

#12473

HYGIENE GENERALE DES PISCINES ET GESTION DES INSTALLATIONS

("Hygiène générale des piscines et gestion des installations", E.N.S.P., 20 - 23 sept. 1999. Mise à jour 27/09/99)

I PROBLEMES LIES A L'HUMIDITE

I-1 Généralités

Du strict point de vue des échanges thermiques entre le corps humain et son environnement, l'humidité relative peut prendre des valeurs extrêmes sans détruire l'état de neutralité thermique, pour peu que les autres paramètres soient réajustés suivant l'équation de confort généralisée.

Il convient cependant de prendre en compte d'autres effets possibles : déshydratation des muqueuses, sensation de moiteur, condensation sur les parois, santé etc...

D'après G. BRUNDRETT ⁽¹⁾, l'humidité agit de deux façons :

- . par la valeur de l'humidité relative, pour certains phénomènes.
- . par la valeur de la pression partielle de vapeur d'eau (ou teneur en eau), pour d'autres.

I-2 Moisissures

Le développement des moisissures est lié à l'humidité relative. L'air extérieur contient 1000 à 10 000 spores/m³ ⁽²⁾. Ces spores, invisibles à l'oeil, pénètrent à l'intérieur des bâtiments avec l'air qui s'infiltré à travers les joints de l'enveloppe et le système de ventilation.

Si ces spores rencontrent à l'intérieur, simultanément, une température suffisante, une humidité relative élevée et un support nutritif approprié, il y a germination donnant naissance aux moisissures.

A de très hautes humidités relatives, les moisissures se développent même sur les vitrages un peu salis. Chez l'espèce dominante, "Aspergillus-repens", la germination intervient à 85% d'humidité relative. Les autres espèces demandent une humidité plus importante pour se développer. Il y a une température minimale, maximale et optimale pour la germination des spores de chaque espèce particulière.

A humidité relative favorable constante, le développement semble accéléré, pour des températures comprises entre 25 et 32°C. C'est l'humidité relative et la température près des parois qui sont à prendre en compte.

I-3 Hygrométrie et santé

Un chapitre du dernier ouvrage de D. Mc INTYRE ⁽³⁾ fait le point sur ce sujet :

- . une humidité relative faible est un facteur d'augmentation des chances d'infection.
- . la dispersion des virus est influencée par l'humidité car les virus sont transportés par les particules de poussière : l'augmentation d'humidité relative fait s'agglomérer et se déposer ces particules.
- . une humidification à l'intérieur des locaux, en hiver, est recommandée pour les personnes qui présentent des troubles respiratoires.

D'autres études ⁽⁴⁾ indiquent que la proportion d'étourdissements et de vertiges semble plus élevée lorsque l'humidité relative est inférieure à 50% et que les plaintes de nausées et de vertiges sont inversement proportionnelles à une augmentation de la température et de l'humidité relative.

On peut donc provisoirement conclure qu'une humidité élevée est favorable au confort thermique, sans aller jusqu'à saturation (prise en compte du mode constructif du bâtiment).

Cela est confirmé par M. CABANAC qui indique "qu'une atmosphère saturée en humidité n'est nullement étouffante ni agressive"⁽⁵⁾.

L'observation des relevés tri-horaires météo montre par ailleurs que des valeurs élevées de l'humidité relative se rencontrent dans la nature parfois pendant des périodes assez longues : 30 et 31 juillet 79, station d'Orange :

Heure TU	18	21	0	3	6	9	12
Température	30.2	25.2	23.5	23	22.4	25.7	29.6
Humidité %	40	89	98	99	98	74	60
Pression atm. Pa	100510	100480	100450	100415	100380	100410	100440
Calcul teneur en eau g/kg	10.8	18.2	18.1	17.7	16.9	15.5	15.8

De telles situations sont encore plus fréquentes dans des régions plus humides, et il n'en résulte pas d'inconvénients.

I-3 Hygrométrie et confort

Dans son ouvrage, Mc INTYRE rapporte que des expérimentations récentes avec une humidité relative variant entre 50 et 70% et une température de 23°C ne lui ont pas permis de mettre en évidence une sensation d'inconfort plus grande à 70% qu'à 50% d'humidité relative. Il conclut que la principale raison pour laquelle on limite l'humidité relative dans un bâtiment est la condensation sur les parois en contact avec l'extérieur et le risque de moisissures.

Les mêmes conclusions se dégagent de l'étude des paramètres de confort dans les piscines ⁽⁶⁾ où, pour une température variant entre 21,8 et 22,6°C et une humidité relative comprise entre 88% et 96%, sur 43 questionnaires les réponses suivantes ont été obtenues

. trop sec :	7
. trop humide :	10
. indifférent :	19
. sans réponse :	7

Dans une piscine, à l'exception du personnel, le public séjourne relativement peu de temps dans une ambiance climatique stable : les sensations sont donc influencées par les changements d'ambiance.

I-4 Conclusion

On a vu précédemment qu'à l'intérieur du hall d'une piscine classique, la zone de confort thermique convenant à la fois au personnel de surveillance, aux baigneurs mouillés et aux baigneurs secs est relativement étroite.

Si on veut admettre des visiteurs dans la même ambiance, on constate que leur zone de confort est située en dehors de la zone précédente, dans le cas d'une hygrométrie conventionnelle de 65%, une vitesse d'air de 0.1 m/s (voir figure page 4).

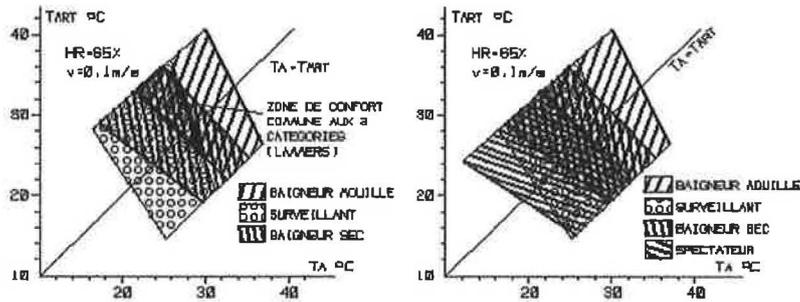
La cohabitation entre visiteurs et baigneurs devra donc être étudiée soigneusement sur le plan thermique, surtout dans le cas où l'espace visiteurs est situé en partie haute du hall bassin (gradins, cafétéria visiteurs en mezzanine), ce qui aggrave la situation (il fait plus chaud en montant).

En dehors de la solution fiable qui consiste à séparer les ambiances (paroi vitrée), il est possible de déplacer la zone de confort "baigneurs mouillés" vers la zone "baigneurs secs" en augmentant l'humidité relative (dans la mesure où le bâtiment est conçu pour un tel mode de fonctionnement). La température sèche de l'air peut être diminuée et une cohabitation confortable de toutes les catégories de personnes devient possible.

Avec une température d'eau à 26°C et une température d'air d'environ 24°C, l'évaporation sera forte sur le plan d'eau. L'augmentation de l'humidité relative dans le hall (80%), permet la limitation de l'évaporation. La température moyenne radiante de la zone "baigneurs" sera maintenue à environ 23 °C.

Dans la pratique courante (bâtiments existants ou sans dispositif pare vapeur performant), on adoptera des conditions moins extrêmes pour le fonctionnement d'hiver : par exemple 24 à 25°C avec une humidité relative de l'ordre de 70 à 75 % ou 27 à 28°C avec une humidité relative de l'ordre de 60 à 65% (limitations pratiquement imposées par la plupart des systèmes constructifs).

Une approche différente du problème consisterait à satisfaire les besoins physiologiques des différentes catégories de personnes, à l'exception des baigneurs mouillés, et à prévoir pour ces derniers des dispositifs de réchauffage localisés à air chaud ou par



D'APRES LAHMERS

rayonnement. On éviterait ainsi de chauffer l'ensemble du hall à un niveau correspondant au besoin temporaire d'une partie des baigneurs. Du même coup, les conditions de travail du personnel de surveillance seraient améliorées.

C'est cette dernière démarche qui a été adoptée dans les piscines d'un club de natation pour les raisons suivantes ⁽⁷⁾ :

. Les deux piscines sont principalement utilisées pour de l'entraînement et des compétitions : les nageurs séjournent donc plus longtemps dans l'eau et très peu restent en attente ou détente sur les plages.

Le maintien d'une température uniforme élevée à l'intérieur des halls bassins conduirait dans ce cas à un coût d'exploitation important sans nécessité.

. Le volume à chauffer uniformément est relativement important dans le cas de la piscine de 25 m comme dans celui de la piscine olympique : respectivement $11,23 \text{ m}^3/\text{m}^2$ et $23,33 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de bassin.

. Les nageurs qui ont séjourné longtemps dans l'eau ont épuisé leurs réserves et ont besoin d'une source de chaleur auxiliaire pour se réchauffer rapidement (eau de douche à température plus élevée que la température réglementaire (possibilité de réglage de température à chaque douche), apport de chaleur par rayonnement, etc...).

Nota : la piscine olympique a été totalement transformée depuis cette époque.

II TEMPERATURE DE L'EAU

L'homme immergé en eau froide n'a que deux moyens pour compenser la fuite thermique due à l'abaissement de la température cutanée et à l'augmentation du gradient thermique noyau-périphérie : une augmentation du métabolisme et une diminution de la conductance hb par vasoconstriction cutanée ⁽⁸⁾ .

La température d'eau pour laquelle l'homme immergé est à la neutralité thermique varie suivant les auteurs et la définition de la neutralité thermique. Nous retiendrons les résultats de C. BOUTELIER qui détermine la zone de neutralité thermique en adoptant les critères physiologiques suivants :

- . un métabolisme constant et égal à celui observé à la neutralité thermique dans l'air, soit environ 47 à 48 W/m².
- . une conductance noyau-périphérie du corps proche de celle trouvée dans l'air à la neutralité thermique : 15 à 17 W/m².C.
- . une chute légère de la température rectale pendant les 90 premières minutes de l'expérience pour tenir compte de la mise en repos du sujet. Cette température doit être de 36,7 à 36,8°C en période stable le matin pour des sujets à jeun.
- . une répartition classique des températures cutanées locales.
- . une sensation de confort thermique avec absence totale de frissons.

Les résultats obtenus par BOUTELIER au cours de 31 immersions de 90 à 160 minutes montrent que la zone de neutralité thermique est très étroite et ne s'étend que de 33,1 à 33,4°C.

La température d'eau d'une piscine étant en général inférieure à ces valeurs, la première réaction sera une sensation de froid entraînant une réaction métabolique initiale plus importante chez un sujet maigre que chez un sujet gras. Après cette première réaction, le métabolisme augmente progressivement pour tendre vers une valeur stable ⁽⁸⁾.

Le niveau de 33°C constitue une limite haute, acceptable seulement dans le cas de séjours prolongés pendant lesquels le sujet reste immobile et détendu.

Dès qu'il y a mouvements dans l'eau (augmentation du métabolisme), cette température est excessive et conduit à un accroissement de la température interne du corps.

II-1 Passage de l'air dans l'eau

La sensation de froid est accrue par deux facteurs :

a) le coefficient d'échange thermique entre le corps et le milieu (fonction de la vitesse relative du fluide) : il est approximativement donné par les formules suivantes :

. dans l'air : $hc = k \cdot v^{0,5}$ avec $7,3 < k < 11,6$

. dans l'eau : $hc = k \cdot v^{0,5}$ avec $k = 273$ (sans frissons)
 $k = 497$ (avec frissons)

En l'absence de frissons, le coefficient d'échange thermique est donc 24 à 43 fois plus élevé dans l'eau que dans l'air.

La seule façon pour supprimer la sensation de froid résultant de ce phénomène consiste soit à ne pas se baigner, soit à se tremper dans de l'eau à une température proche de 33°C (si le sujet était au repos avant l'immersion).

Dans le cas où le sujet est dans une ambiance excessivement chaude avant l'immersion, tout changement qui tendra à le ramener vers la neutralité thermique sera perçu comme agréable ⁽⁹⁾ même si la température est telle que l'eau aurait été perçu comme glaciale en temps normal (exemple : passage d'un sauna à une douche ou à un bain froid pour un sujet en bonne santé).

b) la différence de température entre l'air et l'eau : si la température d'air est plus élevée que la température d'eau, les sujets auront tendance à trouver l'eau plus froide au moment de l'immersion. La tendance, quasi générale en France, de régler la température de l'air à 2°C au-dessus de la température de l'eau contribue donc à rendre les gens frileux.

Une enquête effectuée auprès de l'association des responsables de piscines d'Angleterre montre qu'Outre-Manche le problème est abordé différemment ⁽¹⁰⁾ :

- . 50% des réponses indiquent des températures d'eau comprises entre 26,5 et 27°C.
- . 60% des réponses indiquent des températures d'air égales ou inférieures à la température d'eau.

II-2 Séjour dans l'eau

Pour des personnes qui nagent, la production métabolique due à l'exercice permet de compenser les pertes de chaleur ⁽¹¹⁾ :

. dans de l'eau à 25°C, pour une vitesse de 0,75m/s (100 m en 2'22), on observe un accroissement de la température interne, aussi bien chez les sujets gras que chez les sujets minces (la production de chaleur interne excède la perte de chaleur).

Les sujets maigres conservent leur température interne inchangée.

. dans l'eau à 24°C, pour la même vitesse de natation, les sujets minces conservent une température interne stable après 20 minutes, les sujets maigres ont une légère baisse de la température interne (0,2°C) traduisant un bilan thermique légèrement négatif. La température réglementaire de 26°C sera suffisante pour les utilisations de natation sportive ou de loisir. Pour des compétitions sportives, on préférera une température de 24°C. Pour la détente et relaxation, la préférence ira vers des températures beaucoup plus élevées, jusqu'à 32°C (ce qui interdit la natation).

En ce qui concerne l'entraînement des nageurs de haut niveau, deux critères doivent être pris en compte :

- a) le temps de séjour dans l'eau est très long (le métabolisme ne peut être maintenu à un niveau maximal pendant des heures).
- b) le rendement, au sens mécanique, de nageurs entraînés est meilleur que celui de nageurs occasionnels ⁽¹²⁾ ce qui signifie qu'à vitesse de natation égale leur dépense d'énergie est plus faible. Pour éviter le refroidissement interne résultant d'un séjour prolongé dans l'eau, la température souhaitable peut être située à 27°C ou même être légèrement supérieure (à déterminer en fonction de la réaction des nageurs).

Enfin, dans le cas de bébés-nageurs, la température peut être légèrement inférieure à 32°C (30 ou 31°C par exemple) sans inconvénient à condition de ne pas prolonger le séjour dans l'eau au-delà du moment où la température interne commence à diminuer (l'été, les mêmes bébés supportent très bien la température relativement plus basse de l'eau au bord de mer).

Dans ces deux derniers cas (entraînement de longue durée pour les sportifs ou faible capacité thermique pour les bébés nageurs) où la température interne du corps tend à fléchir, il est utile d'avoir une source de chaleur permettant au nageur de retrouver rapidement sa température neutre à la sortie de l'eau (sauna, pièce à température plus élevée, système ponctuel d'apport de chaleur par rayonnement, douches à température plus élevée que les 34°C recommandés, etc...). Là encore, toute ambiance chaude, habituellement inconfortable, qui tendra à ramener le nageur vers l'équilibre thermique sera perçue comme agréable.

II-3 Bains chauds, spas, thermes

Dans les piscines de loisirs qui se développent actuellement, on trouve des spas qui sont de petits bassins de relaxation avec jets d'eau et pulvérisation de bulles d'air.

Une certaine surenchère conduit les exploitants et concepteurs à préconiser des températures de l'ordre de 37°C et plus pour éviter d'imaginaires sensations de froid dues à l'agitation de l'eau et aux bulles d'air.

Une telle température n'est absolument pas justifiée sur le plan du confort thermique : la zone de neutralité étant en effet de 33°C, il suffit que la température soit légèrement supérieure à ce seuil pour trouver l'eau chaude. Dans ce cas, l'agitation créée par les jets et les bulles augmentera le coefficient d'échange thermique entre le corps et l'eau et accroîtra cette sensation de chaleur par rapport à un séjour en eau calme, quelle que soit la durée de l'immersion.

Ce n'est qu'en se plaçant à une distance très faible des buses d'injection d'air (1 à 2cm) que l'on ressentira des zones de fraîcheur de quelques mm² dues à l'évaporation de l'eau, cette impression n'étant nullement désagréable d'ailleurs.

Même avec une température d'eau de l'ordre de 33,5 à 34°C, il n'est pas possible de s'immerger brutalement dans un spa car la température moyenne du corps, avant immersion est inférieure à la température de neutralité thermique (surtout si l'on sort d'un grand bain dont la température est comprise entre 27 et 28°C).

On notera enfin qu'une température de spa égale ou supérieure à 37°C peut être dangereuse chez des sujets âgés ou ayant des problèmes cardiaques (risques de syncope provoquée par le stress thermique). Le repérage d'une personne en difficulté dans un spa peut ne pas être immédiat à cause du manque de transparence de l'eau (pulvérisation d'air, bouillonnement).

Enfin, une température élevée est favorable au développement de bactéries, légionelle entre autres ⁽¹³⁾, et accroît la vitesse de réaction du chlore sur les matières organiques. Avec l'agitation créée par l'injection d'air, on obtient un dégagement de chloramines et autres composés chimiques à la surface du bassin, très désagréable.

Pour les bassins de loisirs et détente de grande superficie (type CARACALLA et TAUNUS THERME en Allemagne, CALDEA en Andorre), l'objectif est la recherche de la neutralité thermique convenant à la détente, avec une température d'eau comprise entre 31.5 et 32.5°C (par opposition on pourrait qualifier de "confort relatif" les températures plus faibles convenant à la pratique de la natation sportive, d'entraînement ou de loisir).

Le niveau de "confort relatif" dépend des habitudes, cultures, époques et activités pratiquées : par exemple, les températures d'eau étaient plus faibles il y a quelques décennies.

Par opposition, on peut parler de "confort absolu" lorsque la température d'eau correspond à la neutralité thermique : il est indépendant des facteurs subjectifs.

III QUALITE DE L'AIR

Les problèmes de qualité d'air revêtent deux aspects :

- . les odeurs ou gênes diverses dues à des composants chimiques ou biologiques contenus dans l'air intérieur.
- . les symptômes pathologiques qui peuvent toucher en priorité les personnes les plus sensibles, ou l'ensemble de la population dans les cas les plus extrêmes : dans ce dernier cas, ces symptômes sont un révélateur de l'existence d'un problème sérieux de fonctionnement général de la piscine.

Les manifestations les plus fréquemment rencontrées sont les suivantes ⁽¹⁴⁾ :

- . fatigue
- . maux de tête
- . vertiges et étourdissements
- . irritations, particulièrement des yeux, et au niveau des voies respiratoires supérieures (nez, gorge).
- . irritations cutanées.

III-1 SOURCES DE POLLUTION

III-1.1 Pollution humaine

La pollution la plus connue est celle due à la présence humaine à l'intérieur d'un volume clos :

- . respiration : CO, CO₂, H₂O, bioeffluents (odeurs).
- . transpiration et perspiration : H₂O, bioeffluents (odeurs).

Cet aspect est théoriquement traité par le règlement sanitaire réglementaire type ⁽¹⁵⁾ qui préconise des débits de renouvellement d'air en fonction du type de locaux.

III-1.2 Bassin

La deuxième source de pollution propre aux piscines couvertes provient du bassin lui-même :

- . vapeur d'eau : ne constitue pas à proprement parler une pollution. Se manifeste par une humidité relative plus ou moins forte à l'intérieur du hall bassin, et éventuellement par des condensations sur les parois extérieures par temps froid. Si ces condensations sont permanentes, des moisissures peuvent se développer sur les parois humides, donnant à leur tour des pollutions.

. composés organochlorés (chlore combiné) : résultent de la réaction chimique entre les produits de désinfection (principalement chlore) et les matières organiques introduites dans l'eau par les baigneurs, ou même provenant du réseau d'eau potable. Certains organochlorés (trichloramine NCl₃) sont très volatils (300 à 10000 fois plus que les autres molécules) et irritants : sous l'effet du brassage de l'eau par les baigneurs, ils s'évacuent en surface et se retrouvent dans l'air du hall bassin ⁽¹⁶⁾.

Le taux de chlore combiné dans l'eau dépend de la qualité de l'eau d'appoint (teneur en matières azotées de l'eau distribuée par le réseau) et de la fréquentation. Lorsque la fréquentation moyenne journalière est supérieure à 1/2 volume du bassin, le taux de chlore combiné dépasse la valeur limite réglementaire de 0.6 mg/l ⁽²²⁾, d'où une augmentation de la pollution de l'air. Ce phénomène est surtout lié aux bassins de faible profondeur, type loisirs où le volume d'eau est faible et la fréquentation importante (volume d'eau disponible par baigneur faible).

Les solutions à ce problème sont :

- . hygiène personnelle (douches avec distributeurs de savon) : très efficace.
- . augmentation des appoints journaliers, principalement pour les bassins type loisirs de faible profondeur : efficacité limitée.
- . traitement spécifique de l'eau de ces bassins : ozone, destructeurs de chloramines, filtre à charbon actif (le plus efficace).
- . augmentation du dégazage à l'intérieur du bac tampon par insufflation d'air comprimé sous forme de bulles (assez bonne

efficacité), combiné à une aspiration de l'air du bac tampon dont le regard d'accès doit être impérativement fermé pour ne pas générer des phénomènes d'oxydation des éléments métalliques et composants électriques voisins.

Il n'existe à l'heure actuelle aucune réglementation spécifique concernant le renouvellement de l'air en piscine, ni même aucune base permettant de prévoir le débit d'air de renouvellement en fonction des émanations provenant du plan d'eau (à l'exception du cas de la vapeur d'eau dont le débit peut se calculer. Une étude en cours à l'ENSP devrait apporter une réponse à ce problème).

III-1.3 Produits de nettoyage

La troisième source de pollution, provient des produits d'entretien et de désinfection largement utilisés pour le nettoyage des plages et accessoires. Certains de ces produits sont totalement incompatibles avec le chlore.

III-1.4 Matériaux constitutifs du bâtiment

Les matériaux traditionnels (carrelages, béton, vitres, ..) ne sont pas polluants.

Il n'en n'est pas de même des matériaux modernes de plus en plus utilisés (colles, résines, vernis, lasures du bois, lamellés-collés, peintures, certains isolants, revêtements plastique, certaines résines de bassin qui donnent des réactions avec le chlore, etc.. l'ensemble dégageant dans l'air divers polluants (formaldéhydes, composés organiques volatils, etc..). Des composés organiques volatils peuvent se dissoudre dans l'eau des bassins et réagir avec le chlore en créant également des chloramines.

III-1.5 Systèmes de traitement d'air

En principe ils sont là pour assainir l'atmosphère intérieure.

Dans la pratique, on constate qu'ils peuvent apporter des nuisances (connues sous l'appellation générique de "syndrome des immeubles climatisés"). Les résultats d'études entreprises dans les années 80 montrent que l'inconfort provient d'une pollution apportée par ces systèmes (problèmes de maintenance, débits d'air neuf insuffisants, défauts de conception).

Outre les pathologies légères signalées plus haut, ces systèmes peuvent engendrer des accidents plus graves (maladie du légionnaire lorsque des aérosols d'eau contaminée sont diffusés par les réseaux aérauliques).

Fig 1 Grille de reprise d'air partiellement obstruée par la poussière

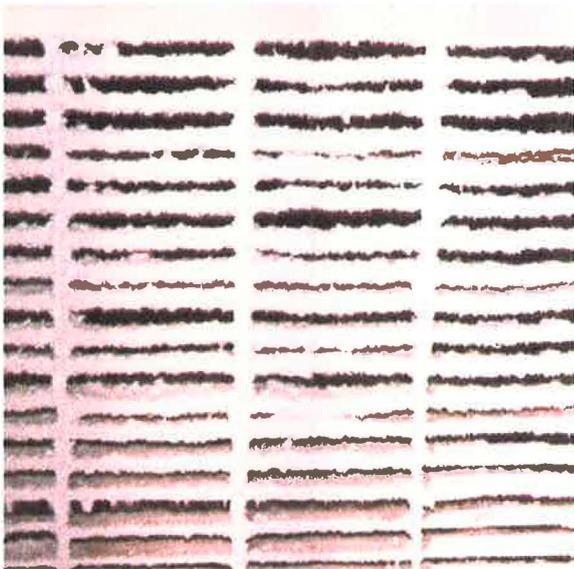
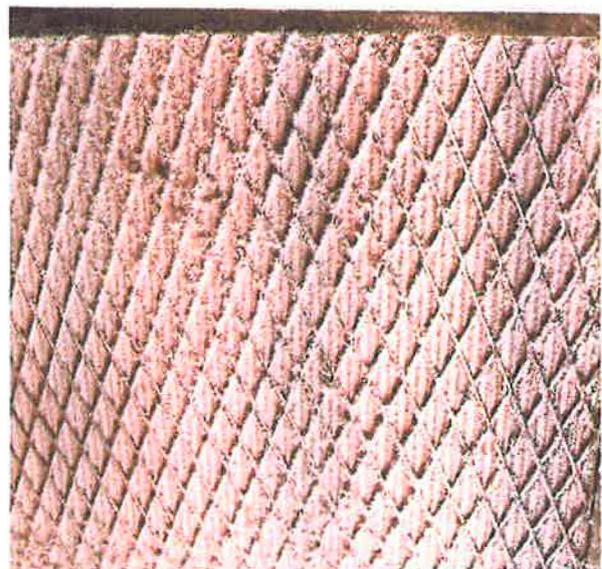


Fig. 2 Filtre d'air repris sur centrale de traitement d'air avec poussière compacte



III-1.6 Air extérieur

L'air extérieur peut également apporter sa pollution : pollens, gaz d'échappement provenant de la circulation automobile, gaz de combustion des chaudières de chauffage (piscine elle-même ou autres bâtiments voisins), ventilation de locaux techniques dont l'air est repris partiellement, prises d'air neuf situées sous le vent des extractions d'air.

III-2 TRAITEMENT DE L'AIR

Le traitement le plus simple et le plus efficace consiste à remplacer l'air pollué par ces différentes sources, de façon à diminuer la concentration de tous les composés indésirables.

III-2.1 Débit d'air neuf

Le règlement sanitaire actuel indique un débit d'air neuf minimal de 22 m³/h.personne dans le cas du hall bassin, et de 18 m³/h.personne pour les spectateurs (avec interdiction de fumer maintenant généralisée), et une concentration maximale de 1.3 pour mille en ce qui concerne le taux de CO₂ (avec interdiction de fumer).

a) Les essais effectués dans divers laboratoires montrent que ces débits sont insuffisants pour l'obtention d'une qualité d'air acceptable : Fanger trouve par exemple qu'un renouvellement en air non pollué de 27 à 29 m³/h.personne permet de limiter le taux de mécontents à 20% (cas des bâtiments sans pollution spécifique).

Pour ramener le taux de mécontents à 10%, il faut passer à 61 m³/h.personne.

Dans cette étude, la source de pollution est uniquement d'origine humaine (personne standard, en confort thermique) (17).

Dans le cas de pollution par bio-effluents humains, une adaptation rapide se produit (au bout de 1 à 3 minutes) et la qualité de l'air devient plus acceptable.

Cette adaptation aux odeurs dépend des types de sources polluantes.

b) lorsqu'il y a des irritants dans l'air (ce qui est le cas en piscine avec les organochlorés volatils et certains polluants provenant des matériaux ou des produits d'entretien), il n'y a pas adaptation mais, au contraire, accroissement de l'irritation et de l'inconfort avec le temps d'exposition (17).

c) la nouvelle norme 62-1989 de l'ASHRAE propose un taux maximal de CO₂ limité à 1.0 pour mille, afin d'obtenir une qualité d'air acceptable (la mesure du taux de CO₂ est facile à effectuer).

Des réactions d'inconfort sont signalées à partir de 0.6 pour mille (18).

A partir de 0.8 pour mille, l'odeur de bio-effluents humains commence à devenir nettement perceptible par rapport à l'odeur de l'environnement (19).

d) le calcul des besoins d'air neuf permettant la limitation du taux de CO₂ successivement à 1 pour mille et à 0.8 pour mille, permet de constater par ailleurs l'insuffisance du débit réglementaire de 22 m³/h.personne. Les facteurs suivants sont pris en compte :

- . métabolisme moyen des baigneurs :
 - 1.5 met (70 W/m²) : activité équivalente à "debout, relaxé".
 - 2.0 met (93 W/m²) : activité équivalente à "debout, léger travail".
- . rendement de diffusion de l'air neuf : 0.8 (système déjà performant).
- . pollution de l'air extérieur : 0.3 pour mille (il n'est pas rare de trouver des valeurs supérieures dans la journée, en site urbain).

Les résultats suivants sont obtenus (20) (toujours sans pollution spécifique) :

Métabolisme moyen	1.5 met (70 W/m ²)		2.0 met (93 W/m ²)	
Taux limite de CO ₂ adopté	1.0	0.8	1.0	0.8
Débit d'air par personne	32.8 m ³ /h	46.0 m ³ /h	42.2 m ³ /h	59.1 m³/h

e) le décret n°84-1093 du 7/12/1984 (locaux de travail, aération et assainissement) indique des débits d'air minimaux qui sont fonction du niveau d'activité (locaux à pollution non spécifique) (21)

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf (m ³ /h.occupant)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

On observe une concordance entre les résultats calculés en (d), les valeurs réglementaires et les résultats obtenus par FANGER (a) : environ $60 \text{ m}^3/\text{h.personne}$ pour des locaux classiques, sans pollution provenant de bassins. Ce débit devrait donc être la valeur minimale à l'intérieur de halls bassins à fréquentation forte.

III-2.2 Déshumidification

Trois systèmes peuvent être utilisés :

- . déshumidification par renouvellement d'air avec modulation du débit en fonction de l'hygrométrie intérieure : système très courant.
- . déshumidification par PAC et par air neuf dont le débit est généralement déterminé à partir du règlement sanitaire, pour la fréquentation maximale instantanée : beaucoup de réalisations depuis la 1^{ère} crise de l'énergie.
- . déshumidification par absorption sur déshydratants (type Munters) et air neuf : très rare, à éviter.

a) Le premier système conduit systématiquement à des débits d'air supérieurs aux préconisations du règlement sanitaire : en piscine traditionnelle, il n'y a généralement pas d'inconfort dû à la pollution de l'air intérieur (odeurs ou irritations), sauf problème anormal du traitement d'eau, ou pollution de l'air de renouvellement. Dans ces deux cas, il faut rechercher les causes de cette pollution et les éliminer.

En piscine "sport - loisirs", on constate que l'air de la zone loisirs est polluée malgré des débits d'air neuf importants. Ce phénomène provient d'une fréquentation excessive de bassins à faible volume d'eau : on trouve en effet des rapports " volume de bassin / nombre d'entrées journalières " très nettement inférieurs à $2 \text{ m}^3/\text{entrée}$ (assez couramment $0.3 \text{ m}^3/\text{entrée}$ et parfois moins).

b) Le deuxième système, généralement surdimensionné (PAC trop puissante), avec un débit d'air neuf réduit au minimum réglementaire a conduit à de nombreux déboires.

Les défauts habituellement rencontrés sont les suivants :

- . mauvaise qualité de l'air intérieur : odeurs, irritation des muqueuses, allergies, malaises pour le personnel de piscine dans quelques cas extrêmes.
- . surchauffes du hall bassin ou de l'eau du bassin lorsque les besoins sont faibles, en demi-saison (mauvais dimensionnement et mauvaise conception de l'installation).
- . surcoût d'installation de la PAC compensé par une simplification des autres travaux : d'ou systèmes de diffusion d'air inadaptés, etc...
- . coût d'exploitation plus élevés que les prévisions, pour les raisons principales suivantes :
 - personnel technique non formé.
 - modification des consignes de fonctionnement pour améliorer la qualité de l'air (augmentation du débit d'air neuf, parfois arrêt complet de la PAC).
 - installation mal conçue, système de régulation inadapté ou défaillant.
 - mauvais entretien (contraintes budgétaires ou manque de qualification).

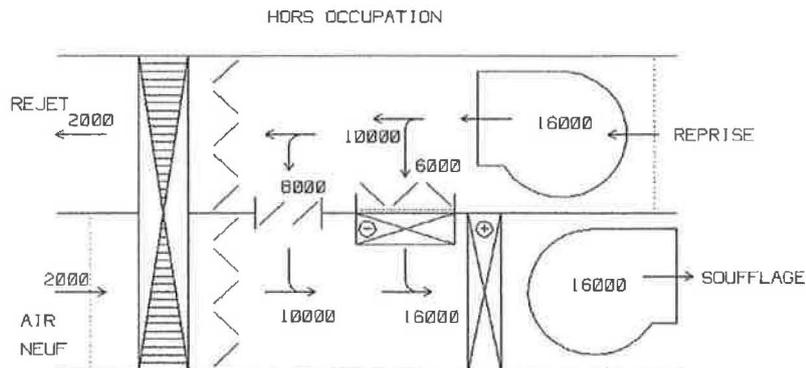
Quel que soit le système utilisé, une mauvaise maintenance entraîne des problèmes de qualité d'air et des surcoûts d'exploitation.

c) entre les deux solutions précédentes (tout air neuf modulable et air neuf minimal + PAC), une voie intermédiaire pour les inconditionnels de la PAC, consisterait à prévoir une déshumidification partielle de l'air du hall bassin, et à conserver un appoint d'air neuf en débit variable suivant le taux d'occupation. Les composants de cette centrale seraient déterminés de façon à pouvoir fonctionner sans l'apport de la PAC.

Le schéma de fonctionnement indicatif ci dessous correspond à une piscine ayant les caractéristiques suivantes

- un hall bassin, d'une superficie totale (compris plan d'eau) de 640 m^2 .
- un bassin de $25 \times 12.50 \text{ m}$: 312.50 m^2

La PAC serait conçue de façon à déshumidifier partiellement l'air du hall bassin, avec restitution de chaleur sur le bassin, tout en conservant l'appoint d'air neuf en débit variable suivant le taux d'occupation (fonction régulée obligatoirement à partir de la mesure de l'hygrométrie intérieure, et non pas manuellement).



Cette centrale, équipée de 2 compresseurs frigorifiques aurait les caractéristiques suivantes :

- . hors occupation, débit minimal d'air neuf égal à 2000 m³/h (assainissement de l'air intérieur, et concours à la déshumidification). Déshumidification assurée principalement par la PAC dont le dimensionnement serait prévu pour ne traiter qu'une fraction de l'évaporation du bassin hors occupation, dans les conditions d'hiver.

- . en occupation, le débit d'évaporation à traiter devenant plus important en fonction de la fréquentation, la déshumidification serait assurée à la fois par la batterie froide de la PAC et par une augmentation automatique des débits d'air neuf et d'air extrait.

- . une récupération de chaleur "statique" serait prévue sur l'air extrait (échangeur rotatif non hygroscopique de rendement supérieur ou égal à 70%, ou système de récupération présentant les mêmes performances).

L'objectif est de conserver des débits d'air neuf toujours supérieurs à ceux dictés par la réglementation, augmentant de façon automatique avec la fréquentation, contrairement à ce qui se passe dans le cas (b).

Le système doit permettre une augmentation automatique du débit d'air neuf en cas de besoin (surchauffe par exemple), par la régulation de température intérieure devenant prioritaire sur l'hygrométrie : été et demi-saison ensoleillée.

En cas de problème de pollution de l'air (odeurs et gêne dues à la présence de composés organochlorés dans l'air), l'arrêt manuel d'un (ou deux compresseurs) se traduirait automatiquement par une augmentation du débit d'air neuf, la centrale fonctionnant alors comme une centrale classique.

Les caractéristiques de la centrale seraient les suivantes :

- . calorifugeage double peau, épaisseur d'isolation équivalente de 30 à 50 mm de laine minérale.
- . débit de soufflage et de reprise : 16 000 m³/h, ventilateur à grande turbine à action ou réaction (suivant rendements respectifs).
- . prises de pression pour contrôle de colmatage des filtres prévues par le constructeur de centrale.
- . filtres d'air neuf et d'air extrait de protection de l'échangeur rotatif, de classe EU 5 (les exigences du règlement sanitaire départemental type, T.I.G. n° 1448 : 90 % pour l'air neuf et 95 % pour l'air recyclé au test gravimétrique défini par la norme NF X 44-012 étant insuffisantes pour la qualité d'air ⁽³⁾).

- . les débits de ventilation doivent éventuellement être ajustés lors des essais pour obtenir les valeurs prévues à +/- 5%

- . débits soufflés et repris équilibrés pour tous les réglages des registres d'air (registres à caractéristique linéaire et pertes de charge égales entre la voie de recyclage et les voies air neuf et air extrait).

- . récupération de chaleur à faible perte de charge récupérant la chaleur sensible uniquement, média traité contre la corrosion (traces de dérivés chlorés dans l'air humide extrait du hall bassin) :

- débit maximal d'air neuf passant sur le récupérateur : 16 000 m³/h.

- débit maximal d'air extrait passant sur le récupérateur : 16 000 m³/h.
- rendement égal à 80% pour les conditions de base suivantes : air extérieur -2°C, 85% ; air intérieur 27°C, 65% ; débits air neuf et extrait 10 000 m³/h.
- . batterie de chauffe déterminée en tenant compte de la récupération de chaleur et du recyclage partiel d'air (puissance et nombre de rangs réduits).
- . voie de by-pass fixe avec batterie de déshumidification à détente directe :
 - poids d'eau à condenser : 34 kg/h.
 - débit d'air traité sur évaporateur : 6000 m³/h.
 - entrée d'air évaporateur : 27°C, 55 à 65%
 - sortie d'air évaporateur : 10 (à 17°C, suivant constructeurs), 95%
 - puissance : 2 x 26.5 kW.
 - températures d'évaporation/condensation : +6 / + 40°C.
- . deux compresseurs hermétiques :
 - puissance absorbée : 2 x 6.5 kW
 - fluide frigorigène R 22.
 - puissance totale condenseur à eau : 2 x 31.6 kW
- . évaporateur tube cuivre, ailettes cuivre (ou Cu-alu avec revêtement époxy, moins cher, mais durée de vie plus courte).
- . deux condenseurs inox Z8 CNDT 18-12 (AISI 316 TI) 31.6 kW unitaire, pour entrée d'eau à 28°C (eau de piscine traitée au chlore).
- . bac de récupération des condensats résistant à la corrosion (chlore).
- . registres de modulation d'air neuf, air extrait et air recyclé à caractéristique linéaire (ailettes //).
- . registre d'obturation du by-pass évaporateur, tout ou rien (fonctionnement en mode PAC ou en mode déshumidification par air neuf modulé).

Un compteur électrique particulier à émetteur d'impulsions doit être prévu sur l'alimentation électrique de cette centrale.

La régulation d'hygrométrie agirait en cascade sur les compresseurs frigorigènes, puis sur les volets motorisés des volets d'air. Pendant les heures de pointe d'hiver, la priorité serait donnée à la déshumidification par air neuf, les groupes frigorigènes n'intervenant qu'en appoint.

Prévoir des boutons poussoirs à impulsions placés dans le local M.N.S. pour l'arrêt d'un ou deux groupes pendant une durée pré-réglée (relais temporisé en armoire local technique, ou programme de la centrale de gestion) : arrêt se traduisant automatiquement par une demande d'air neuf plus importante (action de la régulation d'hygrométrie).

Le fonctionnement des groupes doit être asservi à la circulation d'eau dans chacun des condenseurs.

Pendant les heures de tarification pointe EDF, interruption du fonctionnement de la PAC : marche classique (air neuf modulé en fonction de l'hygrométrie intérieure).

On notera que, dans la plupart des cas, il n'est pas possible de faire cohabiter deux systèmes de récupération de chaleur, par exemple récupérateurs à condensation sur chaudières et PAC : en effet, on arrive à une récupération supérieure aux besoins des bassins.

Les comptages et automatismes suivants doivent être prévus :

- . temps de fonctionnement de chaque compresseur : 2
- . arrêt de la PAC à partir du signal TA "heures de pointe" EDF (ligne pilote EDF).
- . défaut de circulation d'eau dans condenseur : 1
- . alarme PAC : 1
- . comptage électrique PAC (impulsions) : 1

IV ETUDE COMPARATIVE DES SYSTEMES AVEC ET SANS PAC

IV-1 PROJET DE PISCINE "SPORT-LOISIRS"

L'étude énergétique est réalisée à l'aide du programme de modélisation dynamique de bâtiments et de systèmes de conditionnement d'air "T.A.S." (Thermal Analysis Software), exploité et diffusé en France par O.A.S.I.I.S. (Office d'Audit Energétique, de Service Informatique et d'Instrumentation Spécialisée, 13685 AUBAGNE).

La piscine comporte 2 halls bassins ayant chacun son système de traitement d'air.

Le surcoût d'un traitement d'air par PAC, par rapport à un traitement d'air par modulation d'air neuf avec récupération statique de chaleur est donc multiplié par deux (soit 400 à 500 kf HT, valeur 1994).

IV-1.1 Description de la piscine

. Deux halls bassins en RC, pouvant communiquer ou être séparés par des portes vitrées :

- un hall bassin sportif.
- un hall bassins de loisirs.

. Des bassins intérieurs totalisant 1 024 m² de plan d'eau :

- bassin de natation 25 x 21 : 525 m²) hall bassin sportif
- bassin d'apprentissage : 143 m²)
- bassin de loisirs : 188 m²)
- pataugeoire : 40 m²)
- rivière : 45 m²) hall bassins de loisirs
- 1 bassin réception toboggan : 23 m²)
- 1 spa : 12 m²)
- 1 bassin "bébés nageurs" 48 m²)

IV-1.2 Conditions extérieures de base

. Région : V

. Situation : a

. Zone climatique : B et H2

. Classe d'exposition au vent : Ex1 pour l'ensemble des parois.

. Zone climatique solaire : I2 (exposition énergétique E = 1 450 kWh/an.m²)

. Température extérieure de base : -5°C.

Dans la variante avec PAC, les caractéristiques de la PAC ont été déterminées de façon à conserver un débit d'air minimal égal à 60 m³/h.occupant : la déshumidification est assurée de façon mixte, air neuf modulé + condensation sur batteries froides.

Les centrales de traitement d'air ont les caractéristiques suivantes :

. hall bassin sportif :

- débit : 23 000 m³/h
- débit maximal d'air neuf passant sur le récupérateur : 23 000 m³/h.
- rendement égal à 80% pour les conditions suivantes : air extérieur -5°C, 85%, air intérieur 27°C, 65% ; débits air neuf et extrait 16 500 m³/h.

. hall bassins de loisirs :

- débit : 35 000 m³/h
- débit maximal d'air neuf passant sur le récupérateur : 35 000 m³/h.
- rendement égal à 80% pour les conditions suivantes : air extérieur -5°C, 85%, air intérieur 28°C, 65% ; débits air neuf et extrait 25 000 m³/h.

IV-1.3 Traitement d'air, variante avec PAC

Le système avec PAC est conçu de façon à déshumidifier partiellement l'air des halls bassins, avec restitution de chaleur sur les bassins, tout en conservant l'appoint d'air neuf en débit variable suivant taux d'occupation.

Déshumidification assurée par la PAC :

. hall sportif : 65 kg/h;

. hall loisirs : 90 kg/h.

Une récupération de chaleur "statique" est prévue sur l'air extrait, rendement supérieur ou égal à 80% en hiver, (voir solution de base).

IV-1.4 Bilan économique

Les coûts sont exprimés HT, hors frais de maintenance, base 1994.

Les incidences prises en compte sont les suivantes :

- . écart d'investissement PAC (2 machines) 500 000
- . écart d'investissement couverture de bassin 25 x 21 m : 250 000

Nota : la couverture envisagée pour le bassin sportif est du type sur potences, à enroulement et déroulement entièrement automatiques, épaisseur 7 mm (couverture : 50 000 f; support et motorisation : 200 000 f HT).

n° cas, description	Investissement	Exploitation	Ecart / cas 1	Temps de retour
1 modulation d'air neuf	base	408 770	/	/
2 modulation + PAC	+ 500000	505 090	+ 96320	infini
3 modulation + couverture	+ 250000	387 771	- 21000	11.9 an

. la couverture de bassin a un temps de retour faible ici à cause de la présence du récupérateur de chaleur sur chaudières qui assure une partie du chauffage du bassin sportif. Les apports par le récupérateur sont les suivants :

- solution 1 : 154 586 kWh
- solution 3 : 94 018 kWh

Hors récupération, l'écart entre la solution 1 et la solution 3 représente un gain d'exploitation de 30 600 f HT (soit un temps de retour de 8.16 années).

Une puissance utile de 300 kW est suffisante pour 95% de l'année.

IV-2 PROJET DE PETITE PISCINE MUNICIPALE

Etude énergétique réalisée à l'aide du programme "T.A.S." pour les climats de Bordeaux et Trappes.

Le surcoût de la version PAC est de 200 kf HT (valeur 1994).

IV-2.1 Description de la piscine

- superficie du bassin : 312 m²
- G1 moy. hall bassin : 0.38 W/m³.K
- volume hall bassin : 3 710 m³

. Traitement d'air halls bassins : 1 centrale à modulation d'air neuf et récupérateur de chaleur rotatif, débit total 16 000 m³/h.

. Déshumidification par PAC (variante) : 1 centrale à modulation d'air neuf et récupération de chaleur, + PAC en déshumidification capacité 34 kg/h (6 000 m³/h d'air recyclé sur la batterie froide). Rejet de chaleur sur le bassin.

IV-2.2 Conditions extérieures de base

Climat	Bordeaux	Trappes	Saint-Dizier
Région	V	V	V
Situation	a	a	a
Zone climatique	B et H2	B et H1	A et H1
Classe d'exposition au vent	Exl	Exl	Exl
Zone climatique solaire	I 2	I 1	I 1
Température ext. de base	- 2°C	- 7°C	- 10°C
Degrés-jours normaux 18°C	2 037	2 510 env.	2 825 env.

Exposition énergétique solaire annuelle sur un plan incliné à 45 degrés, orienté sud, en kWh/m².an, en fonction des zones I1 à I4 :

Zone solaire	I 1	I 2	I 3	I 4
kWh / m ² .an	1 250	1 450	1 800	2 200

IV-2.3 Coûts d'exploitation (chauffage + électricité machines, HT base 1994)

N°	Cas étudié	TRAPPES	BORDEAUX	SAINT-DIZIER
1	Avec condenseur, récup. air/air, fréq. normale	205 300	196 700	296 200
2	Dito 1 + couverture de bassin	184 700		
3	Dito 1, fréquentation forte	213 600		
4	Dito 1 + PAC en déshumidification	206 250		

Fréquentation normale : 62 400 entrées/an ;

Fréquentation forte : 94 000 entrées/an

IV-3 PISCINE MUNICIPALE EXISTANTE AVEC 1 BASSIN 25 x 10 m

Cette piscine existante présente un intérêt particulier puisqu'elle a fonctionné d'abord sans PAC, puis avec une PAC entre 1979 et 1995, et enfin avec une centrale à modulation d'air neuf et récupérateur de chaleur rotatif sur air extrait depuis novembre 1995, ces derniers travaux ayant été exécutés en même temps qu'une remise en conformité du traitement d'eau.

Les consommations ont été les suivantes :

. Avant mise en place de la PAC :

- fuel : 76 000 litres (744 800 kWh)) total :
- électricité : 77 920 kWh) **822 720 kWh**

. Après mise en place de la PAC :

- fuel : 69 000 litres (676 200 kWh)) total :
- électricité : 191 904 kWh) **868 104 kWh (soit + 5%)**, mais écart plus important en francs.

V EVOLUTION DES PISCINES. INCIDENCES SUR LA QUALITE DE L'AIR

Devant le succès rencontré par les nouvelles générations de piscines "sports-loisirs", on observe une évolution de la demande qui s'oriente vers un cantonnement des deux types d'activités, loisirs d'un côté et sport de l'autre, les bassins étant parfois localisés dans des halls séparés.

Cette organisation conduit à une recrudescence des problèmes de qualité d'air dont les maîtres d'ouvrage et professionnels n'ont pas encore pris conscience, la gêne dans le hall loisirs étant aussi importante que si le traitement d'air était assuré par pompe à chaleur avec un débit d'air neuf limité.

Ces nouveaux problèmes se produisent même lorsque la déshumidification est assurée par modulation d'air neuf malgré des renouvellements d'air supérieurs à 60 m³/h.personne.

Les causes en sont les suivantes :

- . profondeur réduite des bassins de la zone loisirs, conduisant à de faibles volumes d'eau disponibles.
- . lorsque le ratio $J = \text{Volume du bassin} / \text{fréquentation moyenne journalière}$ est inférieur à 2, la teneur en chlore combiné dépasse régulièrement la valeur de 0.6 mg/l fixé comme maximum réglementaire ⁽²²⁾ (voir III-1.2).
- . température plus élevée des bassins de loisirs.
- . brassage d'eau par les diverses animations (pulvérisations, bulles, etc..).
- . hygiène : absence de distributeurs de savon dans les douches.

En dehors des solutions de traitements spécifiques pour l'eau de ces bassins très chargés (destructeurs de chloramines, traitement à l'ozone, ..), des améliorations limitées peuvent être apportées par la combinaison de solutions suivantes :

- . mise en commun des deux hall bassins (permet, par une augmentation du volume d'air disponible, une meilleure dilution des composés volatils et l'écrêtement des pointes de pollution). La séparation des activités peut être réalisée au niveau des plages par des barrières empêchant les migrations des différentes catégories de baigneurs, si on le souhaite, mais laissant l'air circuler dans l'ensemble du volume.
 - . connexions hydrauliques entre bassins de grand volume et bassins de capacité plus faible, avec transfert d'eau (débit de transfert limité par le maintien d'un écart de température entre bassins différents). En cas de problème sur un des bassins, un jeu de vannes permet son isolement par rapport aux autres. L'objectif de cette solution est, comme pour le hall bassins, la création d'un volume d'eau plus important.
 - . mise en service des jeux d'eau et ouverture des registres d'air neuf avant arrivée des personnes (permet le dégazage des composés volatils de l'eau en dehors des périodes de fréquentation).
 - . installation de distributeurs de savon dans les douches, avec pancartes rappelant les consignes d'hygiène et leur incidence sur la qualité de l'eau, puis de l'air.
 - . utilisation de stabilisant (acide isocyanurique dosé à une teneur qui doit rester inférieure à 75 mg/l) limitant la formation de chlore combiné. L'efficacité de ce traitement a été démontrée par différents auteurs : SEUX ⁽²³⁾, P. BESSE et al. ⁽²⁴⁾, SCOTTE ⁽¹⁶⁾, PENNY et WINTER ⁽²⁵⁾. Permet d'écrêter les pointes.
 - . traitement partiel par ozone d'une fraction du débit de filtration pour les bassins à risques (spas, réception toboggans, etc..). Pour limiter le coût d'investissement, tous les bassins de loisirs à risques seront regroupés sur le même circuit de filtration (coût de l'ordre de 200 à 250 kf HT, matériel PROMINENT).
- Des observations effectuées sur la zone loisirs d'une piscine, avec destructeur de chloramines (type ozone) en marche et à l'arrêt n'ont cependant pas permis d'observer une différence d'ambiance ⁽²⁶⁾ : lors de très fortes fréquentations, la pollution est en effet créée dans les bassins eux-mêmes, et le débit de filtration devient insuffisant pour assurer un remplacement de l'eau "polluée" par de l'eau "neuve" (la piscine étudiée avait pourtant un débit de recyclage d'un volume / heure au lieu de 1 volume / 1h30).
- . traitement partiel par filtre à charbon actif de l'eau des bassins de loisirs.
 - . renforcement de l'élimination des composés gazeux irritants par pulvérisation de bulles d'air à l'intérieur du bac tampon, avec aspiration et rejet de l'air pollué à l'extérieur (le regard de visite du bac tampon doit être impérativement fermé pour éviter les corrosions de parties métalliques et appareillages électriques en local technique).

En fait, les meilleurs résultats sont obtenus par une combinaison de toutes ces solutions, avec une attention particulière à l'hygiène des baigneurs à l'arrivée.

L'un des systèmes efficaces consiste à traiter les petits bassins de loisirs à l'ozone qui ne donne pas de combinés gazeux gênants : cette solution est utilisée fréquemment à l'étranger, en Grande Bretagne en particulier :

- . " Hamilton Water Palace ", Glasgow (1995).
- . " The Time Capsule Leisure Centre ", Coalbridge (1991).
- . " Blackwater Leisure Centre ", Maldon District Council (1991).

Une autre solution, encore inconnue en France, s'apparente au destructeur de chloramines, connu sous l'appellation commerciale de "Chloraminator".

Mais il s'agit d'un appareil largement utilisé dans l'industrie, n'utilisant qu'une seule lampe U.V. haute intensité avec dispositif de nettoyage automatique, et dans lequel on fait passer la totalité du débit de filtration (au lieu d'environ 10% pour le "Chloraminator"). Pour 280 m³/h, la puissance consommée par l'appareil est de 5.5 kW, et la perte de charge est égale à 70 mbar.

Le coût d'investissement H.T. est d'environ 300 kf.

La maintenance consiste à remplacer la lampe U.V. toutes les 3000 heures (sans démontage du système d'étanchéité ni vidange de l'installation) : 4 400 fHT.

Dimensions : 1300 x 600 x 410 mm, poids 120 kg (ABIOTEC - HANOVIA, 92140 CLAMART, T 01 46 45 19 19).

Nombreuses références en Grande Bretagne (Dawlish Leisure Centre, Riverside Leisure Centre in Exeter, ...) et dans le Monde.

V ANALYSE DE LA FREQUENTATION DANS UNE PISCINE "SPORT LOISIRS"

Cette piscine comporte 2 halls bassins, communiquant l'un avec l'autre par une zone assez étroite : les transferts d'air entre zone sportive et zone loisirs sont donc faibles.

Chacun des halls a son propre système de traitement d'air à modulation d'air neuf.

Les caractéristiques des bassins sont les suivantes :

		Surface m ²	Débit m ³ /h	Volume m ³	Vol. total circuit
Circuit n°1	bassins sportif	525	463-556	1 643	1 647
	spa	6	11-15	4	
Circuit n°2	bassin 15 x 10	150	85-102	128	223
	bassin détente	90	57-68	86	
	pataugeoire	30	18-22	9	

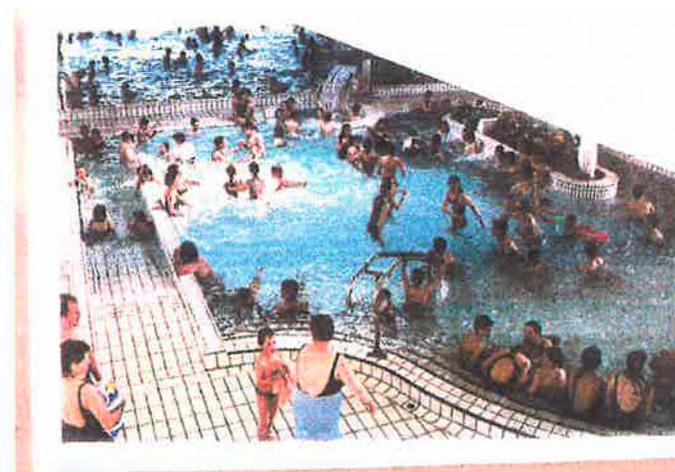
Un comptage effectué vers 16-17h des nageurs présents dans chacun des halls bassins a donné les résultats suivants (photos) :

. hall sportif : 88 (dont 62 dans l'eau)

. hall loisirs : 179 (dont 12 dans le spa et 20 sur plages)



Occupation hall sportif à 16h



Occupation hall loisirs à 16h

On observe que l'eau du bassin de détente (le plus chargé, 147 baigneurs simultanément) n'a plus sa limpidité normale.

Malgré un débit d'air neuf important dans la zone de loisirs (entraînant parfois des hygrométries assez faibles), le personnel se plaint d'une mauvaise qualité d'air à certains moments de la journée (aucune des solutions simples exposées plus haut n'avait été mise en œuvre à la date des observations).

La résolution des problèmes de qualité d'air dans les piscines de loisirs à très forte fréquentation ne peut être traitée efficacement qu'en agissant à la source, c'est à dire dans les bassins (27).

La pollution de ces derniers étant la conséquence des réactions chimiques entre le chlore et les matières organiques apportées par les baigneurs, les trois possibilités sont les suivantes :

. réduction des apports de pollution :

- diminution du nombre de baigneurs fréquentant l'établissement (respect du ratio $J = \text{vol. bassin} / \text{fréquentation journalière} > 2$).
- diminution de la pollution apportée par les baigneurs : hygiène stricte avant accès aux bassins.
- remplacement du chlore par un procédé de désinfection ne donnant pas naissance aux molécules indésirables.

a) La diminution de pollution des bassins par augmentation des apports d'eau, actuellement pratiquée, conduit à des renouvellements d'eau importants qui ont des conséquences sur le coût d'exploitation de la piscine (chauffage de l'eau d'appoint et coût du renouvellement d'eau et des produits de traitement) : on constate, dans certaines piscines que le budget " eau " est presque équivalent au budget " chauffage ".

L'efficacité du renouvellement d'eau pour diminuer la pollution des bassins est en effet faible comme on peut le montrer à l'aide de l'exemple suivant (où on néglige les réactions chimiques et les dégazages) :

. on suppose un bassin de 100 m^3 dont l'eau est " polluée " à une valeur **1** (l'unité pouvant être le ppm, le mg/l, etc.), et où l'on veut diviser la pollution par **2** pour revenir à **0.5**.

. une première méthode consiste à vider le soir la moitié du bassin, sans apport simultané, puis à le remplir à nouveau avec de l'eau neuve de pollution **0**.

On a bien en fin de compte : $(50 \text{ m}^3 \text{ à pollution } 1 + 50 \text{ m}^3 \text{ à pollution } 0 = 100 \text{ m}^3 \text{ à pollution } 0.5)$.

. la deuxième méthode, généralement plus utilisée, consiste à ouvrir le robinet d'eau d'appoint et à mélanger l'eau neuve à l'eau du bassin. Dans ce cas, l'eau qui sera éliminée du bassin sera de l'eau de pollution **1**, au tout début de l'opération, puis de pollution décroissante au fur et à mesure (c'est à dire que le rejet sera un mélange d'eau polluée, dont on veut se débarrasser, et d'eau neuve mélangée avec elle, ce qui n'est pas le but de l'opération).

La réduction de pollution dans le bassin est donnée par $\Delta c = -(\Delta q / V) * c$ dont la solution est $c = c_0 e^{-n}$ avec :

c : concentration dans l'eau du bassin.

c_0 : concentration initiale.

n : nombre de renouvellement d'eau (volumes / heure).

On obtient $n = \log_e (c_0/c) = \log_e (1/0.5) = 0.693$, soit environ **0.7** volume du bassin, c'est à dire **70 m³** d'eau d'appoint au lieu de **50** dans le cas précédent.

On comprend également que, dans le cas de très fortes fréquentations spécifiques, les " destructeurs de chloramines " traditionnels n'ont qu'une action marginale, sans effet apparent en ce qui concerne la qualité de l'air : ces appareils ne traitent en effet qu'une partie du débit de filtration, de l'ordre de 10%. La quantité d'eau " épurée " qui est injectée en continu dans le bassin est donc nettement insuffisante.

b) Résultats obtenus par amélioration de l'hygiène des baigneurs : pour la piscine décrite à la page précédente, une campagne expérimentale a débuté fin mars, portant sur les points suivants :

- port du bonnet pour les scolaires.
- installation de distributeurs de savon dans les douches (1 dans les douches H et 1 dans les douches F).

Une nette diminution du taux de chlore combiné a été observée, avec amélioration de la qualité de l'air : voir page suivante.

Légende :

. caractères inclinés : *taux de chlore combiné avant mesures de renforcement des mesures d'hygiène.*

. caractères inclinés gras : *taux de chlore combiné après renforcement des mesures d'hygiène.*

Bassin	Date mesure	Chlore total	Chlore libre	Chlore actif	Chlore combiné		Oxydabilité	Ph
					av. filtre	apr. filtre		
25 x 21 m	18/01/99	2.25	1.50	0.84	0.75		1.8	7.4
	xx/02/99	2.00	0.93	0.47	1.07		2.6	7.5
	22/03/99	2.20	1.70	1.22	0.50		1.0	7.1
	02/04/99		1.97		0.27	0.52		
	08/04/99		1.57		0.48	0.68		
Apprentissage	18/01/99	3.20	2.40	1.72	0.80		1.9	7.1
	xx/02/99	3.20	2.20	1.18	1.00		2.0	7.4
	22/03/99	3.00	2.20	1.68	0.80		1.4	7.0
	02/04/99		1.75		0.47	0.39		
	08/04/99		2.51		0.30	0.60		
Ludique	18/01/99	2.30	1.30	0.66	1.00		1.9	7.5
	xx/02/99	2.25	1.35	0.53	0.90		2.1	7.7
	22/03/99	1.75	1.15	0.70	0.60		1.4	7.3
	02/04/99		1.26		0.47	0.38		
	08/04/99		1.62		0.78	0.48		
Spa	18/01/99	3.20	2.50	1.40	0.70		1.8	7.4
	xx/02/99	3.90	2.90	1.13	1.00		2.4	7.7
	22/03/99	2.85	2.22	1.36	0.63		1.0	7.3
	02/04/99		1.92		0.40	0.19		
	08/04/99		3.23		0.40	0.46		

Les mesures de chlore combiné avant et après filtration effectuées le 2 et le 8/04/99 ont un caractère anormal et ne correspondent pas aux observations de POULIQUEN et SAUNIER (28) :

Filtres	Chlore libre		Chlore combiné	
	avant	après	av. filtre	apr. filtre
filtre 1 : sable	2.96	2.46	0.74	0.69
filtre 2 : sable	1.85	1.82	0.71	0.68
filtre 3 : sable anthracite	2.41	2.41	0.78	0.78
filtre 4 : sable anthracite	1.60	1.18	0.32	0.25
filtre 5 : diatomées	1.40	1.35	1.15	1.09

Ces résultats moyens, obtenus à partir de 720 relevés, montrent qu'une consommation de chlore libre peut exister dans les filtres (indice d'une masse filtrante contaminée en matières organiques, ou d'une réaction du chlore libre avec l'anthracite), ce qui est l'indice d'un lavage inefficace ou insuffisant, mais que le taux de chlore combiné diminue légèrement après filtre.

L'examen continu de l'évolution des taux de chlore combiné réalisé au cours de cette étude, montre qu'un accroissement après filtration peut se produire pendant plusieurs heures après une opération de lavage, lorsque le décolmatage est imparfait (cas du filtre 1, vitesse de lavage de l'ordre de 20 m³/m².h, trop faible) et le rinçage insuffisant :

- . relargage de fines particules.
- . augmentation de 0.05 à 0.2 mg/l de la teneur en chlore combiné pendant le début de cycle (environ 7 heures).
- . consommation de 0.5 à 1 mg/l de chlore libre dans le filtre.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) : Air pollution, G. BRUNDRETT, the Journal of the C.I.B.S., March 1981, p 39.
- (2) : Moulds in the home, G.W. BRUNDRETT and A.H.S. ONIONS, June 1980, ECR/m 1338.
- (3) : Indoor climate, D.A. McINTYRE, Applied Sciences Publishers, ISBN 0853 34 868 5, 1980.
- (4) : Studying Air Ionisation and Effects on Health, Dr. L.H. HAWKINS, Dept. of Human Biology and Health, University of Surrey - Building Services & Environmental Engineer, April 1981.
- (5) : M.CABANAC, Département de Physiologie, Faculté de Médecine, Université LAVAL, QUEBEC, 61 K 7 P4 : communication personnelle.
- (6) : Etude des paramètres de confort dans les piscines, H. FARNALLIER, convention d'étude pour le Ministère de la Jeunesse, des Sports et des Loisirs, n°4080, mai 1981.
- (7) : Diagnostic énergétique des installations et bâtiments du Cercle des Nageurs de Marseille, H. FARNALLIER, mai 1984.
- (8) : Survie et protection des équipages en cas d'immersion accidentelle en eau froide, C.BOUTELIER, Laboratoire de Médecine Aérospatiale, Centre d'Essais en Vol, BRETIGNY-SUR-ORGE, AGARDograph n° 211 (FR), Janvier 1979.
- (9) : Les signaux physiologiques du confort thermique, M.CABANAC, INSERM, décembre 1977 Volume 75 p.27-38.
- (10) : Wise use of energy in swimming pool design, G.D. BRAHAM, Electricity Council, The Heating and Ventilating Engineer, December 1975.
- (11) : Energy exchanges of swimming man, E.R. NADEL, I. HOLMER, U. BERGH, P.O. ASTRAND, J.A.J. STOLWIJK, Journal of Applied Physiology, vol. 33 n°4, April 1974.
- (12) : Oxygen uptake during swimming in man, INGVAR HOLMER, Dept. of Physiology, Gymnastic, STOCKHOLM, Journ. of Applied Physiology vol. 33 n°4, October 1972.
- (13) : Legionella ; Impact on water systems in buildings, J.C. FEELEY & G.K. MORRIS, Ashrae Technical Data Bulletin, Vol. 7 n°4 (Ashrae Meeting, June 1991).
- (14) : Doctors, Lawyears and Building-associated diseases, M.J. HODGSON & C.A. HESS, Ashrae Journal vol. 34 n°2, Feb. 1992.
- (15) : Règlement Sanitaire Départemental Type, T.I.G. n° 1448 (éditions du J.O.).
- (16) : Evolutions comparées de la formation d'organochlorés volatils en piscine pour divers désinfectants, P. SCOTTE, Colloque National Piscines et Santé, 17-19/06/1985 (Ecole Nationale de la Santé Publique).
- (17) : Ventilation requirements based on subjective responses, OLE FANGER, Indoor Air Quality Update, vol. 3, n°10, Oct. 1990.
- (18) : Indoor air quality evaluation at a new office building, R.A. GROT & al, Ashrae Journal vol. 33, n°9, Sept. 1991.
- (19) : Olfactory evaluation of indoor air quality, B. BERGLUND & Th. LINDVALL, Dept. of Environmental Hygiene, Institute ans Swedish Environment Protection Board, SWEDEN, 1978.
- (20) : Mission d'assistance technique à la Maîtrise d'Ouvrage (SICAMO, Caisse des Dépôts), H. FARNALLIER, juin-août 1989.
- (21) : Décret n°84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984, T.I.G. n°84-153 : aération et assainissement, art. R 232-1-3.
- (22) : Evaluation de la teneur en chlore combiné en fonction du volume d'eau disponible par baigneur, R. SEUX, Journal Français

d'Hydrologie 1988, 19, Fasc. 2, pp. 151 à 168.

(23) : Evolution des Chloroisocyanurates en solution aqueuse et comportement des formes chlorées vis-à-vis de la diéthylparaphénylènediamine (D.P.D.), R. SEUX, M. BATTO, M. CLEMENT, B. BEAUDUCCEL, Laboratoire de Génie Sanitaire, Ecole Nationale de la Santé Publique, Colloque Piscines et Santé, 17-19/06/1985.

(24) : Devenir de l'urée dans les eaux de piscines, P. BESSE, Z. ALOUINI, R. SEUX, Colloque Piscines et Santé 17-19/06/1985.

(25) : Bathers acceptability of swimming pools disinfected by different methods, Dr. P.T. PENNY & J.N. WINTER, Amateur Swimming Association.

(26) : R. KERVADEC, Bureau ETHIS, LORIENT : communication personnelle.

(27) : Etude des mouvements d'air à l'intérieur d'un hall bassin pour différents débits de soufflage et positions des reprises d'air (modélisation TAS et FLUENT, Sté. O.A.S.I.I.S.), projet de piscine à PONT-DE-CLAIX, H. FARNALLIER, F. MAZOUÉ.

(28) : Mise au point d'une procédure de contrôle de la filtration des eaux de piscine, C. POULIQUEN et B. SAUNIER, Colloque National Piscines et Santé, 17-19/06/1985, p 135 à 155 (Ecole Nationale de la Santé Publique).

•

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE

Sous-Direction de la Prévention
Générale et de l'Environnement

Bureau Eau et Thermalisme

*DECRET N° 81-324 DU 7 AVRIL 1981 MODIFIE PAR LE DECRET N° 91-980
DU 20 SEPTEMBRE 1991 FIXANT LES NORMES D'HYGIENE ET DE SECURITE
APPLICABLES AUX PISCINES ET AUX BAINNADES AMENAGEES*

---:---:---

ARRÊTE DU 29 NOVEMBRE 1991 PRIS POUR SON APPLICATION

---:---:---



NOVEMBRE 1991

Une baignade aménagée comprend, d'une part, une ou plusieurs zones d'eau douce ou d'eau de mer dans lesquelles les activités de bain ou de natation sont expressément autorisées, d'autre part, une portion de terrain contigüe à cette zone sur laquelle des travaux ont été réalisés afin de développer ces activités.

TITRE Ier

EAU

Section 1.

Dispositions communes

Article 2. : (Décret n° 91-980 du 20 septembre 1991) - « Les normes physiques, chimiques et microbiologiques auxquelles doivent répondre les eaux des piscines et celles des baignades aménagées figurent respectivement à la section 1 pour les piscines et à la colonne I du tableau A de la section 2 pour les baignades ».

Les ministres concernés déterminent par arrêté pris après avis du conseil supérieur d'hygiène publique de France les produits et les procédés qui permettent de satisfaire aux exigences prévues à l'alinéa précédent.

Section 2.

Dispositions particulières aux piscines.

Article 3. : L'eau des bassins doit être filtrée, désinfectée et désinfectante.

L'alimentation en eau des bassins doit être assurée à partir d'un réseau de distribution publique. Toute utilisation d'eau d'une autre origine doit faire l'objet d'une autorisation prise par arrêté préfectoral sur proposition du directeur départemental des affaires sanitaires et sociales après avis du conseil départemental d'hygiène.

- (Décret n° 91-980 du 20 septembre 1991) -

« Par arrêté, le préfet peut accorder des dérogations aux normes fixées pour les eaux des baignades aménagées :

a) Pour certains paramètres marqués (0) dans le tableau A de la section 2 de l'annexe I, en raison de circonstances météorologiques ou géographiques exceptionnelles ;

b) Lorsque les eaux de baignade subissent un enrichissement naturel en certaines substances qui provoquent un dépassement des limites fixées dans le tableau A de la section 2 de l'annexe I.

On entend par « enrichissement naturel » le processus par lequel une masse d'eau déterminée reçoit du sol certaines substances contenues dans celui-ci, sans intervention de la part de l'homme.

En aucun cas, les dérogations prévues au présent article ne peuvent faire abstraction des impératifs de la protection de la santé publique.»

Article 4. : Sauf pour les pataugeoires et les bassins à vagues, pendant la période de production des vagues, la couche d'eau superficielle des bassins est éliminée ou reprise en continu pour au moins 50 p. 100 des débits de recyclage définis à l'article 5 ci-après, par un dispositif situé à la surface. Les écumeurs de surface ne peuvent être installés que dans les bassins dont la superficie du plan d'eau est inférieure ou égale à 200 mètres carrés ; il doit, dans ce cas, y avoir au moins un écumeur de surface pour 25 mètres carrés de plan d'eau.

Article 5. : L'installation de recyclage et de traitement est dimensionnée pour pouvoir fournir, à tout moment et à chaque bassin qu'elle alimente, un débit d'eau filtrée et désinfectée de qualité conforme aux normes fixées à l'article 2 ci-dessus. Pour les piscines dont la surface totale de plan d'eau est supérieure à 240 mètres carrés, cette installation assure une durée du cycle d'eau inférieure ou égale à :

Huit heures pour un bassin de plongeon ou une fosse de plongée subaquatique ;

Trente minutes pour une pataugeoire ;

Une heure trente pour les autres bassins ou parties de bassins de profondeur inférieure ou égale à 1,50 mètre ;

Quatre heures pour les autres bassins ou parties de bassins de profondeur supérieure à 1,50 mètre.

Des débitmètres permettent de s'assurer que l'eau de chaque bassin est recyclée conformément aux dispositions du présent article.

Il peut n'être réalisé qu'une seule installation de traitement de l'eau pour plusieurs bassins, à condition que chaque bassin possède ses propres dispositifs d'alimentation et d'évacuation et que les apports de désinfectant correspondent aux besoins. Toutes dispositions sont prises pour que les réparations puissent être effectuées sur les canalisations et les appareils de traitement de l'eau sans qu'une vidange générale soit nécessaire.

Des robinets de puisage d'accès facile, à fins de prélèvements, doivent être installés au moins avant filtration et injection de réactifs, immédiatement avant l'entrée de l'eau dans chaque filtre, après filtration et avant injection de désinfectant, le plus près possible de l'arrivée à chaque bassin, sur la vidange des filtres.

Les eaux coulant sur les plages ne doivent pas pouvoir pénétrer dans un bassin. Elles sont évacuées par un dispositif spécial distinct du circuit emprunté par l'eau des bassins.

TITRE II

INSTALLATIONS

Section 1.

Dispositions communes.

Article 6. : L'assainissement des établissements doit être réalisé de manière à éviter tout risque de pollution des eaux de baignade.

La conception et le nombre des installations sanitaires, déterminé en fonction de la capacité d'accueil de l'installation, doivent être conformes aux dispositions de l'annexe II du présent décret.

Article 7. : Les piscines et les baignades aménagées comprennent un poste de secours situé à proximité directe des plages.

Section 2.

Dispositions particulières aux piscines.

Article 8 : La capacité d'accueil de l'établissement, fixée par le maître d'ouvrage, doit être affichée à l'entrée. Elle distingue les fréquentations maximales instantanées en baigneurs et en autres personnes.

Article 14-2. : Des prélèvements d'échantillons sont effectués à la diligence de la direction départementale des affaires sanitaires et sociales sur l'eau des baignades visées au présent chapitre, selon une fréquence et dans des conditions telles que définies dans la section 3 de l'annexe I du présent décret.

Les prélèvements sont analysés par un laboratoire agréé par le ministère chargé de la santé. Les méthodes d'analyse employées par les laboratoires doivent être soit des méthodes de référence fixées par un arrêté du ministère chargé de la santé, pris après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, soit des méthodes conduisant à des résultats équivalents.

Les conditions de conformité d'une eau aux normes de qualité sont définies dans la section 4 de l'annexe I du présent décret.

Article 14-3. : L'application des dispositions du présent chapitre ne peut avoir pour effet de permettre d'accroître directement ou indirectement la dégradation de la qualité actuelle des eaux de baignade."

Article 15. : Le ministre de l'intérieur, le ministre de la santé et de la sécurité sociale et le ministre de la jeunesse, des sports et des loisirs sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 7 Avril 1981.

RAYMOND BARRE.

Par le Premier ministre:

Le ministre de la santé et de la sécurité sociale,
Jacques BARROT.

Le ministre de l'intérieur,
Christian BONNET.

Le ministre de la jeunesse, des sports et des loisirs,
Jean-Pierre SOISSON.

	Paramètres	G	I	Fréquence d'échantillonnage minimale
16	Autres substances considérées comme indices de pollution: pesticides (mg/l) (parathion, HCH, dieldrine).			(2)
17	Métaux lourds tels que: Arsenic (mg/l) (As), cadmium (Cd), chrome VI (Cr VI), plomb I (Pb), mercure (Hg).			(2)
18	Cyanures (mg/l Cn.)			(2)
19	Nitrates et phosphates (mg/l) (NO ₃ , PO ₄).			(3)

G = guide.

I = impérative.

(0) = Dépassement des limites prévues en cas de conditions géographiques ou météorologiques exceptionnelles.

(1) (2) et (3): voir section 3 ci-dessous.

3. Fréquence et modalités d'échantillonnage

En application des articles 12 et 14-2 du présent décret, la fréquence d'échantillonnage sur les eaux des baignades aménagées et les autres baignades doit au moins respecter celle fixée dans la colonne intitulée " **Fréquence d'échantillonnage minimale** " figurant dans le tableau A ci-dessus.

Le prélèvement des échantillons doit commencer quinze jours avant le début de la saison balnéaire; la saison balnéaire est la période pendant laquelle une affluence importante de baigneurs peut être envisagée, compte tenu des usages locaux, y compris les éventuelles dispositions locales concernant la pratique de la baignade, ainsi que des conditions météorologiques.

Si l'inspection effectuée des conditions prévalant en amont dans le cas des eaux douces courantes et des conditions environnantes dans le cas des eaux douces stagnantes et de l'eau de mer ou si le prélèvement et l'analyse d'échantillons révèlent l'existence ou la probabilité de rejets de substances susceptibles d'abaisser la qualité de l'eau de baignade, des prélèvements supplémentaires doivent être effectués. Il en est de même lorsqu'une diminution de la qualité de l'eau peut être soupçonnée.

La fréquence d'analyse peut être augmentée lorsque les caractéristiques de l'eau s'écartent des valeurs fixées dans la colonne intitulée "G" du tableau A ci-dessus.

Pour les paramètres pour lesquels est indiqué le chiffre (1) dans la 5^{ème} colonne du tableau A ci-dessus, lorsqu'un échantillonnage effectué au cours des années précédentes a donné des résultats sensiblement plus favorables que ceux prévus à la 4^{ème} colonne du tableau A ci-dessus et lorsqu'aucune condition susceptible d'avoir diminué la qualité des eaux n'est intervenue, la fréquence d'échantillonnage peut être réduite d'un facteur 2.

Pour les paramètres pour lesquels est indiqué le chiffre (2) dans la 5^{ème} colonne du tableau A ci-dessus, la teneur est à vérifier lorsqu'une enquête effectuée dans la zone de baignade en révèle la présence possible ou une détérioration possible de la qualité des eaux.

Les paramètres pour lesquels est indiqué le chiffre (3) dans la 5^{ème} colonne du tableau A ci-dessus sont à vérifier lorsqu'il y a tendance à l'eutrophisation des eaux.

Les échantillons sont prélevés dans les endroits où la densité moyenne journalière des baigneurs est la plus élevée. Ils sont prélevés de préférence à 30 centimètres sous la surface de l'eau, à l'exception des échantillons d'huiles minérales qui sont prélevés à la surface.

4. Conformité des eaux

Les eaux de baignade sont réputées conformes aux paramètres qui s'y rapportent si, après interprétation statistique, des échantillons de ces eaux, prélevés selon les fréquences prévues au tableau A de la section 2 de l'annexe I en un même lieu de prélèvement, montrent qu'elles sont conformes aux valeurs des paramètres figurant dans la colonne I du tableau A de la section 2 de l'annexe I du présent décret pour 95 p. 100 des échantillons et si, pour les 5 p. 100, 10 p. 100 ou 20 p. 100 des échantillons qui, selon le cas, ne sont pas conformes :

- l'eau ne s'écarte pas plus de 50 p. 100 de la valeur des paramètres en question, exception faite pour les paramètres microbiologiques, le pH et l'oxygène dissous ;

- les échantillons consécutifs d'eau prélevés à une fréquence statistiquement appropriée ne s'écartent pas des valeurs des paramètres qui s'y rapportent.

Les dépassements des valeurs ne sont pas pris en considération dans le décompte des pourcentages lorsqu'ils sont la conséquence d'inondations, de catastrophes naturelles ou de conditions météorologiques exceptionnelles.»