arrêt de pompes



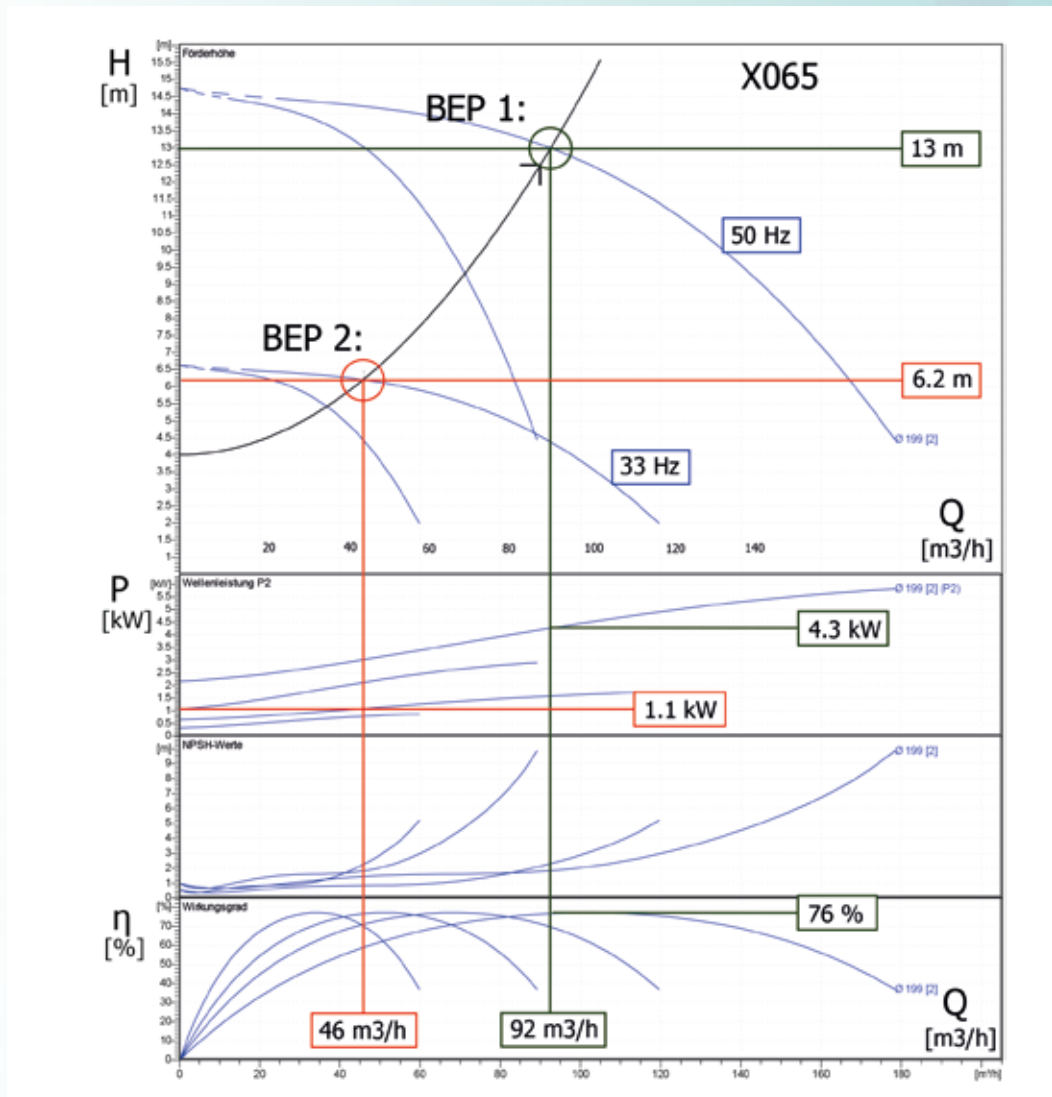
Courbe de pompe :  
UNIBAD 65-243/0304X

Point de sélection 1 :  
Utilisation en parallèle (étranglée) pour le dimensionnement  $Q = 92 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 13 \text{ m}$

Point de sélection 2 :  
Abaissement nocturne par arrêt d'une pompe  
 $P_{\text{dif}} = 1,7 \text{ kW}$   
Économie nocturne  $\sim 40 \%$



#### 4.4.5.2 Utilisation de variateurs de fréquence



Courbe de pompe :  
UNIBAD 65-243/0304X

Point de sélection 1 :  
Utilisation en parallèle (régulation de fréquence)  $Q = 92 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 13 \text{ m}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$

Point de sélection 2 :  
Abaissement nocturne par réduction de moitié du débit de circulation au moyen d'un convertisseur de fréquence :  
 $Q = 46 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 6,2 \text{ m}$ ,  $f = 33 \text{ Hz}$   
 $P_{\text{diff}} = 3,2 \text{ kW}$   
Économie nocturne  $\sim 75 \%$

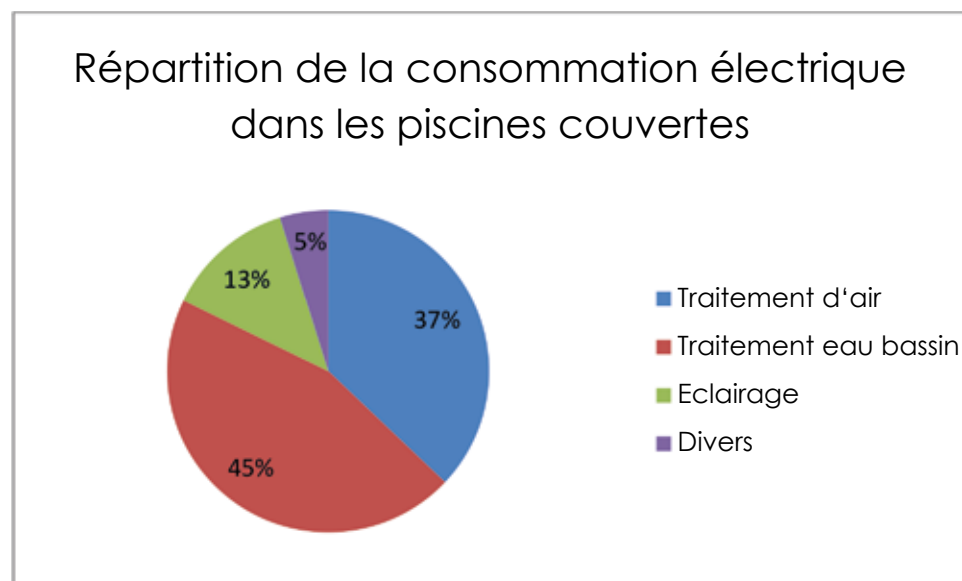


## 4.5 Ventilation

Voir la source : [www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch) | Téléchargements : Fiche d'information 24

### 4.5.1 Introduction

L'installation de ventilation est, avec l'installation de traitement d'eau, l'un des équipements techniques les plus importants des piscines couvertes. L'installation de ventilation permet de maintenir une température et une humidité constantes dans la halle de la piscine afin d'éviter tout dommage au bâtiment et de garantir un climat intérieur confortable pour les baigneurs. Avec l'installation de traitement d'eau, les installations de ventilation sont les plus gros consommateurs d'électricité dans les piscines couvertes. Le graphique suivant montre la part approximative en pourcentage.



### 4.5.2 Un transport de l'air efficient

pour réduire la consommation d'électricité dans les installations de ventilation, il faut assurer un transport efficient de l'air. Pour atteindre cet objectif, il faut avant tout tenir compte des aspects suivants :

1. débit d'air minimal
2. perte de charge minimale
3. débit d'air variable
4. ventilateur/moteur de ventilateur efficient



### 4.5.2.1 Débit d'air minimal

La conception du débit d'air nécessaire doit être effectuée sur la base des normes/directives applicables. La directive SICC 2004-1 : „Installations aérauliques dans les piscines couvertes“ s'applique en particulier. Afin de pouvoir calculer correctement le volume d'air nécessaire dans les piscines couvertes actuelles, il est nécessaire d'effectuer le calcul de l'évaporation pour chaque bassin. Les caractéristiques spécifiques de chaque bassin, telles que la température de l'eau, les bords du bassin et les attractions, doivent être prises en compte.

### 4.5.2.2 Perte de charge minimale

Dès la première phase de planification, les jalons sont posés pour une perte de pression minimale. L'emplacement des centrales de ventilation et des gaines doit être déterminé de manière à ce qu'un réseau de gaines court puisse être réalisé.

Les vitesses d'air maximales selon la norme SIA 382/1 doivent être respectées dans le monobloc ainsi que dans les gaines de ventilation déterminantes.

Dans la mesure du possible, il convient d'utiliser des canaux de ventilation ronds, car ils présentent de plus faibles pertes de charge que les canaux rectangulaires (un canal rectangulaire avec un rapport d'aspect de 1:5 présente une perte de charge d'environ 50 % plus élevée qu'un canal rond). Si des canaux rectangulaires doivent malgré tout être utilisés, les vitesses de l'air doivent être réduites en conséquence. Ces critères ne peuvent être respectés que si l'ingénieur en ventilation dispose de suffisamment de place dans les colonnes montantes et les plafonds suspendus. L'espace nécessaire doit donc être annoncé suffisamment tôt à l'architecte. Lors de l'exploitation des installations, un nettoyage régulier des gaines doit être effectué conformément à la directive SICC VA104-01. La perte de charge augmente au fil des ans en raison des impuretés dans le réseau de gaines.

### 4.5.2.3 Débit d'air variable

En principe, le débit nécessaire dépend du nombre de personnes présentes. C'est également le cas dans les piscines couvertes. Là aussi, l'évaporation est influencée en premier lieu par l'activité des baigneurs. Comme le nombre de personnes présentes varie fortement au cours de la journée, les installations de ventilation doivent également pouvoir réagir à ces différentes exigences. C'est pourquoi des capteurs de CO<sub>2</sub> doivent être installés dans le hall d'entrée, le restaurant et les vestiaires, en fonction desquels le débit d'air peut être réglé. Lorsque les installations ne sont pas utilisées (la nuit), elles doivent être désactivées. Il faut également tenir compte des heures de nettoyage. Dans les piscines couvertes, le débit variable est déterminé d'une part par la charge d'humidité et d'autre part par la charge thermique. Selon le système d'introduction d'air, il faut veiller à ne pas descendre en dessous des volumes d'air minimaux (risque de condensation sur les fenêtres).



## 4.5.2.4 Unité ventilateur/moteur efficient

### Type de construction

Dans la technique de ventilation, on utilise surtout des ventilateurs radiaux ou axiaux. Pour des raisons énergétiques, il faut choisir des ventilateurs radiaux avec des pales courbées vers l'arrière. On utilise aussi souvent ce qu'on appelle des ventilateurs libres, c'est-à-dire des ventilateurs radiaux.

### Moteur

Le ventilateur doit être entraîné par un moteur électrique. Pour les moteurs de la plage 0,75 kW - 375 kW, seule la classe d'efficacité IE3 ou la classe d'efficacité IE2 avec variateur de fréquence peut être utilisée (voir également le chapitre 3.5.3.1).

### Contrôle de la charge

Un débit variable est obtenu grâce à une commutation par paliers ou à l'utilisation d'un convertisseur de fréquence (FU). Le rendement d'un variateur de vitesse se situe entre 90 % (0,75 kW) et 98 % (22 kW). En cas de fonctionnement à charge partielle < 20 %, le rendement tombe en dessous de 70 %. L'utilisation d'un variateur de vitesse n'est donc judicieuse que si un débit variable peut être utilisé pendant une période prolongée.

En raison des champs électromagnétiques provoqués par les convertisseurs de fréquence, ceux-ci doivent être montés le plus près possible du moteur.

### Transmission

La puissance du moteur peut être transmise au ventilateur par un entraînement direct, une courroie plate ou une courroie trapézoïdale.

Le couplage direct de l'arbre du moteur et de l'arbre du ventilateur est sans perte et présente donc un rendement de 100 %. Il n'y a pas d'usure de la courroie, ce qui permet éventuellement de renoncer à un deuxième étage de filtration. Jusqu'à une puissance d'arbre d'environ 5 kW, il convient de choisir un entraînement direct.

Pour l'entraînement par courroie plate, le rendement se situe entre 97 % (1 kW) et 98 % (10 kW).

Les courroies plates nécessitent moins d'entretien et s'usent moins que les courroies trapézoïdales.

Les courroies trapézoïdales ont un rendement de 93 % (1 kW) à 96 % (10 kW). En charge partielle, le rendement peut toutefois chuter jusqu'à 85 %. En raison de l'abrasion, un deuxième niveau de filtration doit être installé après le ventilateur. Un remplacement fréquent de la courroie entraîne une augmentation de l'entretien.

Conclusion : pour les grandes puissances, il faut choisir des courroies plates, pour les petites puissances, il faut préférer un entraînement direct. Il faut renoncer à l'installation de courroies trapézoïdales.

### Rendements

Pour obtenir la meilleure efficacité énergétique possible, il faut viser des rendements élevés du ventilateur, de la transmission et du moteur. Des directives européennes s'appliquent au rendement global des ventilateurs. Elles définissent le rendement minimal des ventilateurs. La puissance électrique absorbée par le moteur d'entraînement au point optimal du ventilateur est déterminante.



Tableau : Meilleures valeurs pour les rendements des différents types de ventilateurs selon la directive européenne 327/ 2011.

Type de ventilateur	Dispositif de mesure*	Catégorie de rendement	Rendement selon la puissance	
			1 kW	10 kW
Ventilateur axial	A, C B, D	statique total	58.7% 68.7%	65% 75%
Ventilateur axial avec pales recourbées vers l'avant ou aubes à extrémités radiales	A, C B,D	statique total	55.7% 58.7%	62% 65%
Ventilateur axial avec pales recourbées vers l'arrière et carcasse	A, C	statique	59.5	70%
Ventilateur axial avec pales recourbées vers l'arrière et carcasse	A, C B,D	statique total	61.5% 64.5%	72% 75%
Ventilateur diagonal (mélange entre axial et radial)	A, C B,D	statique total	50.5% 54.5%	61% 65%
Ventilateur tengentiel	B, D	total	29.4%	32%

\*A: à aspiration libre, à soufflage libre  
 B : à aspiration libre, gainé côté soufflage  
 C : gainé à l'aspiration, à soufflage libre  
 D : gainé à l'aspiration, gainé côté soufflage



### Puissance spécifique des ventilateurs

La puissance spécifique du ventilateur (SFP) quantifie la puissance électrique nécessaire à un ventilateur pour transporter un certain débit d'air et permet une évaluation combinée des rendements et des pertes de charge.

Tableau 1 : Classification de la puissance spécifique des ventilateurs

Catégorie	$P_{SFP}$ W par $m^3/s$	$P_{SFP}$ W par $m^3/h$
SFP 1+ *	$\leq 300$	$\leq 0,083$
SFP 1	$> 300$ à $500$	$> 0,083$ à $0,14$
SFP 2	$> 500$ à $750$	$> 0,14$ à $0,21$
SFP 3	$> 750$ à $1250$	$> 0,21$ à $0,35$
SFP 4	$> 1250$ à $2000$	$> 0,35$ à $0,56$
SFP 5 **	$> 2000$ à $3000$	$> 0,56$ à $0,83$
SFP 6 **	$> 3000$ à $4500$	$> 0,83$ à $1,25$
SFP 7 **	$> 4500$	$> 1,25$

\* La catégorie SFP 1+ est une définition de cette norme.

\*\* Les catégories SFP 5, SFP 6 et SFP 7 selon SN EN 13779 ne sont pas utilisés dans cette norme.

Tableau 2 : Catégories SFP des ventilateurs pour installations normales

Type d'installation selon le point 1.5	Catégorie SFP selon point 1.8			
	Ventilateur FOU		Ventilateur REP	
	Limite	Cible	Limite	Cible
Installation d'air fourni simple	SFP 1	SFP 1+	-	-
Installation d'air fourni avec chauffage de l'air et refroidissement par air recyclé	SFP 1	SFP 1+	-	-
Installation air repris simple	-	-	SFP 1	SFP 1+
...avec utilisation de la chaleur résiduelle	-	-	SFP 1	SFP 1+
Installation de ventilation simple	SFP 1	SFP 1+	SFP 1	SFP 1+
Installation ventilation avec chauffage	SFP 2	SFP 1	SFP 1	SFP 1+
Installation de ventilation avec chauffage et humidification	SFP 2	SFP 1	SFP 1	SFP 1+
Installation de climatisation simple	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1
Climatisation avec humidification	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1
Climatisation avec hum. et déshum.	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1



Tableau 3: Puissance spécifique des ventilateurs pour les installations normales

Type d'installation selon le point 1.5	Puissance spécifique du ventilateur en W par m <sup>3</sup> /h selon chiffre 1.8			
	Ventilateur FOU		Ventilateur REP	
	Limite	Cible	Limite	Cible
Installation d'air fourni simple	0,14	0,083	-	-
Installation d'air fourni avec chauffage de l'air et refroidissement par air recyclé	0,14	0,083	-	-
Installation air repris simple	-	-	0,14	0,083
...avec utilisation de la chaleur résiduelle	-	-	0,14	0,083
Installation de ventilation simple	0,14	0,083	0,14	0,083
Installation ventilation avec chauffage	0,21	0,14	0,14	0,083
Installation de ventilation avec chauffage et humidification	0,21	0,14	0,14	0,083
Installation de climatisation simple	0,35	0,21	0,21	0,14
Climatisation avec humidification	0,35	0,21	0,21	0,14
Climatisation avec hum. et déshum.	0,35	0,21	0,21	0,14

Tableau 4: Puissance spécifique des ventilateurs pour les installations ayant des exigences particulières

Type d'installation selon le point 1.5	Puissance spécifique du ventilateur en W par m <sup>3</sup> /h selon chiffre 1.8			
	Ventilateur FOU		Ventilateur REP	
	Limite	Cible	Limite	Cible
Installation d'air fourni simple	0,14	0,083	-	-
Installation d'air fourni avec chauffage de l'air et refroidissement par air recyclé	0,21	0,14	-	-
Installation air repris simple	-	-	0,14	0,083
...avec utilisation de la chaleur résiduelle	-	-	0,21	0,14
Installation de ventilation simple	0,21	0,14	0,21	0,14
Installation ventilation avec chauffage	0,35	0,21	0,21	0,14
Installation de ventilation avec chauffage et humidification	0,35	0,21	0,21	0,14
Installation de climatisation simple	0,56	0,35	0,35	0,21
Climatisation avec humidification	0,56	0,35	0,35	0,21
Climatisation avec hum. et déshum.	0,56	0,35	0,35	0,21



### Besoin en énergie pour le transport de l'air

Le besoin en énergie pour le transport de l'air se calcule selon la formule suivante :

$$E = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_v \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}$$

E	Besoin en énergie électrique en Wh
$q_v$	Débit volumétrique en m <sup>3</sup> /s
$\Delta p$	Différence de pression totale en Pa
t	Temps de fonctionnement en h
$\eta_v$	Rendement du ventilateur
$\eta_{Tr}$	Rendement de la transmission (courroie trapézoïdale ou plate)
$\eta_M$	Rendement du moteur
$\eta_R$	Rendement de la régulation (convertisseur de fréquence)

Pour les débits d'air à plusieurs niveaux ou variables en continu, le calcul des différents états de fonctionnement doit être effectué séparément.

### Dimensionnement

En cas de point de fonctionnement constant, le dimensionnement s'effectue au point optimal du ventilateur. Pour les installations à débit variable, le dimensionnement doit être effectué sur la base de la fréquence des points de fonctionnement.



## 4.6 Ventilation des façades vitrées

Les façades vitrées des piscines couvertes doivent être très bien isolées - surtout dans les bâtiments anciens en raison des moins bonnes valeurs U - et n'être ventilées artificiellement qu'en deuxième priorité dans les cas suivants :

1. En cas de températures extérieures basses, le verre peut s'embuer à l'intérieur.
2. En l'absence de rayonnement thermique du verre, le visiteur de la piscine couverte ressent le rayonnement à travers la surface froide du verre comme désagréable, car la température ressentie correspond à la moyenne entre la température de l'air ambiant et la température des surfaces environnantes.

La ventilation est généralement assurée par des bouches d'aération situées au sol des façades vitrées. Lors de la planification de ces sorties d'air, différents paramètres doivent être pris en compte :

- Plus l'air entrant est chaud et sec, moins la quantité d'air nécessaire à la protection des vitrages contre la buée est importante.
- Plus le diffuseur projette l'air dans la pièce (avec induction), plus l'air entrant peut atteindre les parties hautes de la façade vitrée.
- Optimisation du débit d'air par un dimensionnement correct de l'air entrant - largeur d'introduction influencée par la largeur des diffuseurs. Il faut également tenir compte du fait que le débit d'air de l'installation de ventilation fonctionne à charge partielle la majeure partie de l'année et surtout pendant les mois d'hiver où l'air extérieur est sec, de sorte que la distance d'introduction conçue peut être nettement réduite dans le cas d'hiver, critique du point de vue de la physique du bâtiment et du blindage. La vitesse de soufflage en pleine charge doit donc être choisie la plus élevée possible afin que la distance d'introduction soit encore suffisante en charge partielle pour assurer la protection des vitrages et l'assèchement physique du bâtiment.
- Garantie d'un flux d'air frais régulier sur toute la longueur de la façade de la fenêtre.
- Pour les travaux de nettoyage du sol et les débordements du bassin, la sortie devrait éventuellement être munie d'une pente et d'un écoulement des condensats.



## 4.7 Gestion de la charge

### 4.7.1 Électricité

Pour la stabilité des réseaux électriques, il est important que la production et la consommation d'électricité soient en équilibre. Pour ce faire, on influence la production d'électricité dans les centrales, on stocke le courant électrique dans des centrales de pompage-turbinage ou des batteries et on utilise le déplacement de charge pour les installations d'infrastructure existantes.

La gestion de la charge permet de réduire les pics de puissance lors du prélèvement d'électricité et donc de lisser le prélèvement d'électricité. Les consommateurs qui ne doivent pas nécessairement être approvisionnés à un moment donné sont coupés et activés ultérieurement. Des pics de puissance plus bas entraînent des coûts de puissance plus bas et des coûts d'électricité plus bas. Les décalages de charge dans le temps peuvent être vendus à un pool de régulation (centrale électrique).

La gestion de la charge décale les besoins en énergie dans le temps, mais ne permet pas d'économiser de l'énergie. La consommation d'énergie reste globalement la même, mais elle intervient à un autre moment.

#### 4.7.1.1 Potentiel

Le potentiel de gestion de la charge dans les piscines est limité par les exigences en matière d'hygiène de l'eau et de l'air. L'hygiène est prioritaire.

Les besoins en énergie électrique dans le traitement de l'eau des piscines et la ventilation sont essentiellement dus au débit. Celui-ci est entraîné par des pompes et des ventilateurs.

Le débit de circulation peut être réduit si la qualité de l'eau est bonne. Il faut toutefois toujours tenir compte des exigences en matière d'hygiène. La réduction du débit de circulation devrait également être mise à profit, car la puissance électrique diminue à la puissance trois par rapport au débit.

Une réduction de la circulation de l'eau est particulièrement efficace dans les piscines en plein air avec de grandes surfaces d'eau et des débits de circulation correspondants. A cela s'ajoutent les jours de mauvais temps où la qualité de l'eau est bonne, car peu de baigneurs sont présents.

La réduction du débit devrait au moins être commutable sur trois niveaux à l'aide d'un sélecteur d'exploitation manuel et être régulièrement adaptée par le personnel d'exploitation. Il est également recommandé de programmer une réduction du débit volumique de circulation en dehors des heures d'exploitation (généralement la nuit) au moyen d'une minuterie.





Des automatisations plus poussées avec une mesure du chlore lié ou du chlore total peuvent être mises en place de manière économique dans les grandes piscines. Elles impliquent une maintenance légèrement plus importante des appareils d'analyse.

Dans les piscines en plein air, une automatisation utilisant la température de l'air comme grandeur de référence est envisageable.

Pour la ventilation des piscines couvertes, la priorité est également donnée à l'hygiène de l'air. Si les conditions climatiques de confort et de physique du bâtiment ainsi que les concentrations de certaines substances sont respectées, il est possible d'économiser de l'électricité et de la chaleur en réduisant le débit d'air et en augmentant par part d'air recyclé.

### 4.7.1.2 Traitement de l'eau de baignade

La primauté de l'hygiène de l'eau laisse peu de place à une éventuelle gestion de la charge. Si les filtres sont rincés à l'aide d'une pompe à eau de rinçage séparée, les pompes de filtration correspondantes sont à l'arrêt pendant cette période.

### 4.7.1.3 Attractions : toboggans, installations de nage à contre-courant, jets de massage, bains bouillonnants

Les attractions telles que les lits à bulles, les jacuzzis, les jets de massage, les jets au sol, etc. peuvent être commandées par le baigneur ou par un détecteur de présence dans les petites piscines (hôtels, centres de bien-être). Outre la réduction effective du temps de fonctionnement de la pompe ou de la soufflerie correspondante, l'évaporation est réduite et, par conséquent, les besoins énergétiques du chauffage de l'eau du bassin et de la ventilation.

Dans les grandes piscines, qui sont utilisées en permanence par les baigneurs, les boutons-poussoirs sont peu pratiques. Les attractions fonctionnent en permanence, mais uniquement pendant la période d'occupation. Il est toutefois recommandé de ne faire fonctionner qu'une partie des attractions en même temps et de le définir dans un programme de charge temporisé.

## 4.7.2 Chaleur

Les pompes à chaleur offrent une bonne possibilité de gestion de la charge électrique. Pour mettre à disposition la chaleur produite au moment où elle est nécessaire, des accumulateurs de chaleur sont nécessaires.

Lors de la production de chaleur par des centrales de cogénération et des chaudières à gaz, on veille à réduire au maximum le nombre de mises en marche et d'arrêts. Cela permet d'augmenter la durée de vie des générateurs de chaleur et de réduire les coûts d'entretien. La chaleur solaire est produite pendant la journée avec une puissance fluctuante en fonction des conditions météorologiques. Des accumulateurs sont nécessaires pour équilibrer la production de chaleur et sa consommation.

La prévention de la légionellose dans les systèmes d'eau chaude est souvent obtenue par le chauffage périodique de l'eau chaude sanitaire à 65-75°C. Ce chauffage doit être programmé au cours de la semaine et de la journée de manière à ce que personne ne s'ébouillante et que la chaleur soit utilisée. Le moment exact peut être influencé dans certaines limites par un système de gestion de la charge.

### 4.7.2.1 L'eau du bassin en tant qu'accumulateur de chaleur

Dans les piscines couvertes, les utilisateurs sont très sensibles à la température de l'eau du bassin et à ses variations. La température de l'eau des bassins doit être maintenue dans une fourchette de 0,5°C. Les piscines couvertes sont donc mal adaptées pour stocker la chaleur.

La température de l'eau de certaines piscines est parfois augmentée temporairement pour des cures rhumatismales ou pour des cours de bébés-nageurs. Cela nécessite beaucoup de chaleur en peu de temps, la chaleur doit être transmise à l'eau de baignade à un moment précis. Il faut vérifier que la construction soit résistante à ces conditions exceptionnelles et que la climatisation soit suffisante pour assurer la déshumidification.

La température de l'eau de baignade dans les piscines en plein air est soumise à d'importantes variations. Lors du premier remplissage, elle se situe aux alentours de 12°C et peut atteindre plus de 26°C en plein été. Si la température de l'eau dépasse 28°C en période de canicule, l'eau n'offre plus guère de rafraîchissement. En revanche, au début de la saison, en avril, mai et juin, les baigneurs sont attirés par les bassins extérieurs chauffés. Il en va de même en septembre.

### 4.7.3 Couplage chaleur-force

Le couplage chaleur-force (CCF) ou les centrales de cogénération (CCB) transforment l'énergie fossile (pétrole, diesel, gaz) en électricité et en chaleur. Dans les piscines, les deux formes d'énergie sont demandées simultanément, d'où l'intérêt de ce type de production d'énergie.

La consommation d'électricité dans les piscines, en particulier pour les pompes de filtration en charge partielle, est assez constante. Le fonctionnement à charge partielle de la ventilation est également nécessaire pendant une grande partie de l'année. Cette charge électrique de base peut donc être couverte par une centrale de cogénération. La centrale de cogénération doit être conçue de manière à couvrir la charge de base, à fonctionner en continu et à atteindre si possible plus de 7 000 heures de fonctionnement par an. Les coûts d'entretien spécifiques d'une centrale de cogénération sont relativement élevés, mais ils diminuent lorsque les installations sont plus grandes et bien exploitées. La chaleur de la centrale de cogénération peut facilement couvrir les besoins en eau chaude sanitaire.

Si une partie de l'électricité produite est utilisée pour faire fonctionner une pompe à chaleur qui utilise l'eau souterraine ou les eaux usées comme source de chaleur, le rendement thermique de la source d'énergie fossile peut être augmenté de manière écologique.

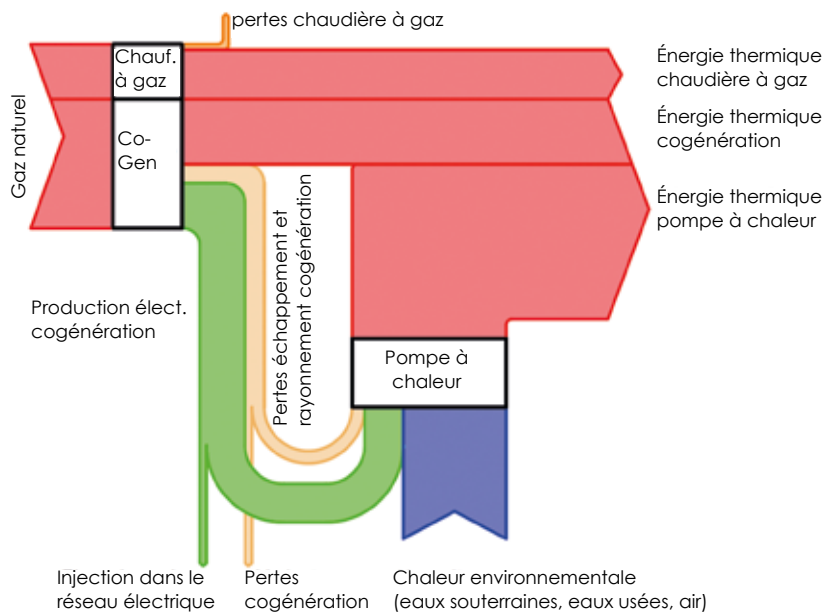


Illustration 19 : Concept d'utilisation du gaz naturel d'une centrale de cogénération, d'une chaudière de charge de pointe et d'une pompe à chaleur

Les installations de couplage chaleur-force qui fonctionnent avec des combustibles fossiles doivent, de par la loi, utiliser intégralement la chaleur produite, c'est-à-dire être guidées par la chaleur. Loi fédérale sur l'énergie, Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC), édition 2014, module de base, partie K : Utilisation de la chaleur dans les installations de production d'électricité et guide d'application EN-9 de la Conférence des services cantonaux de l'énergie. Une centrale de cogénération n'est donc pas compatible avec d'autres générateurs de chaleur couvrant la charge de base.

## 4.8 Automatisation du bâtiment

Du point de vue de l'optimisation de l'exploitation, il est indispensable de disposer d'un poste central où toutes les informations des différentes parties de l'installation peuvent être commandées et observées. C'est la seule façon de saisir et de mettre en œuvre les potentiels d'économie d'énergie individuels ou collectifs. De plus, l'architecture du système nécessaire à l'intégration optimale d'un système de gestion de l'énergie, tel que décrit en détail au chapitre 4.8.1, est déjà donnée.

En principe, il est recommandé d'intégrer le plus petit nombre possible de fournisseurs de systèmes d'automatisation dans une piscine couverte typique.



Il n'est pas souhaitable de multiplier le nombre d'interfaces. De plus, du point de vue de l'exploitant, il est toujours important d'avoir des interlocuteurs bien définis.

Fournisseur de systèmes de traitement d'eau :

Celui-ci apporte la commande et l'automatisation complètes des installations spécifiques d'eau de baignade.

Fournisseur de systèmes pour le bâtiment (AdB) :

Les autres corps de métier tels que le chauffage, la ventilation, la climatisation et les sanitaires doivent être commandés par le même système d'automatisation. (Ce faisant, l'architecture du système peut tenir compte du fait que les différents corps de métier sont entièrement fonctionnels par eux-mêmes).

Fournisseur du système de l'éclairage :

La commande de l'éclairage et de la protection solaire peut se faire séparément ou être intégrée dans le système d'automatisation du bâtiment.

Grâce à une interface définie entre les différents fournisseurs de systèmes, toutes les alarmes importantes, les valeurs de consigne et les valeurs réelles du traitement de l'eau doivent être intégrés dans l'environnement AdB.

De cette façon il sera possible de suivre, de contrôler et d'optimiser certains modèles de comportement au moyen d'analyses de tendances, comme par exemple les alarmes de consommation d'énergie et de puissance provenant du système de gestion de l'énergie. Les causes possibles doivent également être déterminées à partir de là et des mesures correctives doivent être prises.

Un système AdB ne permet pas d'économiser directement de l'énergie, mais il offre un instrument optimal pour économiser de l'énergie grâce à un fonctionnement ciblé des différents groupes. En effet, les besoins et la consommation des différents corps de métier sont mis en adéquation et les écarts sont détectés et ajustés.

## 4.8.1 Système de gestion de l'énergie (SGE)

Il existe déjà sur le marché d'innombrables systèmes de gestion de l'énergie qui ne se distinguent guère sur le plan technique. Le plus grand défi lors de l'intégration des SGE est de déterminer les bonnes données énergétiques brutes, c'est-à-dire de définir le concept de mesure, ses valeurs de référence et ses valeurs limites de surveillance.

Un autre défi consiste à désigner un responsable de l'énergie au sein de l'organisation de la piscine couverte. Souvent, le personnel ne dispose pas des connaissances physiques et techniques de base nécessaires, ce qui rend difficile un suivi approfondi et l'amélioration de l'efficacité du SGE. C'est pourquoi il est recommandé, dans de tels cas sans personnel d'exploitation spécialisé, de conclure des contrats de service et de maintenance avec les intégrateurs ou les planificateurs.

La certification de gestion de l'énergie selon ISO 50001, qui peut également servir de base pour les piscines couvertes, est déjà très répandue en Allemagne, mais encore peu connue en Suisse.





Avec le soutien de



# 5

## MESURES D'EXPLOITATION







## **5 Mesures d'exploitation**

////////////////////////////////////  
**5.1 Abaissement nocturne de la température ambiante**

////////////////////////////////////  
**5.2 Fonctionnement de la circulation de l'eau du bassin  
de jour et de nuit**

////////////////////////////////////  
**5.3 Gestion des attractions**  
////////////////////////////////////







## 5.1 Abaissement nocturne de la température ambiante

En règle générale, la température de l'air est maintenue à environ 2°C au-dessus de la température de l'eau du bassin. En raison des températures de l'eau des bassins parfois plus élevées, cette règle n'est pas toujours applicable. Selon la norme SICC 2004-1 : Installations aérauliques dans les piscines couvertes, la température ambiante nécessaire au confort est déterminante pour chaque piscine couverte. Si la construction est bien isolée et comporte peu de façades vitrées, une température de 30°C est suffisante. Si la part de façade vitrée est importante, 31°C à 32°C peuvent être nécessaires. En hiver, la température ambiante de 32°C ne doit pas être dépassée.

Une fine couche d'air saturée d'humidité se forme à la surface de l'eau et limite le transport de la vapeur d'eau, elle freine l'effet d'évaporation. La convection de la couche limite se produit lorsque de l'air léger avec une teneur élevée en vapeur d'eau s'élève depuis la surface de l'eau et que l'air sec (plus lourd) s'écoule et vient remplacer l'air humide.

→ Ce mouvement d'air augmente l'évaporation de l'eau

→ Ce mouvement d'air est augmenté lorsque la température de l'air ambiant est proche de la température de l'eau du bassin, voire inférieure.

Cela signifie que lorsque la température de l'air ambiant est égale ou inférieure à celle de l'eau, la convection de la couche limite est active et que la quantité d'eau évaporée est accrue. Une réduction de la température ambiante (sans adaptation du taux d'humidité) est contre-productif sur le plan des économies d'énergie. L'abaissement nocturne de la température de l'air ambiant n'est pas indiqué.

Pour contrer ce phénomène, l'augmentation du taux d'humidité ambiant pendant la nuit est possible à condition que la construction (physique du bâtiment) supporte cet état.



## 5.2 Fonctionnement de la circulation du bassin de jour et de nuit

Dans l'ancienne norme SIA 385/1 : 2000, la réduction du débit d'air n'était possible qu'en mode repos. Une réduction du débit d'air pendant le fonctionnement en mode bain n'était pas prévue. La norme SIA 385/9 : 2011 permet désormais une réduction à 50 % maximum du débit d'air pendant les périodes de faible fréquentation. Cela signifie que le débit peut également être réduit pendant le mode bain.

La remarque selon laquelle cela n'est possible qu'en respectant les paramètres d'hygiène prescrits va bien sûr de soi. Mais pour les bassins avec des fréquences différentes, comme une piscine non-nageurs, cela ouvre un potentiel d'économie correspondant.

Le débit d'air peut être réduit manuellement ou automatiquement. La reprise en mode normal doit toutefois être automatique.

Afin de réduire encore l'évaporation de l'eau en mode nocturne, il est possible de procéder à un abaissement du niveau d'eau. Cela permet d'éliminer l'évaporation par le bord et la rigole du bassin. Cette mesure est surtout recommandée pour les bords de bassin surélevés et les bassins extérieurs chauds. Une circulation interne du bassin pendant la nuit doit toutefois être assurée.

La plupart du temps, il n'est pas nécessaire que les installations de ventilation des locaux annexes fonctionnent 24 heures sur 24. En raison des heures d'utilisation des locaux annexes (hall d'entrée, vestiaires), les heures de fonctionnement de ces installations de ventilation pendant la nuit doivent être minimisées.





## 5.3 Gestion des attractions

Les piscines couvertes et en plein air sont souvent équipées d'attractions aquatiques variées (tobogans, bains à remous, lits à bulles, jets de massage, etc.) Le fonctionnement de ces attractions doit être défini selon un programme horaire. Il n'est pas nécessaire que toutes les attractions fonctionnent en même temps, mais elles doivent être activées et désactivées en alternance. Cela permet de réduire la durée de fonctionnement, mais aussi le nombre de compresseurs et de pompes activées simultanément.

Le maître-nageur doit pouvoir intervenir manuellement à tout moment et sans grand effort sur les durées de fonctionnement, afin de pouvoir réagir à la fréquentation des installations.



Illustration 1





Avec le soutien de



suisse**énergie**

6

**ANALYSE ÉNERGÉTIQUE  
ET MISE EN OEUVRE**









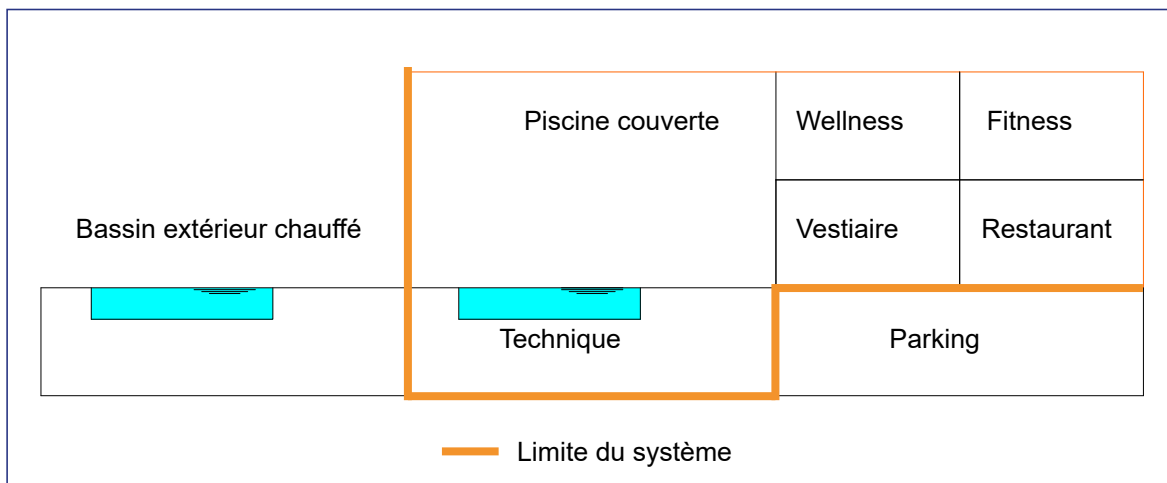


## 6.1 Définition des chiffres clés

Le chapitre suivant définit des indicateurs qui représentent la consommation d'énergie dans les piscines couvertes et en plein air rénovées et neuves. L'objectif est d'évaluer la consommation d'énergie d'une piscine existante et d'en déduire des mesures d'économie d'énergie. De même, ces chiffres-clés permettront d'évaluer la situation énergétique d'une nouvelle piscine.

### 6.1.1 Limites du système

Comme mentionné au chapitre 1.5, les utilisations d'une piscine couverte sont très différentes. Pour pouvoir comparer les piscines en termes de consommation d'énergie, il faut définir les limites du système et tenir compte des utilisations générales.



Les limites du système doivent être choisies de manière à ce que les utilisations importantes du point de vue énergétique puissent être attribuées de manière judicieuse au bâtiment. La consommation d'énergie doit être prise en compte en conséquence. Les offres spécifiques telles que wellness, fitness, la restauration, etc. doivent se situer à l'intérieur des limites du système.



## 6.1.2 Répartition des piscines

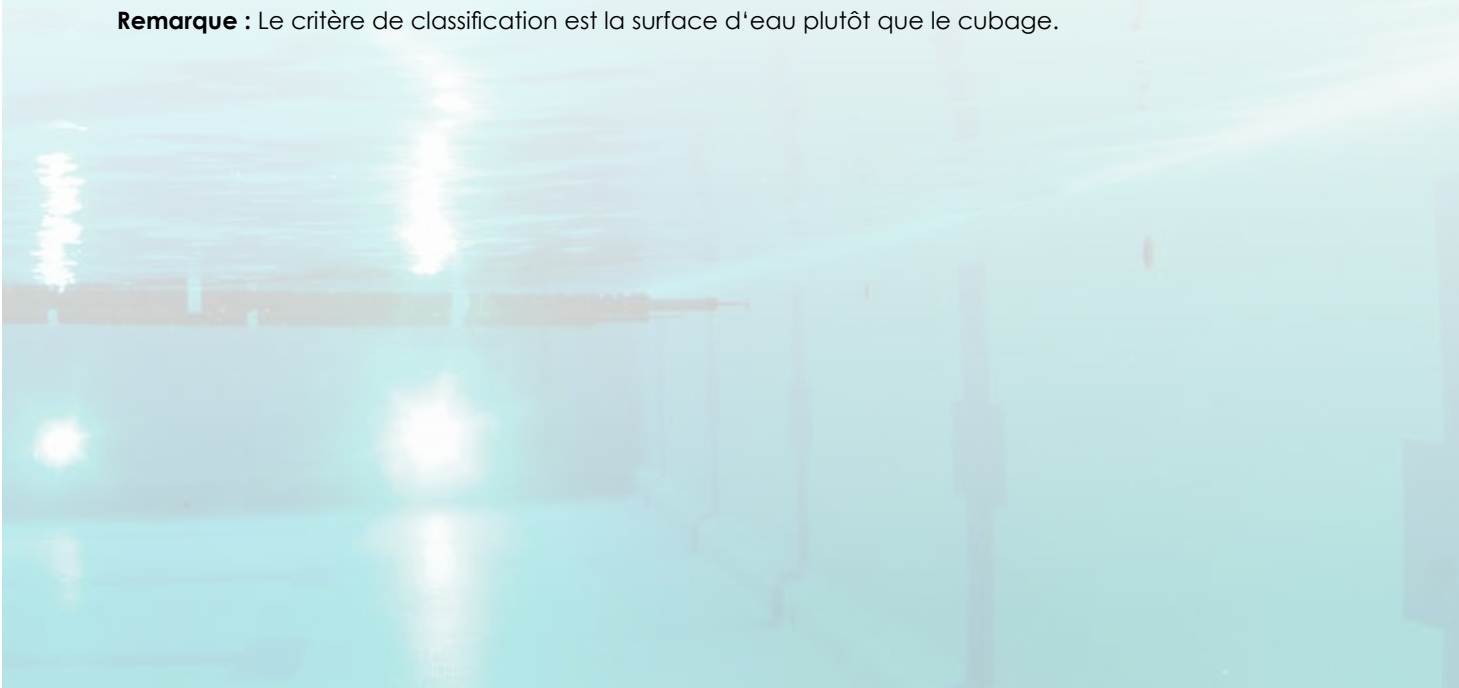
Les piscines peuvent être classées comme suit :

- Piscines couvertes
- Piscines extérieures chauffées
- Piscines en plein air

Les piscines couvertes sont réparties en :

- Piscine non-nageurs :  
les piscines couvertes, qui sont généralement utilisées comme piscines d'apprentissage pour les écoles  
Surface d'eau env.                    150 – 350 m<sup>2</sup>  
Espace bâti env.                        4 000 – 7 000 m<sup>3</sup>
- Petites piscines couvertes :  
Surface d'eau env.                    300 – 500 m<sup>2</sup>  
Espace bâti env.                        10 000 – 25 000 m<sup>3</sup>
- Piscines couvertes moyennes :  
Surface d'eau env.                    500 – 1 000 m<sup>2</sup>  
Espace bâti env.                        30 000 – 40 000 m<sup>3</sup>
- Grandes piscines couvertes (piscines de loisirs) :  
Surface d'eau env.                    1 000 m<sup>2</sup>  
Espace bâti env.                        40 000 m<sup>3</sup>

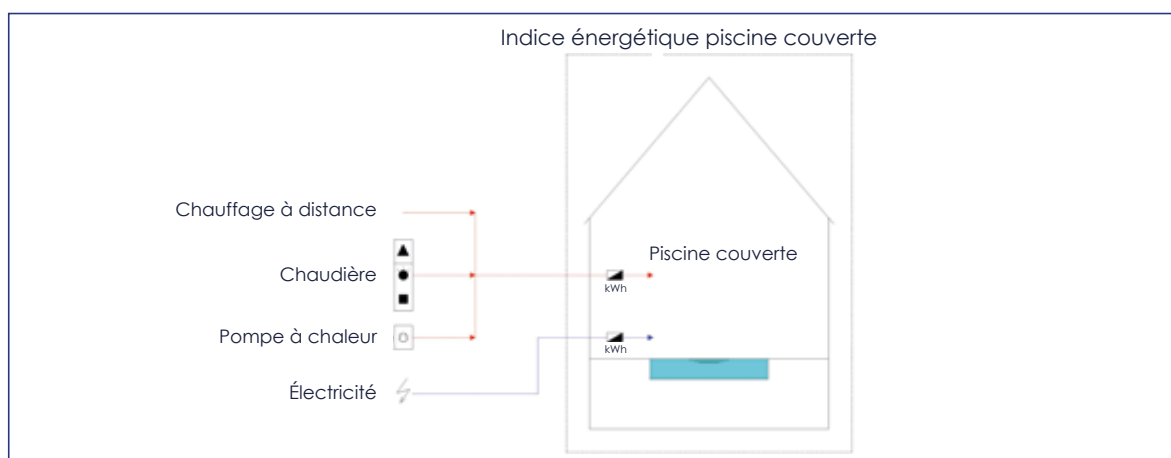
**Remarque :** Le critère de classification est la surface d'eau plutôt que le cubage.





## 6.1.3 Indicateurs énergétiques des piscines couvertes

L'indice énergétique pour les piscines couvertes est défini en tant que demande de chaleur ou demande d'électricité (énergie utile), c'est-à-dire la fourniture de chaleur à partir d'une chaudière, d'une pompe à chaleur ou d'un chauffage urbain, ou la fourniture d'électricité à partir d'un compteur électrique. Les pertes du générateur de chaleur ne sont pas prises en compte. Les indices énergétiques doivent être déterminés en deux étapes. La première étape consiste à déterminer la „valeur de base“ de l'indice énergétique.



### 6.1.3.1 Valeur de base

La valeur de référence est l'espace construit (cubage selon SIA 116) en m<sup>3</sup>. Les indicateurs énergétiques après une rénovation complète (valeur de base) sont :

	Chaleur kWh/m <sup>3</sup>	Electricité kWh/m <sup>3</sup>	Total kWh/m <sup>3</sup>
Bassin non-nageur	52	33	85
Petite piscine couverte	50	33	83
Piscine couverte moyenne	45	33	78
Grande piscine couverte	45	33	78

Les indicateurs de performance énergétique des bâtiments neufs (valeur de base) sont :

	Chaleur kWh/m <sup>3</sup>	Electricité kWh/m <sup>3</sup>	Total kWh/m <sup>3</sup>
Bassin non-nageur	50	30	80
Petite piscine couverte	48	30	78
Piscine couverte moyenne	43	30	73
Grande piscine couverte	43	30	73

Ces indices énergétiques sont basés sur les données de mesure des objets examinés.



## 6.1.3.2 Suppléments électricité

Dans un deuxième temps, les offres spéciales pour chaque piscine couverte sont prises en compte individuellement, en déterminant des suppléments.

### 1. Attractions dans la piscine couverte

- Toboggans (L= 60 m, H= 10 m, exploitation 3 500 h/a)	ca. 14 000 kWh/a
- Attractions aquatiques par bassin (5 – 10 attractions, exploitation 2 400 h/a)	ca. 12 000 kWh/a
- Attractions par air par bassin (5 – 10 attractions, exploitation 2 400 h/a)	ca. 25 000 kWh/a

### 2. Sauna/Wellness

Cabine de sauna :	ca. 2 000 kWh/m <sup>2</sup> a
Bain de vapeur :	ca. 4 000 kWh/m <sup>2</sup> a

### 3. Salle de sport

Consommation supplémentaire pour la salle de sport (par des appareils de musculation et d'endurance, climatisation)	ca. 50 kWh/m <sup>2</sup> a
--	-----------------------------

### 4. Cuisine

Consommation supplémentaire pour la cuisine	ca. 350 kWh/m <sup>2</sup> a
---	------------------------------

## 6.1.3.3 Suppléments chaleur

Aucun supplément n'est pris en compte dans le domaine de la chaleur.

## 6.1.3.4 Exemple de calcul pour l'électricité

### Principes de base

Piscine couverte, nouvelle construction 38 000 m<sup>3</sup>

1 Toboggan

2 Attractions aquatiques

1 Attractions par air

2 Cabines de sauna 25 m<sup>2</sup> par cabine

1 Bain de vapeur 20 m<sup>2</sup>

Cuisine 50 m<sup>2</sup> et restaurant





Consommation d'énergie électrique sans suppléments (valeur de base) :  
 $38\,000\text{ m}^3 \times 30\text{ kWh/m}^3\text{a} = 1\,140\,000\text{ kWh/a}$

Suppléments :

- Toboggan	14 000 kWh/a
- Attraction aquatique 2 pce	24 000 kWh/a
- Attractions par air 1 pce	25 000 kWh/a
- Wellness	
Cabine de sauna $50\text{ m}^2 \times 2'000\text{ kWh/m}^2\text{a} =$	100 000 kWh/a
Bain de vapeur $20\text{ m}^2 \times 4'000\text{ kWh/m}^2\text{a} =$	80 000 kWh/a
- Cuisine	
$50\text{ m}^2 \times 350\text{ kWh/m}^2\text{a} =$	<u>17 000 kWh/a</u>
Total	1 337 000 kWh/a

Indice énergétique électricité, suppléments inclus :

$1\,337\,000\text{ kWh/a} : 38\,000\text{ m}^3 = \underline{\underline{35\text{ kWh/m}^3\text{a}}}$

### 6.1.3.5 Consommation d'eau des bâtiments rénovés ou des nouvelles piscines

La consommation d'eau dans une piscine couverte est principalement déterminée par les systèmes installés (traitement de l'eau) ainsi que par le nombre de visiteurs. C'est pourquoi il est judicieux de rapporter l'indice énergétique de l'eau au nombre de visiteurs.

La consommation d'eau variée dans une piscine couverte peut être résumée en groupes :

- Remplissage des bassins
- Apport d'eau froide dans les bassins
- Consommation d'eau pour les douches
- Consommation d'eau pour les installations de WC/le nettoyage, etc.

Remplissage des bassins :

Le remplissage des bassins est effectué une fois par an dans la plupart des piscines. Dans des cas exceptionnels, deux fois par an.

Apport d'eau froide dans les bassins :

Selon la norme SIA 385/9, l'apport minimal d'eau froide est d'au moins 30 litres par personne. En raison de la quantité d'eau de rinçage nécessaire pour les filtres, cet apport minimal est généralement dépassé.



Douches :

La consommation d'eau pour les installations de douches dépend d'une part des robinetteries choisies et d'autre part du comportement des visiteurs et peut varier fortement.

Consommation d'eau des installations de WC/nettoyage :

Dans ce domaine également, la consommation dépend fortement des robinetteries choisies. L'intensité du nettoyage et les types de nettoyage ont également une influence.

Pour les groupes énumérés, les consommations d'eau moyennes suivantes peuvent être utilisées dans une piscine couverte :

Consommateurs	l/personne	Part
- Remplissage des bassins 1 - 2 x par année	ca. 5 - 10 l/Pers.	4 %
- Apport constant d'eau froide des bassins, adapté au nombre de visiteurs (au moins 30 l/personne)	ca. 50 l/Pers.	28 %
- Douche avant et surtout après le bain	ca. 50 - 80 l/Pers.	37 %
- Consommation d'eau pour les WC, les lavabos, le nettoyage, la cafétéria	ca. 40 - 70 l/Pers.	31 %
Il en résulte une consommation théorique totale d'environ	<u>145 - 210 l/Pers.</u>	100 %



## 6.1.4 Bassins extérieurs chauffés

Les bassins extérieurs chauffés sont toujours situés en dehors des limites du système et doivent être considérés séparément.

Les données énergétiques suivantes s'appliquent à titre indicatif pour les piscines extérieures chauffées rénovées ou neuves :

- Consommation d'énergie thermique des bassins extérieurs chauffés du Plateau suisse :
 

- avec couverture	ca. 8 500 kWh/m <sup>2</sup> a
- avec bassin de rétention	ca. 7 500 kWh/m <sup>2</sup> a
  
- Consommation électrique :
 

- Valeur de base	600 kWh/m <sup>2</sup> a
------------------	--------------------------

## 6.1.5 Piscines en plein air

L'offre est également très variée pour les piscines en plein air. Pour pouvoir définir des indicateurs énergétiques, il faut également définir une limite du système. Des consommations d'énergie significatives ne peuvent être indiquées que pour les bassins de baignade eux-mêmes (électricité et chaleur) et non pour les bâtiments. Ainsi, les indicateurs énergétiques se rapportent à la surface de l'eau. Pour les zones supplémentaires comme les vestiaires, les douches, etc., les différences de taille et d'offre sont trop importantes pour pouvoir établir une comparaison.

### 6.1.5.1 Indicateur énergétique pour la chaleur

Selon la MoPEC 2008/2014, les piscines en plein air ne peuvent être chauffées qu'avec de l'énergie renouvelable ou de la chaleur fatale qui ne peut pas être utilisée autrement. Les pompes à chaleur électriques peuvent être utilisées si une couverture de la surface de l'eau est disponible pour éviter les pertes de chaleur.

Une grande partie de l'énergie thermique est nécessaire pour le premier chauffage au printemps. Ce chauffage initial est particulièrement important pour les bassins en béton armé. Plus le chauffage initial commence tôt (nuits froides), plus l'énergie thermique nécessaire est importante.

Pour des raisons d'économie d'énergie, les bassins doivent être mis en service le plus tard possible et la variante des bassins en acier inoxydable doit être examinée lors des rénovations.



La quantité d'énergie à fournir pour atteindre une température d'environ 24°C pendant la saison de baignade de mi-mai à mi-septembre (env. 120 jours d'exploitation) s'élève sur le Plateau suisse à :

- env. 430 – 480 kWh/m<sup>2</sup> :  
besoin en chaleur par saison, y compris le chauffage de l'eau froide, pour une situation normale, non exposée au vent, avec une température de bassin constante (env. 24°C), indépendamment des conditions météorologiques.
- les besoins en chaleur diminueront à environ 400 kWh/m<sup>2</sup> :  
avec un mode de fonctionnement adapté, c'est-à-dire en interrompant le chauffage pendant les périodes de mauvais temps, en ne chauffant que le deuxième jour de beau temps, en utilisant le rayonnement solaire dans les bassins, en récupérant la chaleur pour l'eau froide, en se plaçant à l'abri du vent, etc.

En couvrant la surface de l'eau pendant la nuit, ou en cas de mauvais temps, les besoins de chaleur seront encore réduits d'environ 40 à 60 %.

Indice énergétique chaleur des piscines rénovées ou neuves :

	Besoin chaleur mode normal kWh/m <sup>2</sup> a	Besoin chaleur mode d'utilisation optimisé kWh/m <sup>2</sup> a
Piscine sans couverture	430 - 480	400
Piscine avec couverture	215 - 240	160 - 240

## 6.1.5.2 Indicateur énergétique pour l'électricité

La consommation d'électricité est principalement déterminée par le traitement de l'eau de baignade. Il est judicieux de rapporter l'indice énergétique de l'électricité à la surface de l'eau.

Pour une saison de baignade allant de mi-mai à mi-septembre (environ 120 jours d'exploitation), l'indice énergétique de l'électricité des piscines rénovées ou neuves est d'environ. 60 – 70 kWh/m<sup>2</sup>a.



## 6.2 Procédure

### 6.2.1 Analyse sommaire

#### 6.2.1.1 Objectif de l'analyse sommaire

L'analyse sommaire permet, dans un premier temps, d'évaluer l'énergie d'une piscine couverte en peu de temps et à moindre coût. Les potentiels d'économie pour une utilisation optimisée de l'énergie sont mis en évidence et les premières mesures immédiates sont indiquées. D'autres mesures plus complètes, qui permettent d'exploiter l'ensemble des potentiels d'économie, peuvent être déduites de l'analyse sommaire et concrétisées dans un deuxième temps par une analyse plus approfondie - une analyse détaillée.

#### 6.2.1.2 Procédure d'analyse sommaire

L'analyse sommaire peut être réalisée par un spécialiste mandaté disposant de connaissances en matière d'énergie ou par un maître nageur averti. Elle se compose des phases suivantes :

Phase	Étapes de travail
Relevé de l'état actuel	Examen des documents de planification existants et mesure de la géométrie de la piscine couverte afin de déterminer les volumes et les surfaces d'eau pertinents. Étude des données de consommation d'énergie (consommation de mazout, de gaz, de chauffage urbain, d'électricité, etc.) sur les 2-3 dernières années d'exploitation. Visite sur place avec le maître-bain afin de relever les éventuels points faibles.
Évaluation	Calcul des chiffres de consommation spécifiques sur la base des données de consommation d'énergie mesurées et des grandeurs déterminant la consommation de la piscine. Évaluation des chiffres de consommation spécifiques à l'aide des données caractéristiques correspondantes. Mise en évidence des points faibles énergétiques, mesures immédiates et détermination des potentiels énergétiques possibles pour les domaines de la consommation d'électricité, de chaleur et d'eau.
Rapport	Rédaction d'un rapport succinct avec les résultats de l'analyse sommaire et des propositions pour la suite (proposer des mesures immédiates, concrètes, recommander une analyse détaillée plus poussée).

Tableau 1 / Phases de l'analyse sommaire

### 6.2.1.3 État actuel

Afin de dresser un état des lieux, il convient de prévoir une visite de la piscine couverte par un expert en énergie externe, en collaboration avec le maître-bain. L'objectif est d'obtenir une vue d'ensemble de l'état de la piscine et de recueillir les expériences du maître-bain afin d'identifier de manière ciblée les points faibles et les possibilités d'amélioration.

Les documents de planification existants (schémas de principe, plans, plans des installations techniques et des installations de traitement de l'eau) fournissent des informations sur le concept énergétique existant et le dimensionnement de toutes les parties de l'installation importantes du point de vue énergétique (dimensions des bassins, cubages, installations de chauffage...). L'exploitant se procure tous les chiffres de consommation d'énergie existants des 2 à 3 dernières années à l'aide de relevés de données de mesure ou de décomptes d'énergie. Pour l'analyse sommaire, les chiffres de consommation annuelle sont suffisants. On part d'une année d'exploitation normale, les conditions d'exploitation extraordinaires ou les interventions de construction qui ont une influence plus importante sur la consommation d'énergie des années d'exploitation considérées doivent être prises en compte avec les corrections correspondantes. L'influence du climat annuel est négligée dans l'analyse sommaire.

Le calcul des indicateurs spécifiques se base sur les consommations d'énergie utile. Des pertes se produisent lors de la transformation des sources d'énergie primaire et lors du transport de l'énergie jusqu'au raccordement au bâtiment. L'énergie utile qui intéresse une piscine couverte correspond dans certains cas à l'énergie finale fournie ou à une énergie utile mise à disposition par transformation et prélèvement d'énergie environnementale.

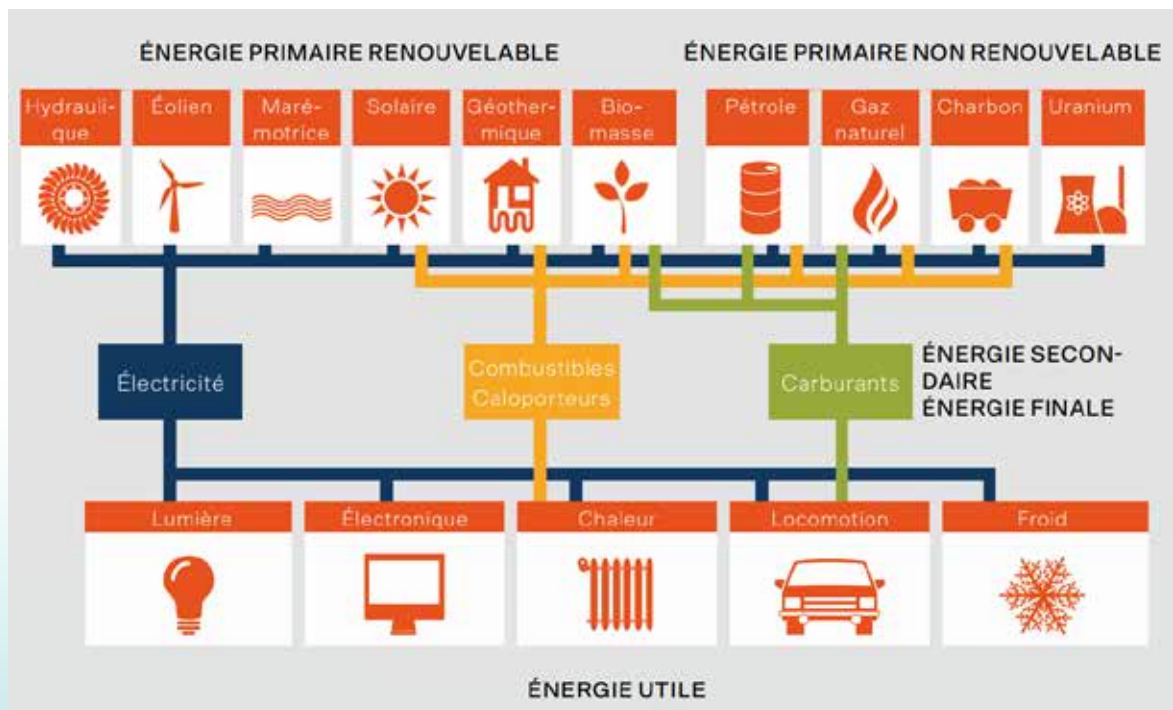


Illustration 1 : formes d'énergie. Source : Office fédéral de l'énergie



Si les consommations d'énergie utile doivent être converties à partir des unités d'origine ou déduites des consommations d'énergie finale d'autres agents énergétiques finaux et de l'énergie environnementale, les chiffres de consommation doivent être convertis en énergie utile comme suit :

<b>Production de chaleur</b>	<b>Énergie finale au raccordement domestique en unités d'origine</b>	<b>Besoin en chaleur (selon chap. 6.1.3) Énergie utile en kWh</b>
Chauffage au mazout	Consommation de mazout en litres	(Consommation de mazout en l) x 9.0 kWh/l*
Chauffage au gaz	consommation de gaz en kWh Ho Pouvoir calorifique supérieur ou PIC	(Consommation de gaz en kWh Ho) x 0.85*
Chauffage à distance	Achat de chaleur en kWh	Achat de chaleur en kWh x 1.0
Pompe à chaleur	Consommation électrique en kWh	Cons. électrique en kWh x 3.0*
Cogénération	Consommation de gaz en kWh Ho pouvoir calorifique supérieur	(Cons. gaz en kWh Ho) x 0.55*

<b>Production d'électricité</b>	<b>Énergie finale au raccordement domestique en unités d'origine</b>	<b>Besoin en électricité (gem. selon chap. 6.1.3) Énergie utile en kWh</b>
Cogénération	Consommation de gaz en kWh Ho pouvoir calorifique supérieur	(Cons. gaz en kWh Ho) x 0.3*
Photovoltaïque	Production d'électricité kWh	Prod. d'électricité en kWh x 1

\*Prise en compte de tous les rendements

.0

En plus de la consommation d'énergie, le nombre de visiteurs par an doit être enregistré afin d'analyser la consommation d'eau spécifique.

L'analyse sommaire doit prendre en compte au moins les énergies et ressources suivantes :

1. Besoin total en chaleur dans les limites du système selon le chap. 6.1.1
2. Consommation totale d'électricité dans les limites du système selon le chap. 6.1.1
3. Consommation totale d'eau dans les limites du système selon le chap. 6.1.1





## 6.2.1.4 Évaluation

Calcul des chiffres de consommation spécifique pour :

	Piscines couvertes	Bassin ext. Chauffés	Piscines de plein air
Chaleur	<p>Besoin spécifique en chaleur en kWh/m<sup>3</sup>a :</p> <p>Consommation annuelle de chaleur comme somme de l'énergie utile provenant de la production de tous les générateurs de chaleur, divisée par le cubage de la piscine couverte dans les limites du système considéré.</p>	<p>Besoin spécifique en chaleur en kWh/m<sup>2</sup>a :</p> <p>Consommation annuelle de chaleur comme somme de l'énergie utile provenant de la production de tous les générateurs de chaleur, divisée par la surface des bassins extérieurs chauds.</p>	<p>Besoin spécifique de chaleur en kWh/m<sup>2</sup>a :</p> <p>Consommation annuelle de chaleur comme somme de l'énergie utile provenant de la production de tous les générateurs de chaleur, divisée par la surface des bassins ouverts au public.</p>
Électricité	<p>Besoin spécifique d'électricité en kWh/m<sup>3</sup>a :</p> <p>Consommation annuelle d'électricité comme somme de l'énergie utile provenant de l'achat d'électricité du réseau et de l'autoproduction par cogénération ou photovoltaïque, divisée par le cubage de la piscine couverte dans les limites du système considéré.</p>	<p>Besoin spécifique d'électricité en kWh/m<sup>2</sup>a :</p> <p>Consommation annuelle d'électricité comme somme de l'énergie utile provenant de l'achat d'électricité du réseau et de l'autoproduction par cogénération ou photovoltaïque, divisée par la surface des bassins extérieurs chauds.</p>	<p>Besoin spécifique d'électricité en kWh/m<sup>2</sup>a :</p> <p>Consommation annuelle d'électricité comme somme de l'énergie utile provenant de l'achat d'électricité du réseau et de l'autoproduction par cogénération ou photovoltaïque, divisée par la surface des bassins ouverts au public.</p>
Eau	<p>Besoin spécifique d'eau en l/pers. :</p> <p>Achat annuel d'eau de baignade, y compris le premier remplissage et les installations sanitaires telles que les douches et les toilettes, divisé par le nombre annuel de visiteurs dans les limites du système considéré.</p>	<p>La consommation d'eau d'un bassin extérieur chaud est enregistrée et évaluée dans la piscine couverte.</p>	<p>Besoin spécifique d'eau en l/pers. :</p> <p>Achat annuel d'eau de baignade, y compris le premier remplissage et les installations sanitaires telles que les douches et les toilettes, divisé par le nombre annuel de visiteurs dans les limites du système considéré.</p>



Comparaison des chiffres de consommation spécifiques obtenus avec les chiffres clés des piscines rénovées selon le chapitre 6.1.3. Si ces chiffres clés ne sont pas atteints, on peut partir du principe que l'état énergétique de la piscine est satisfaisant. Les points faibles locaux évidents ne doivent pas pour autant être ignorés et doivent éventuellement faire l'objet d'une analyse approfondie.

Si les chiffres clés pour les piscines rénovées sont dépassés, il est nécessaire d'agir. Une analyse détaillée doit être recommandée afin de déterminer des mesures concrètes permettant d'optimiser la consommation d'énergie et d'eau.

### 6.2.1.5 Recommandations

Les mesures d'exploitation immédiates qui sont réalisables et très économiques doivent être prises sans délai. Les défauts qui sont reconnaissables et qui nuisent à la sécurité de l'exploitation doivent également être éliminés immédiatement. Les défauts évidents qui entraînent une surconsommation d'énergie ou d'eau doivent également être traités immédiatement. La rentabilité des mesures nécessaires à cet effet doit toutefois être examinée au préalable. Pour ce faire, une analyse de rentabilité est réalisée par analogie au chapitre 6.2.2. S'il en ressort un rapport coûts/bénéfices  $< 1$ , la mesure doit être mise en œuvre.

Si les valeurs caractéristiques ne sont pas respectées ou si d'autres points faibles sont constatés sans qu'il soit nécessaire d'agir immédiatement, il est recommandé de procéder à une étude approfondie sous la forme d'une analyse détaillée.

### 6.2.1.6 Rapports

Les résultats de l'analyse sommaire et les propositions pour la mise en œuvre immédiate de mesures ainsi que la suite de la procédure sont résumés dans un rapport succinct et expliqués au client lors d'une réunion.



## 6.2.1.7 Charge de travail pour l'analyse sommaire

Le temps nécessaire à l'analyse sommaire dépend fortement des bases disponibles. Pour les piscines bien documentées, il faut compter entre 3 et 6 jours de travail. En revanche, si des mesures supplémentaires ou des relevés sur place sont nécessaires pour saisir les consommations d'énergie et de ressources ou les données du bâtiment, il faut compter avec un temps de travail plus élevé.

Prestations	Temps consenti
Collecte de données, visite	1 jour de travail
Campagnes de mesure (en option)	1-4 jours de travail
Évaluation	1-3 jours de travail
Préparation des rapports	1-2 jours de travail
<b>Total (sans campagne de mesure)</b>	<b>3-6 jours de travail</b>

Tableau 2 / Charge de travail de l'analyse sommaire

## 6.2.2 Analyse détaillée

### 6.2.2.1 Principes de base

#### 6.2.2.1.1 Objectif de l'analyse détaillée

L'analyse sommaire selon le chapitre 6.2.1 montre si une analyse détaillée est utile ou même indispensable. Si l'exploitant d'une piscine couverte identifie des défauts considérables qui entraînent une augmentation de la consommation d'énergie ou si les indices énergétiques sont dépassés, une analyse détaillée est également indiquée, même sans analyse sommaire. Si la rénovation d'une piscine couverte est prévue, l'analyse détaillée doit dans tous les cas être réalisée dans le cadre de l'avant-projet ; voir le chapitre sur les subventions. L'analyse détaillée présente des mesures énergétiques concrètes et leur rentabilité. L'analyse sert de base de décision au maître d'ouvrage ou à l'exploitant pour la réalisation et la planification budgétaire.

#### 6.2.2.1.2 Limites du système

Les limites du système doivent être appliquées conformément aux définitions du chapitre 6.1.1. La délimitation pour l'analyse détaillée est déterminée en collaboration avec le maître d'ouvrage et doit englober tous les domaines pour lesquels l'exploitant est lui-même responsable. Il faut également indiquer si, en dehors des limites définies du système, on trouve des composants qui ont une influence considérable sur le bilan énergétique.



### 6.2.2.1.3 Exigences

Pour que le maître d'ouvrage puisse décider de la planification des mesures, le résultat global de l'analyse détaillée doit être mis en évidence :

- Économies d'énergie réalisables et production d'énergie utilisable
- Investissements nécessaires  $\pm 25\%$
- Économies de coûts énergétiques
- Rentabilité et paquets de mesures
- Respect des critères d'évaluation énergétique

Une analyse détaillée est une étude et non un plan d'exécution. Elle sert de base de décision pour la suite de la planification. Cela vaut aussi bien pour la précision que pour le niveau de détail de la description. La déduction des coûts et des économies d'énergie doivent être présentées de manière transparente. Il n'est pas demandé d'instructions pour la réalisation ni de propositions pour des produits ou des marques spécifiques.

L'analyse détaillée présente des paquets de mesures concrètes permettant aux piscines couvertes de remplir les critères d'évaluation énergétique. En raison des mesures effectivement réalisées, de l'évolution de la technologie et des prix de l'énergie, les analyses détaillées devraient être mises à jour tous les 5 à 10 ans.

## 6.2.2.2 Procédure pour l'analyse détaillée

### 6.2.2.2.1 Travaux préparatoires des ingénieurs mandatés

L'ingénieur (ou l'équipe mandatée) doit être expert pour les piscines couvertes et en plein air et apporter des connaissances techniques avérées dans les domaines de l'électricité, de la production de chaleur, du traitement de l'eau, de la physique du bâtiment, etc. Une fois le mandat attribué, l'ingénieur mandaté doit demander à l'exploitant les documents nécessaires. Les expériences pratiques ont montré qu'après la première visite avec le maître-nageur, les ingénieurs peuvent se faire une idée des principales possibilités d'amélioration et des axes de travail.

Il convient de clarifier s'il manque des données de base et si des campagnes de mesure supplémentaires sont nécessaires. Celles-ci doivent être mises en œuvre immédiatement. Les dispositifs de mesure serviront également plus tard à l'optimisation générale de l'exploitation et devraient donc être financés par le budget de fonctionnement courant.

Le maître-nageur est un soutien important dans le traitement de l'analyse détaillée. Grâce à son expérience et à ses connaissances, il peut fournir des bases et des indications importantes pour d'éventuelles mesures. Une étroite collaboration est indispensable.



## 6.2.2.2.2 Phases de l'analyse détaillée

L'analyse détaillée se déroule en quatre phases, le contrôle final des résultats et l'optimisation de l'exploitation ne faisant pas partie de l'analyse détaillée. L'analyse détaillée ne comprend pas l'optimisation de l'exploitation (les dépenses liées au contrôle des résultats doivent être traitées séparément dans le mandat).

Tableau 3 / Phases de l'analyse détaillée

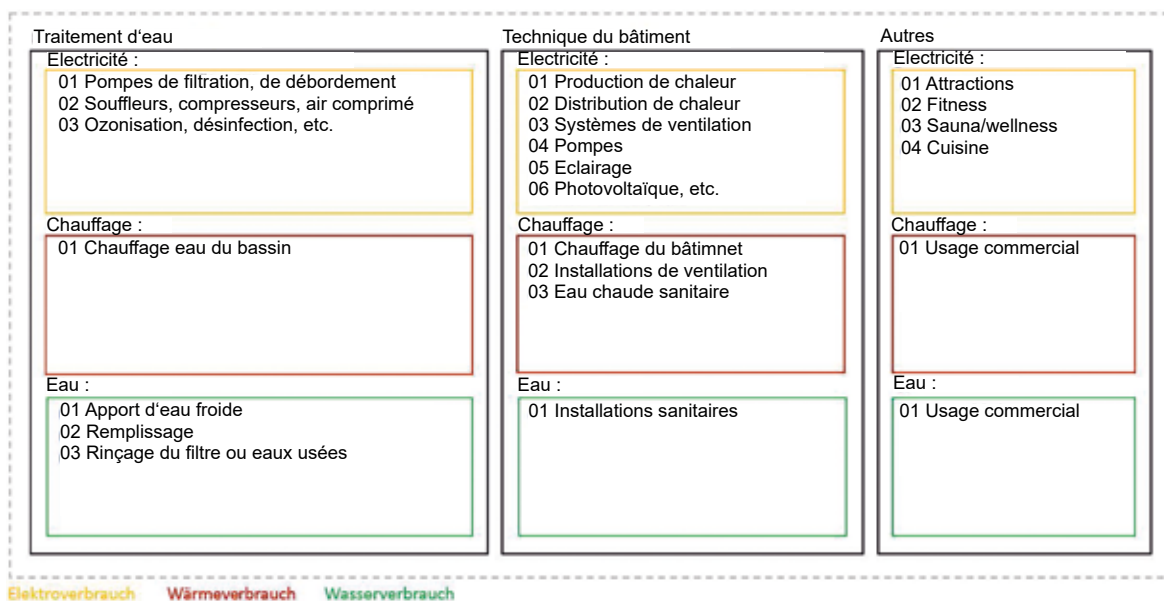
Phase	Étape	Travaux
1	Situation actuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répartition des baignades en catégories selon le chapitre 6.1.2</li> <li>• Collecte de documents et de données (avec le maître-nageur)</li> <li>• Qualité de l'eau de baignade (exigence, feedback)</li> <li>• Climat ambiant (exigence, feedback)</li> <li>• Visite des lieux (avec le maître-nageur)</li> <li>• Effectuer des campagnes de mesure si les données manquent</li> <li>• Relevé des consommateurs d'énergie importants</li> <li>• Enregistrer les mesures énergétiques réalisées et prévues</li> <li>• Déterminer les mesures énergétiques possibles</li> <li>• Bilan énergétique de l'état actuel (électricité, chaleur, eau)</li> <li>• Évaluation état actuel (indicateurs énergétiques, chapitre 6.1.3)</li> <li>• Discussion du résultat intermédiaire avec le maître d'ouvrage</li> </ul>
2	Mesures individuelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lister les mesures individuelles</li> <li>• Brève description de chaque mesure</li> <li>• Économies d'énergie (électricité, chaleur, eau séparément)</li> <li>• Investissements (investissements totaux et investissements liés à l'énergie)</li> <li>• Rentabilité sur la base du rapport coûts/bénéfices</li> </ul>
3	Paquets de mesures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitution de paquets de mesures selon les phases de réalisation</li> <li>• Déterminer les économies d'énergie, les coûts et la rentabilité paquet par paquet</li> <li>• Bilan énergétique de l'état souhaité (chiffres clés de l'énergie, chapitre 6.1.3)</li> <li>• Critères d'évaluation remplis dans l'état théorique (oui ou non)</li> <li>• Évaluation des potentiels externes</li> </ul>
4	Rapports	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédaction d'un rapport avec recommandation</li> <li>• Présentation des résultats lors d'une réunion (avec les décideurs)</li> </ul>
	Contrôle des résultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lors de la planification de l'exécution, de la réalisation des travaux</li> <li>• Après la réalisation (avec optimisation de l'exploitation)</li> </ul>

### 6.2.2.2.3 Phase 1: Situation actuelle

L'état actuel permet de déterminer la consommation d'énergie des parties pertinentes de l'installation ainsi que leur état énergétique et général.

Pour des raisons d'efficacité, tous les consommateurs d'énergie ne doivent pas être examinés dans le détail, seuls les plus gros consommateurs d'énergie et surtout ceux qui présentent des possibilités d'amélioration énergétique seront pris en compte. Il faut cependant identifier autant de consommateurs individuels que nécessaire, jusqu'à ce que plus de 80 % de la consommation d'énergie soit couverte. Dans de nombreuses piscines couvertes, les installations de ventilation, les pompes de filtration et l'éclairage constituent des points forts pour l'optimisation énergétique. Pour les piscines en plein air, ce sont les pompes de filtration qui sont au premier plan.

Un bilan complet de l'énergie et de la consommation d'eau est établi pour l'ensemble de la piscine dans l'état actuel et subdivisé selon le schéma suivant :



La consommation d'énergie des différentes parties de l'installation peut soit être déterminée par une mesure, soit être estimée sur la base de la puissance installée, du mode de fonctionnement et des heures de fonctionnement effectives par an. Lorsque les données font défaut et que leur obtention entraînerait des dépenses disproportionnées, il est possible d'utiliser des valeurs empiriques. Pour les consommateurs représentant une part importante des économies totales possibles, la consommation d'énergie doit, dans la mesure du possible, être basée sur des mesures.



Dans l'analyse détaillée, les composants qui remplissent les conditions suivantes sont examinés de manière approfondie :

### Corps de bâtiment

Composants	Description	Condition	Remarques
<b>Enveloppe du bâtiment</b>	Murs extérieurs, toits	Présentent des défauts évidents	Pas d'évaluation détaillée selon SIA 380
<b>Zones climatiques</b>	Séparation entre les zones climatiques dans les piscines couvertes	Présentent des défauts évidents	Pas d'évaluation détaillée selon SIA 380

Tableau 4 / Conditions d'une analyse détaillée au niveau du corps de bâtiment.

### Technique générale

Composants	Description	Condition	Remarques
<b>Tous</b>	Âge	Durée d'utilisation atteinte, à rénover	Selon SIA 380
<b>Tous</b>	État	Susceptible de tomber en panne, à rénover	
<b>Tous</b>	Consommation d'énergie électrique	> 10'000 kWh/a	En cas de fonctionnement continu à partir de 1 kW
<b>Moteurs en général</b>	Classe d'efficience	< IE3 ou ne répondent pas aux exigences légales	Règlement UE n° 547/2012. Si la classe d'efficacité n'est pas connue, les classes suivantes peuvent être utilisées : Avant 2000: IE0 Dès 2000: IE1 Dès 2012: IE2 Dès 2015: IE3

Tableau 5 / Conditions déclenchant une analyse détaillée dans le domaine des composants généraux





## Traitement de l'eau de bain

Composants	Description	Condition	Remarques
Pompes de filtration	Puissance de circulation	Pas de fonctionnement à charge partielle	SIA385/9:2011
Pompes de filtration	Classe d'efficience	< IE3 ou les exigences légales ne sont pas remplies	Règlement UE N° 547/2012
Rinçage du filtre	Bassin de rinçage	Non existant	
Marche continue	Récupération de chaleur	Non existant	
Marche continue	Récupération de chaleur	Écart de température > 2 K	
Air comprimé	Étanchéité du système	Présence de fuites	
Air comprimé	Pression de service	> 6 bar	
Attractions	Bains de bulles	Pas de contrôle dépendant de l'utilisateur	

Tableau 6 / Conditions pour l'analyse détaillée de certains composants du traitement de l'eau de baignade

## Technique du bâtiment

Composants	Description	Condition	Remarques
Production de chaud	Énergies non renouvelables	Taux maximal dépassé	MoPEC, Aide à l'exécution EN-1
Circulateurs à rotors noyés	1 à 2500 W	Indice d'efficacité énergétique EEI > 0.23	Règlement UE n° 547/2012
Distribution de chaleur	Conduites de chauffage	Insuffisamment isolée	MoPEC
Installation de chauffage	Températures de chauffage	> 40°C	MoPEC
Installation de chauffage	Régulation	Non dépendant de l'utilisateur	MoPEC
Système de ventilation piscine	Moteur de ventilateur	Classe d'efficience < IE3	Règlement UE n° 327/2011
	Entraînement	Pas d'entraînement direct	< 5 kW
	Débit volumétrique	≠ dimensionnement	SICC 2004-1
	Part d'air neuf	> 30%	



### Technique du bâtiment (suite)

	Récupération de chaleur	Rendement annuel < 75%	SIA 382/1
	Régulation	Absence de contrôle du mode de fonctionnement	SICC 2004-1
<b>Ventilation des locaux annexes</b>	Moteur de ventilateur	Classe d'efficacité < IE3	Règlement UE N° 327/2011
	Entraînement	Pas d'entraînement direct	< 5 kW
	Débit volumétrique	≠ Auslegung	SIA 382/1
	Récupération de chaleur	Jahresnutzungsgrad <75%	SIA 382/1
	Régulation	Absence de contrôle du mode de fonctionnement	
<b>Installations sanitaires</b>	Conduites d'eau chaude	Insuffisamment isolées	MoPEC
<b>Inst. sanitaires</b>	Ballon d'eau chaude	Non conforme à l'exigence d'efficacité énergétique	SIA 385/1
<b>Inst. sanitaires</b>	Ballon d'eau chaude	Insuffisamment isolée	MoPEC
<b>Inst. sanitaires</b>	Ballon d'eau chaude	Conduite de circulation	
<b>Inst. sanitaires</b>	Récup. sur eau des douches	Non existant	
<b>Éclairage</b>	LED	Non existant	SIA 380/4
<b>Éclairage</b>	Détecteur de mouvement	Non existant	par ex. dans les vestiaires
<b>Éclairage</b>	Selon la lumière du jour	Pas de contrôle de l'éclairage	
<b>Stores</b>	Selon la lumière du jour	Pas de commande de stores	
<b>Sous-distribution</b>	Compensation du courant réactif	Non existant	

Tableau 7 / Conditions d'analyse détaillée de certains composants de la technique du bâtiment

## Autres

Composants	Description	Condition	Remarques
<b>Bassins</b>	Couverture de bassin	Non existant	généralement non rentable pour les piscines publiques couvertes
<b>Toboggan extérieur</b>	Isolation thermique	Non existant	
<b>Toboggan extérieur</b>	Exploitation	En dehors des heures d'ouverture	
<b>Attractions</b>	Exploitation	En dehors des heures d'ouverture	
<b>Sauna</b>	Gestion de la charge	Non existant	Lisser la consommation dans le cas de plusieurs cabines de sauna.
<b>Sauna</b>	Récup. chaleur sauna	Non existant	

Tableau 8 / Conditions pour une analyse détaillée d'autres composants

## Eau

Composants	Description	Condition	Remarques
<b>Eaux usées</b>	Utilisation multiple	Non existant	
<b>Bassin tampon</b>	Débordement de secours	Perte d'eau apparente	En raison de niveau mal ou incontrôlé
<b>Douches</b>	Robinetterie à économie d'eau	Non existant	
<b>Douches</b>	Pilotage temporisé	Non existant	
<b>Restaurant/Cuisine</b>	Robinetterie à économie d'eau	Non existant	
<b>Fitness / Sauna</b>	Robinetterie à économie d'eau	Non existant	
<b>Attractions</b>	Débit d'eau régulé	Non existant	

Tableau 9 / Conditions pour une analyse détaillée du bilan de la consommation d'eau

Les consommateurs peuvent être résumés dans la compilation (annexe 1).



## 6.2.2.2.4 Phase 2 : Mesures individuelles

Les mesures individuelles proposées dans l'analyse détaillée doivent être techniquement réalisables et respecter les conditions légales, hygiéniques et d'exploitation de l'installation. L'économie d'énergie est déterminée à partir de l'état actuel par la réduction de la puissance annuelle moyenne effective d'une part et par la consommation d'énergie après l'optimisation énergétique d'autre part.

Pour chaque mesure individuelle, les investissements sont calculés ou estimés. Si les montants sont importants, des offres de prix indicatifs sont demandées dans la mesure du possible. Pour les montants plus faibles ou les facteurs d'incertitude peu importants, des valeurs empiriques peuvent être utilisées par les spécialistes correspondants. La part des investissements supplémentaires liés à l'énergie qui dépassent les prescriptions légales et les investissements supplémentaires pour l'espace supplémentaire doivent être estimés et présentés séparément. Les investissements pour l'entretien, le maintien de la valeur, l'augmentation de la valeur, la réparation de dommages ou les mesures visant à satisfaire aux exigences légales ne sont pas des investissements liés à l'énergie.

En raison de la libéralisation partielle du marché de l'électricité en Suisse, il convient, pour les grandes piscines dont la consommation d'électricité est  $> 100\,000$  kWh par an (état 2016), de vérifier les contrats avec l'entreprise d'approvisionnement en énergie et de demander d'éventuelles offres concurrentes. Même si ces mesures ne permettent pas de réaliser des économies d'énergie, elles peuvent être financièrement intéressantes pour le maître d'ouvrage.

Pour chaque mesure individuelle, les informations suivantes doivent être fournies en vue de la rentabilité. Les instructions pour le calcul se trouvent au chapitre 6.2.2.4 Calcul de la rentabilité.

- Durée d'utilisation
- Investissements (total et liés à l'énergie)
- Coûts annuels
- Bénéfice annuel
- Rapport coût-bénéfice

Les coûts énergétiques ou les économies sont calculés de manière différenciée selon les sources d'énergie. En règle générale, les prix moyens de l'électricité sont utilisés pour toutes les mesures. Ce n'est que lorsque le résultat global est considérablement influencé par des différences de tarifs que les nouveaux tarifs doivent être considérés de manière différenciée pour certaines mesures, en fonction des tarifs ainsi que du prix de la puissance. Il convient d'examiner si les économies d'énergie réalisées grâce à la mise en œuvre des mesures pourraient entraîner une augmentation des tarifs. Cela peut être le cas, par exemple, pour les contrats avec les fournisseurs d'électricité si les économies d'énergie permettent de passer en dessous d'un seuil quantitatif pour obtenir des rabais supplémentaires.

Les mesures individuelles avec un rapport coûts/bénéfices  $K / N \leq 1$  sont rentables, car les coûts sont globalement inférieurs aux économies réalisées. Elles génèrent un bénéfice.

*Les mesures individuelles peuvent être résumées dans la compilation des mesures (annexe 2).*



## 6.2.2.2.5 Phase 3 : Répartition des mesures

Les mesures individuelles sont réparties selon trois phases de réalisation :

- Mesures immédiates
- Mesures à court terme
- Mesures dépendantes

L'attribution des mesures individuelles aux paquets de mesures se fait selon les critères suivants :

**Mesures immédiates** : à réaliser en 0 à 2 ans

- très économique (rapport coûts/bénéfices  $< 0,4$ ) ou adaptation urgente aux exigences actuelles ou réparation des dommages pour réduire les pertes de substance.
- Pas de problèmes consécutifs à des mesures ultérieures, indépendants les uns des autres.
- Pas de problèmes d'exploitation, de traitement d'eau, de physique du bâtiment ou techniques.

**Mesures à court terme** : à réaliser en 2 à 5 ans

- Les mesures seront étudiées plus en détail dans le cadre d'un projet et seront intégrées dans la Mise en œuvre de la planification d'exécution.

**Mesures dépendantes** : à réaliser en 1 à 10 ans

- Mesures qui, en raison d'un mauvais rapport coût-efficacité ou d'autres dépendances, ne peuvent être réalisées qu'en relation avec des travaux généraux d'assainissement, d'entretien ou de rénovation.

*Les paquets de mesures peuvent être résumés dans la compilation des mesures (annexe 2).*



## 6.2.2.2.6 Phase 4 : Rapports

Le rapport d'analyse détaillé est présenté de manière à ce que :

- les connaissances pertinentes nécessaires à la décision de l'exploitant concernant la planification d'exécution ultérieure soient contenues (tous les documents détaillés tels que les mesures, les calculs doivent être archivés, surtout pour la planification ultérieure et le contrôle des résultats),
- les calculs et les conclusions soient compréhensibles,
- les mesures proposées en qualité d'étude soient prises en compte dans la phase de projet et puissent être reprises,
- les économies d'énergie, les coûts, l'utilité et le rapport coût-utilité de chaque mesure et des trois paquets de mesures soient visibles pour la décision de réalisation,
- tous les paramètres d'exploitation pertinents pour le résultat, les hypothèses de base, les états de l'installation, les délimitations, etc. soient indiqués.

## 6.2.2.2.7 Contrôle des résultats

Après la réalisation, il convient de vérifier si les mesures proposées dans l'analyse détaillée ont été entièrement intégrées dans le projet global et si elles ont ensuite été mises en œuvre. Un contrôle des résultats doit permettre de vérifier si l'effet énergétique et la rentabilité ont été atteints ou, au contraire, pourquoi certaines mesures n'ont pas pu être réalisées.

Le contrôle des résultats peut être effectué par le même spécialiste des piscines que celui qui a réalisé l'analyse détaillée ou par un spécialiste indépendant.

L'analyse détaillée selon le chapitre 6.2.2 sert de base au contrôle des résultats. La nouvelle comparaison avec les indices énergétiques après la réalisation selon le chapitre 6.1.3 montre le succès des mesures mises en œuvre et la nécessité d'éventuelles améliorations.



## 6.2.2.3 Effort

Le coût d'une analyse détaillée dépend de nombreux facteurs. On part du principe que les données de base nécessaires sont disponibles chez l'exploitant dans une qualité suffisante. Comparer à ce sujet les listes du chapitre 6.2.2.2.3 (phase 1 : état actuel). La charge de travail s'applique aux spécialistes ayant de l'expérience dans l'élaboration d'analyses détaillées pour les piscines.

La charge de travail pour le contrôle des résultats doit être traitée séparément dans le mandat.

Pour une piscine couverte de taille moyenne (surface d'eau de 500 à 1 000 m<sup>2</sup>, avec une attraction) ou une piscine en plein air (surface d'eau < 1 500 m<sup>2</sup>, avec une attraction), on compte un temps de travail de 11 à 22 jours ouvrables pour l'analyse détaillée, sans campagnes de mesure supplémentaires. Les campagnes de mesure peuvent nécessiter de 3 à 10 jours de travail supplémentaires. Le traitement de l'eau est effectué selon une procédure conforme à la norme SIA 385/9:2011.

Phase	Prestations	Effort
<b>1</b>	Situation actuelle	2 – 5 jours
<b>2</b>	Mesures individuelles	5 – 10 jours
<b>3</b>	Paquets de mesures	1 – 2 jours
<b>4</b>	Rapports	3 – 5 jours
<b>1-4</b>	<b>Total des prestations</b>	<b>11 – 22 jours</b>
<b>Si nécessaire</b>	Campagnes de mesure	3 – 10 jours

Tableau 10 / Effort pour l'analyse détaillée







## 6.2.2.4 Calcul de rentabilité

### 6.2.2.4.1 Principes de rentabilité

L'évaluation des coûts ne doit en aucun cas se limiter à l'évaluation des investissements ; cela conduit à une image erronée. Le critère décisif est un calcul de rentabilité global sur la durée de vie. Celui-ci comprend une analyse complète des coûts ; outre les investissements, les coûts d'exploitation et d'énergie sont bien entendu également pris en compte. La durée d'utilisation totale des mesures est prise en compte. Pour l'évaluation de la rentabilité, la méthode coûts-bénéfices s'est imposée en Suisse et en Allemagne. Dans ce nouveau manuel, les bases s'appuient sur des indications tirées des normes SIA (SIA 480:2004 et SIA 480:2016). Dans ces normes, il est exigé qu'en plus d'un calcul économique, une variante incluant les coûts externes soit soumise aux décideurs. Dans leurs décisions, la plupart des exploitants ne tiennent toutefois pas seulement compte des coûts économiques et des coûts externes, mais également d'autres aspects tels que la sécurité d'approvisionnement, la sécurité d'exploitation, la durabilité, la protection du climat, etc.

L'objectif des bains est de mettre en œuvre un ensemble de mesures permettant de réaliser les plus grandes économies d'énergie possibles et qui soit également rentable en tant que paquet global (rapport coûts/bénéfices inférieur à 1,0). Ainsi, même les mesures qui ne sont pas rentables en soi, mais qui permettent de réaliser des économies d'énergie supplémentaires, doivent tout de même être mises en œuvre. Cette limite de rentabilité tient également compte des coûts externes et d'une future taxation de l'énergie.

### 6.2.2.4.2 Méthode coûts-bénéfices

Pour calculer la rentabilité des mesures énergétiques, on utilise la méthode du rapport coûts/bénéfices avec l'annuité. Les coûts annuels moyens totaux engendrés par la mesure énergétique pendant sa durée d'utilisation sont comparés aux bénéfices annuels totaux.

Les coûts annuels résultent de :

- Coûts en capital des investissements supplémentaires liés à l'énergie
- les frais de maintenance et d'entretien (dépenses supplémentaires en personnel, frais annexes, etc.).

Le bénéfice annuel résulte de :

- des économies de coûts énergétiques et, le cas échéant
- des économies supplémentaires de frais de fonctionnement.

En règle générale, la durée d'utilisation peut être répartie de manière uniforme selon trois catégories simples. Pour les parties d'installations plus fortement sollicitées par l'exploitation des bains, on part du principe que la durée d'utilisation est plus courte. Dans des cas justifiés et en cas d'importantes économies d'énergie, il est possible de considérer la durée d'utilisation de manière différenciée (cf. SIA 380/1 et SIA 480).



<b>Hypothèses pour le calcul de la rentabilité</b>			
	Durée d'utilisation q	Facteur moyen m**	Facteur d'annuité a*
<b>Substance du bâtiment, tuyauterie</b>	30 ans	1.320	0.051
<b>Équipements électromécanique</b>	15 ans	1.163	0.084
<b>Électricité, mesure, régulation et contrôle</b>	10 ans	1.111	0.117
* Pour un taux d'intérêt calculé i de 3%			
** pour une augmentation du prix de l'énergie et des coûts d'exploitation e de 2%			

Tableau 11 / Hypothèses pour le calcul de la rentabilité

## 6.2.2.4.2.1 Coûts

Les coûts annuels des mesures énergétiques sont calculés à partir des coûts du capital pour les investissements supplémentaires liés à l'énergie, plus les éventuels frais d'entretien et d'exploitation supplémentaires. Le taux d'intérêt utilisé pour le calcul doit être celui en vigueur pour les projets publics. Il ne faut en aucun cas utiliser un taux d'intérêt supérieur à celui que l'on peut obtenir actuellement avec un taux d'intérêt fixe à long terme.

Le calcul se base sur la norme SIA 480:2016, Calcul de rentabilité pour les investissements dans le bâtiment. Pour les projets du secteur public, un taux d'intérêt calculé de 5 % était recommandé dans la version de 2004. Dans le contexte actuel des taux d'intérêt, un taux d'intérêt calculé de 2 à 3 % est plus réaliste. Des tableaux peuvent également être utilisés pour calculer le facteur d'annuité et le facteur de valeur moyenne.

Les investissements comprennent toutes les dépenses pour la planification, la construction, la mise en service, les coûts d'investissement, etc. Les honoraires pour la planification et la réalisation doivent également être pris en compte.

Lors de l'évaluation des mesures énergétiques, l'analyse de la rentabilité ne doit pas se baser sur l'ensemble des investissements, mais uniquement sur les investissements supplémentaires dus à l'énergie. Souvent, certaines parties des piscines ne sont pas remplacées pour des raisons énergétiques, mais dans le cadre d'une rénovation générale. Les investissements pour l'entretien général, le maintien ou l'augmentation de la valeur, la réparation des dégâts de construction, le respect des exigences légales, etc. ne sont pas imputables aux mesures énergétiques. Lors du remplacement d'une pompe en raison de son âge, il ne faut par exemple prendre en compte dans la comparaison de rentabilité que le montant des dépenses qui, pour une variante avec des moteurs économiques, est plus élevé que pour une variante avec des moteurs usuels. Si une partie de l'installation est remplacée prématurément pour des raisons purement énergétiques et qu'elle n'a pas encore atteint sa durée d'utilisation, la totalité de la valeur comptable résiduelle de la partie de l'installation doit en revanche être prise en compte dans le calcul des coûts énergétiques.



Les investissements seuls ne constituent pas une base pour une analyse sérieuse de la rentabilité, il faut pour cela une analyse globale avec la méthode coûts-bénéfices.

$$K = I \cdot a + A \cdot m \qquad a = \frac{(1+i)^q \cdot i}{(1+i)^q - 1} \qquad m = \frac{(1+\frac{i-e}{1+e})^q - 1}{(\frac{1-e}{1+e}) + (1+\frac{i-e}{1+e})^q} * a$$

K = Coût du capital [CHF/a]

I = investissements liés à l'énergie [CHF]

a = Facteur d'annuité [-]

A = Frais d'exploitation et d'entretien [CHF/a]

m = Facteur moyen de l'augmentation du prix de l'énergie et des coûts d'exploitation [-]

q = Durée d'utilisation [a]

i = Taux d'intérêt calculé [%]

e = Augmentation du prix de l'énergie et des coûts d'exploitation [%]

## 6.2.2.4.2 Bénéfice

Le bénéfice annuel se calcule à partir des économies d'énergie annuelles moyennes, considérées sur toute la durée d'utilisation de la mesure. Le renchérissement du prix de l'énergie est pris en compte à l'aide du facteur de valeur moyenne. Pour les installations publiques en particulier, les coûts externes doivent également être mis en évidence pour les décisions.

Les investissements dans le domaine de l'énergie se caractérisent par une longue durée d'utilisation, l'analyse de la rentabilité nécessite donc une approche à long terme. Les prix de l'énergie étant des valeurs variables en raison du marché, il convient de tenir compte de leur évolution pendant la durée d'utilisation. L'utilisation d'hypothèses incertaines pour l'avenir donnera toujours des résultats plus réalistes que si l'on se base sur les tarifs actuels. L'analyse coûts-bénéfices tient compte de ce comportement dynamique en multipliant les prix actuels par le facteur de valeur moyenne de l'imposition des prix de l'énergie. Les bases de la variation annuelle des prix de l'énergie se trouvent dans la norme SIA 480:2016.

$$N = N_e \cdot m + N_b \cdot m$$

N = Bénéfice annuel [CHF/a]

N<sub>e</sub> = économies annuelles sur les coûts énergétiques [CHF/a]

N<sub>b</sub> = économies de coûts d'exploitation annuels [CHF/a]

m = Facteur moyen de l'augmentation du prix de l'énergie et des coûts d'exploitation [-]

### 6.2.2.4.2.3 Coûts externes

Seules les économies de coûts d'exploitation sont prises en compte dans les bénéfices. Les économies d'énergie réduisent la pollution de l'environnement et entraînent ainsi des économies supplémentaires en dehors de la piscine. La population et l'économie profitent de ces avantages économiques, raison pour laquelle il convient d'en tenir compte dans une vision globale, y compris pour les institutions publiques. La Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA) fournit des indications concrètes pour le calcul des coûts externes [SIA 480:2016].

Les coûts externes sont décrits de manière qualitative dans l'analyse détaillée en dehors du rapport coûts/bénéfices de l'économie d'entreprise. Les différentes sources d'énergie génèrent des coûts externes différents et ont des répercussions différentes sur les coûts externes tels que la perte de surfaces agricoles, la santé, les dommages aux bâtiments.

### 6.2.2.4.2.4 Rapport coût-efficacité

L'évaluation de la rentabilité se base sur le rapport coûts/bénéfices, qui se calcule de la manière suivante :

$$\text{Rapport coûts - bénéfices} = \frac{K}{N}$$

*Les paquets de mesures avec  $K/N < 1$  sont rentables, car les coûts totaux sont inférieurs aux économies réalisées. Ils génèrent un bénéfice. Outre une analyse purement économique, une variante avec les coûts externes est également utilisée comme base de décision.*

#### **Exemple de calcul à partir d'une mesure individuelle :**

Deux anciennes pompes de filtration (année de construction 1980) doivent être remplacées pour des raisons d'âge. Il faut profiter de cet événement pour optimiser le système d'entraînement et la machine de travail sur le plan énergétique. De ces réflexions résultent une pompe et un système d'entraînement qui répondent aux exigences de l'entreprise et présentent un meilleur taux d'utilisation énergétique.

**Coûts :** Les investissements pour le remplacement des deux pompes de filtration, y compris la commande, les autres adaptations et les honoraires s'élèvent à CHF 85'000.-. Pour un remplacement habituel des pompes de filtration - sans optimisation énergétique, les investissements s'élèveraient à CHF 65'000.-. Pour le calcul de la rentabilité des mesures d'économie d'énergie, il faut donc tenir compte d'investissements supplémentaires de CHF 20'000.- liés à l'énergie.



Les coûts annuels du capital sont calculés au moyen de l'annuité (hypothèses pour ce cas : taux d'intérêt calculé  $i = 3\%$ , durée d'utilisation  $q = 15$  ans, ce qui donne le facteur d'annuité  $a = 0,084$ ):

$$K_1 = I \cdot a = \text{CHF } 20'000.- \cdot 0,084 = 1'680.- \text{ CHF/a}$$

En ce qui concerne les coûts d'exploitation, il faut s'attendre aux dépenses supplémentaires suivantes pendant la durée d'utilisation de 15 ans : en plus, un nettoyage de la pompe (démontage de la pompe) par an, coûts  $A$  env. 500.- CHF/a. Hypothèses pour ce cas : augmentation des coûts d'exploitation  $e = 2\%$ , donne un facteur de valeur moyenne  $m = 1,163$ )

$$K_A = A \cdot m = 500.- \text{ CHF/a} \cdot 1,163.- = 582.- \text{ CHF/a}$$

Il en résulte des coûts annuels de

$$K = K_1 + K_A = 1'680.- \text{ CHF/a} + 582.- \text{ CHF/a} = 2'262.- \text{ CHF/a}$$

**Bénéfice** : Avec une consommation d'énergie annuelle des pompes actuelles de 100'000 kWh, l'amélioration du taux d'utilisation de 0,45 à 0,55 permet d'économiser 18'182 kWh/an. Avec un prix de l'énergie de 0,15 centimes/kWh, l'économie est de 2'727 CHF/an.

En ce qui concerne les frais de maintenance et d'entretien, on peut s'attendre à la réduction suivante des dépenses : la révision des moteurs modernes ne doit plus être effectuée chaque année, mais seulement tous les deux ans : économie de coûts d'environ 600 CHF/a.

Hypothèse : l'augmentation du prix de l'énergie et l'augmentation des coûts d'exploitation évoluent de manière identique avec  $e = 2\%$  et donc un facteur de valeur moyenne  $m = 1,163$ . Il en résulte un bénéfice annuel pendant la durée d'utilisation de 15 ans de

$$N = N_e \cdot m + N_b \cdot m = (2'727 \text{ CHF/a} \cdot 1,163) + (600 \text{ CHF/a} \cdot 1,163) = 3'869 \text{ CHF/a}$$

$$\frac{K}{N} = \frac{2'262 \text{ Fr./a}}{3'869 \text{ Fr./a}} = 0,58$$

Avec un rapport coûts/bénéfices de 0,58, la mesure est rentable. Les investissements supplémentaires de CHF 20'000.- sont rentables, il en résulte un gain de  $15 \cdot 1'607.- = \text{CHF } 25'105.-$  sur la durée d'utilisation des 15 prochaines années.

### Coûts externes

L'économie d'électricité entraîne en outre une réduction des coûts externes, tels que les coûts liés aux atteintes à la santé, aux dommages aux bâtiments et à l'agriculture. Le remplacement des pompes est non seulement utile du point de vue de l'économie d'entreprise, mais aussi du point de vue de l'économie nationale.



## 6.2.2.5 Cahier des charges pour l'analyse détaillée

L'analyse énergétique détaillée est une partie utile d'une étude de rénovation complète.

### 6.2.2.5.1 Objectif

L'objectif du cahier des charges est de définir les tâches ainsi que les hypothèses de base pour l'analyse détaillée de la manière la plus uniforme et précise possible. Il permet au maître d'ouvrage de formuler un mandat. Il s'agit de garantir que le maître d'ouvrage reçoive de l'ingénieur mandaté une analyse qui :

- atteigne les objectifs fixés en matière d'économie d'énergie et d'eau
- corresponde à l'état actuel des exigences professionnelles
- couvre de manière exhaustive et complète toutes les possibilités d'économie d'énergie
- n'augmente pas les coûts par des dépenses inutiles

Le cahier des charges doit également garantir que l'ingénieur reçoive du maître d'ouvrage les documents nécessaires à son traitement et que la mission soit délimitée en termes de précision et d'étendue, ainsi que de clarifications non énergétiques. L'analyse détaillée n'est pas une étude d'assainissement complète.

Pour les piscines d'apprentissage, les petites piscines couvertes et les petites piscines en plein air, le temps consacré à l'analyse détaillée est plus élevé que pour les grandes installations, par rapport aux économies absolues. Dans ces cas, l'analyse détaillée doit être réalisée de manière simplifiée, c'est-à-dire que les mesures plus importantes doivent être placées au centre.

### 6.2.2.5.2 Liste de contrôle

Les listes de contrôle suivantes sont destinées à aider les parties impliquées dans l'analyse détaillée, définir les tâches à accomplir.



<b>Données / services à mettre à disposition par le maître d'ouvrage</b>	
<b>Données générales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Désignation de l'objet et adresse</li> <li>• Propriétaire et exploitant</li> <li>• Personnes de contact</li> <li>• Définir précisément la situation de départ, l'état actuel et l'état futur</li> <li>• Assurer les mesures nécessaires (installation, relevé)</li> <li>• Études énergétiques préalables (contrôle sommaire, remise de mesures individuelles)</li> <li>• Année de construction de l'installation</li> <li>• Nombre de visiteurs</li> <li>• Heures d'ouverture</li> <li>• Périodes de révision</li> <li>• Températures des bassins</li> <li>• Températures de l'air ambiant</li> <li>• Plans de l'état existant</li> </ul>
<b>Historique des rénovations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rénovations générales et énergétiques effectuées</li> <li>• Extensions et aménagements réalisés</li> </ul>
<b>Changements prévus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intentions générales et énergétiques en matière de rénovation</li> <li>• Agrandissements, transformations prévues</li> <li>• Changement de la fréquentation</li> </ul>
<b>Informations concernant l'exploitation</b>	<p>Valeurs mensuelles d'une année d'exploitation "normale" et somme annuelle, si possible des trois dernières années.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation et coûts électricité, combustibles, chauffage urbain</li> <li>• Volumes d'eau et d'eaux usées</li> </ul>
<b>Description de la technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schéma de synthèse</li> <li>• Schémas de principe des différents corps de métier</li> <li>• Régulation de l'installation (fonctionnement à charge partielle, climat de la halle)</li> <li>• Interfaces</li> </ul>
<b>Documents techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indications des principaux consommateurs d'électricité</li> <li>• Données des principales installations de production d'énergie</li> <li>• Indications des principaux consommateurs d'eau</li> </ul>
<b>Visite avec le personnel de l'entreprise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accompagnement par le personnel d'exploitation</li> <li>• Communiquer l'état des principaux consommateurs d'énergie / producteurs</li> <li>• Communiquer les défauts énergétiques et généraux</li> <li>• Fournir des documents supplémentaires sur la consommation d'énergie et les heures de fonctionnement</li> <li>• Convenir de l'installation et du relevé de mesures supplémentaires</li> </ul>

Tableau 12 / Cahier des charges de l'analyse détaillée du maître d'ouvrage





<b>Données à déterminer par l'ingénieur mandaté</b>	
<b>État existant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement de tous les consommateurs d'énergie importants</li> <li>• Bilan énergétique de l'état actuel différencié selon les parties de l'installation pour l'électricité, la chaleur, l'eau</li> <li>• Évaluation des paramètres énergétiques et de l'état actuel général</li> </ul>
<b>Catalogue de mesures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesures individuelles classées par paquet de mesures</li> <li>• Durée d'utilisation</li> <li>• Investissements séparés en fonction des investissements totaux et des investissements supplémentaires liés à l'énergie</li> <li>• Économies d'énergie différenciées selon l'électricité et la chaleur</li> <li>• Économies d'eau</li> <li>• Coûts annuels des surinvestissements liés à l'énergie avec annuité plus frais d'entretien</li> <li>• Bénéfice annuel</li> <li>• Rapport coûts/bénéfices</li> </ul>
<b>Documents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport</li> <li>• Recommandation paquets de mesures</li> <li>• Bilan énergétique</li> <li>• Rentabilité</li> </ul>

Tableau 13 / Cahier des charges de l'analyse détaillée Ingénieur



## 6.2.2.6 Annexes

### 6.2.2.6.1 Annexe 1

#### Récapitulation des consommateurs d'énergie





Description	Marque	Type	Puissance [kW]	Heures d'exploitation [h/d]	Saison [d/s]	Besoin en énergie [kWh/a]	Remarques	Évaluation
<i>Pompe de filtration</i>	Herborner	Herborner.X-PM	11	14	250	38'500	Fonctionnement de jour	
			6	10	250	15'000	Fonctionnement de nuit	
<i>Chauffage de l'eau de bain</i>						500'000	Compteur de chaleur	

Tableau 14 / Récapitulation des consommateurs d'énergie



## 6.2.2.6.2 Annexe 2

### Récapitulation des consommateurs d'eau





Description	Type	Consommation [m <sup>3</sup> /a]	Visiteurs par année [Pers./a]	Consommation d'eau spécif. [L/Pers.]	Remarques	Évaluation
<i>Alimentation continue</i>		3'900	30'000	130		

Tableau 15 / Récapitulation des consommateurs d'eau



### 6.2.2.6.3 Annexe 3

Récapitulation des mesures de l'analyse Analyse fine et de sa rentabilité





Description des Actions	Investissements I			Coûts K			Bénéfices N				Rapport coût-efficacité K/N [-] $(4+5)/(6+7)$	Paquet de mesures SM/KM/AM
	Total [Fr.] (1)	Conditionné par l'énergie [Fr.] (2)	Durée d'utilisation q [a] (3)	Coût du capital $K_i$ [Fr./a] (4)	Coûts d'exploitation $K_a$ [Fr./a] (5)	Total K [Fr./a] (4+5)	Économie de coûts énergétique $N_e$ [Fr./a] (6)	Économie de frais d'exploitation $N_b$ [Fr./a] (7)	Total N [Fr./a] (6+7)			
<b>Total</b>												

Tableau 16 / Récapitulatif des mesures de l'analyse détaillée et de leur rentabilité.





## 6.3 Subventions

Dans le cadre d'une rénovation ou d'un agrandissement, il vaut la peine d'analyser systématiquement le potentiel énergétique d'une piscine couverte et de mettre en œuvre les mesures énergétiques judicieuses, d'autant plus que la Confédération, les cantons, les communes et d'autres institutions soutiennent financièrement de diverses manières les études et les mesures énergétiques. Il existe également différentes possibilités de soutien pour les piscines couvertes et en plein air. Grâce à ces aides, les exploitants de piscines couvertes reçoivent une incitation financière à réaliser davantage de mesures énergétiques. De plus, les planificateurs peuvent, avec le soutien des subventions, déterminer systématiquement les potentiels énergétiques des piscines couvertes et en plein air ou, au plus tard lors d'un avant-projet, examiner de manière plus approfondie les variantes les plus optimales sur le plan énergétique.

Vous trouverez ci-dessous une vue d'ensemble des différentes „sources de financement“ pour les mesures énergétiques dans les piscines couvertes au niveau national, cantonal et communal. De plus amples informations à ce sujet ainsi que sur la promotion des analyses énergétiques peuvent être obtenues auprès de l'association InfraWatt ([www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch)), des services cantonaux de l'énergie ou sur le site [www.francsenergie.ch/fr](http://www.francsenergie.ch/fr). Il convient également de se renseigner sur la situation actuelle, car les budgets disponibles ou les conditions d'encouragement peuvent changer rapidement.

### 6.3.1 Subventions à l'échelle nationale

Pour les piscines couvertes et en plein air, il existe en Suisse trois sources d'énergie différentes, qui couvrent les principaux domaines énergétiques, mais qui sont gérées par des organismes responsables aux exigences totalement différentes :

- |  |             |
|--|-------------|
| • Mesures d'économie d'électricité :                                       | ProKilowatt |
| • Production d'électricité renouvelable (RPC):                             | Swissgrid   |
| • Chaleur renouvelable/chaleur résiduelle (compensation CO <sub>2</sub> ): | KliK        |

#### 6.3.1.1 Mesures d'économie d'électricité (ProKilowatt)

ProKilowatt encourage les mesures d'économie d'électricité dans les domaines les plus divers, y compris les piscines couvertes et en plein air. Il est intéressant de noter que des études de faisabilité peuvent également être soutenues financièrement. Le programme est mis en œuvre par le bureau ProKilowatt sous la direction de l'Office fédéral de l'énergie et financé par le fonds RPC à partir de la taxe sur l'électricité.

ProKilowatt soutient les mesures qui permettent de réaliser des économies d'électricité. La rémunération est fonction de l'importance des économies d'électricité et d'une part maximale des investissements, actuellement comprise entre 15 et 40 %.

Cette aide est attribuée à condition que les mesures d'économie d'électricité soient réalisées en plus, preuves à l'appui, et qu'elles ne soient pas prescrites par la loi. Les dépassements sont autorisés, par exemple pour le modèle des gros consommateurs.

- Informations : [www.prokilowatt.ch](http://www.prokilowatt.ch)

### 6.3.1.2 Production d'électricité

La rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) permet d'encourager financièrement la construction d'installations de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. Les fonds proviennent de la taxe sur le réseau électrique suisse. L'organisme responsable du programme d'encouragement est la société nationale pour l'exploitation du réseau Swissgrid, sous la direction de l'OFEN.

Pour les piscines couvertes, la priorité est donnée à la production d'électricité à partir de l'énergie solaire, voire d'éoliennes. Conformément à l'ordonnance actuelle, les petites installations photovoltaïques sont encouragées par des contributions à l'investissement, les grandes installations par une rémunération pour le courant injecté. Il est possible de se renseigner auprès de Swissgrid pour savoir dans quelle mesure les nouvelles installations seront également encouragées à l'avenir.

- Renseignements sur l'état actuel de la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) : [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch)

### 6.3.1.3 Chaleur renouvelable et de récupération

La Fondation KliK (pour la protection du climat et la compensation des émissions de CO<sub>2</sub>) soutient diverses mesures dans le domaine du bâtiment qui réduisent la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. En font partie le passage d'installations de chauffage stationnaires et mobiles à des opérations utilisant des énergies renouvelables ainsi que la régulation du chauffage pour une utilisation plus efficace de l'énergie. En font partie, les nouvelles pompes à chaleur, les chauffages à bois, la chaleur des eaux usées, le chauffage à distance des usines d'incinération des ordures ménagères, les installations utilisant la chaleur résiduelle de l'industrie ou des centres de calculs, etc.

Les conditions d'éligibilité sont les suivantes : il ne doit pas s'agir de nouvelles constructions, l'installation de chauffage alternative doit être nouvelle et les chauffages fossiles existants doivent être remplacés. L'installation alternative ne doit pas encore être réalisée, les contrats d'entreprise ne doivent pas encore être signés.

Il est important que la demande soit déposée à temps, c'est-à-dire encore pendant la phase de planification. Si une piscine couverte prévoit de remplacer un ancien chauffage au mazout ou au gaz naturel par une nouvelle pompe à chaleur, un chauffage au bois ou l'utilisation de rejets thermiques internes ou externes, il est recommandé d'envisager de déposer une demande auprès de KliK.



Si une piscine couverte est raccordée à un réseau de chaleur ou à un réseau de chauffage à distance et qu'elle utilise de la chaleur issue de la biomasse (bois, déchets), de pompes à chaleur ou de rejets thermiques, l'exploitant de la piscine couverte peut bénéficier directement ou indirectement de subventions si les fonds correspondants sont demandés à KliK.

En revanche, si l'exploitant de la piscine couverte met lui-même en place un réseau de chaleur de proximité et fournit également de la chaleur à d'autres utilisateurs, il est possible de soumettre le projet au programme „Réseaux de chaleur“ d'InfraWatt (info@infrawatt.ch). Cela présente l'avantage que la procédure d'autorisation est simple et rapide.

- Informations : **[www.infrawatt.ch/fr](http://www.infrawatt.ch/fr)** ou **[www.klik.ch/fr](http://www.klik.ch/fr)**

## 6.3.2 Subventions cantonales

De nombreux cantons encouragent activement l'optimisation énergétique, en mettant l'accent sur les mesures concernant l'enveloppe du bâtiment et les installations de chauffage alternatives. Les analyses énergétiques ou les études de faisabilité peuvent également être soutenues par les cantons. Les services de l'énergie du canton concerné fournissent des informations.

- Liste des services de l'énergie de tous les cantons :  
**<https://www.leprogrammebatiments.ch/fr/>**

## 6.3.3 Subventions communales

Les communes ou les entreprises de distribution d'énergie ont également des programmes de soutien pour l'optimisation énergétique, mais les bâtiments communaux sont parfois exclus. Il est recommandé de se renseigner directement auprès de la commune ou, dans un premier temps, de consulter le site Internet suivant :

- Aperçu de chaque commune de Suisse : **[www.francsenergie.ch](http://www.francsenergie.ch)**





