

---

---

## LA DÉSINFECTION DES PISCINES THERMALES DE DAX

- Étude de l'efficacité de l'hypochlorite de sodium
  - Influence de la chloration sur la composition physico-chimique de l'eau minérale naturelle
- 
- 

**Karine DUBOURG<sup>1</sup>, Patrick GRÉGOIRE, Joël LAGIÈRE**

*Institut du thermalisme – Université Victor Segalen Bordeaux 2*

### Résumé

Face aux réglementations sanitaires toujours plus contraignantes pour le thermalisme, l'Institut du thermalisme de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2 se doit d'apporter des solutions techniques pertinentes et directement applicables par les exploitants thermaux. C'est dans ce contexte qu'un ensemble d'expérimentations a été réalisé sur un prototype piscine thermale afin d'étudier l'efficacité d'un désinfectant chloré, l'hypochlorite de sodium, sur la contamination organique apportée par les curistes et son incidence sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau minérale naturelle de Dax.

Les premiers résultats obtenus nous permettent déjà de démontrer que l'ajustement et le maintien de l'hypochlorite de sodium à une concentration de 1 mg/l en chlore libre actif dans le bassin a une faible influence sur la composition physico-chimique de l'eau minérale naturelle mais une bonne efficacité sur les germes pathogènes.

*Mots clés : désinfection piscines thermales, prototype, hypochlorite de sodium, Institut du thermalisme, Dax*

### Abstract

**Spa swimming pool's disinfection : study of efficiency of sodium hypochlorite and of the impact on physico-chemical characteristics of natural mineral water of Dax**

Face to the ever-increasing sanitary regulations binding on thermal health resorts, Thermalism Institute, component of Bordeaux 2 Victor Segalen University, must provide relevant technical solutions, directly applicable by thermal health resorts managers. It is in this context that a serie of experiments was carried out on a thermal pool prototype, in order to study the efficiency of a chlorinated disinfectant, sodium hypochlorite, on the organic contamination brought by patients, and study the impact on physico-chemical characteristics of natural mineral water of Dax.

The first results already allow us to demonstrate that adjustment and stabilization of sodium hypochlorite at a concentration of 1 mg/l on active free chlorine in the thermal pool, has a small influence on natural mineral water physico-chemical composition, but is really efficient on pathogens.

*Key words : disinfection, thermal pool prototype, sodium hypochlorite, Thermalism Institute, Dax*

---

<sup>1</sup>. Courriel : Karine.Dubourg@u-bordeaux2.fr

Les piscines thermales utilisées au sein des établissements thermaux à des fins thérapeutiques sont soumises à des obligations réglementaires particulières. Assimilées aux soins externes collectifs de catégorie IV selon l'arrêté ministériel du 27 février 2007 (relatif aux traitements de l'eau minérale naturelle utilisée à des fins thérapeutiques dans les établissements thermaux [1]), ces piscines thermales doivent respecter les limites de qualité imposées par la réglementation des eaux minérales naturelles (arrêté et circulaire du 19 juin 2000 relative à la gestion du risque microbien lié à l'eau minérale dans les établissements thermaux [2]). À défaut d'une réglementation spécifique aux piscines thermales, ces dernières ont une obligation de résultats et de moyens définis par le Code de la Santé publique (art. L.1322-1 à L.1322-9 et art. D.1332-1 à D.1332-15) et par l'arrêté ministériel du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines de loisirs [3].

Au regard de ce flou réglementaire, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales des Landes (DDASS 40) a confié à l'Institut du thermalisme de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2, une étude sur la désinfection des piscines thermales.

Cette étude avait deux objectifs :

- l'efficacité des désinfectants chlorés sur la pollution organique apportée par les curistes,
- l'incidence des désinfectants chlorés sur la composition physico-chimique de l'eau minérale naturelle de Dax sulfatée, calcique et magnésienne.

Le but de cette étude est de pouvoir fournir :

- à la Direction générale de la santé, un rapport sur les piscines thermales en exposant les difficultés techniques rencontrées pour équilibrer une piscine d'eau minérale naturelle,
- aux exploitants thermaux landais, des prescriptions techniques générales.

## Matériel et méthode

Le "pilote eau thermale" (figure 1) imaginé reprend en miniature les différents éléments constitutifs d'un réseau d'eau thermale tel que nous pouvons le retrouver dans un établissement thermal. Il est composé d'un certain nombre de vannes, pompes, échangeurs à plaques, pompe doseuse et d'un ballon d'une contenance de 450 litres. Ce pilote réalisé tout en Inox 316L possède une entrée d'eau thermale et une entrée d'eau de ville permettant d'effectuer les échanges caloriques grâce aux échangeurs à plaques correctement dimensionnés à 36°C pour les soins en rhumatologie et à 26°C pour les soins en phlébologie.

Ce pilote thermal a permis la création d'un nouveau prototype "piscine thermale" reproduisant au plus juste la configuration d'une piscine thermale avec ses éléments constitutifs.

Le prototype ou pilote est alimenté en eau thermale de Dax à une température de 60°C. Cette eau est stockée dans la bache de 450 litres du pilote "eau thermale" (figure 2) faisant office de bac tampon puis est refroidie à 38°C par un échangeur à plaques correctement dimensionné. Cette eau est maintenue à cette température grâce au réglage du thermostat de la bache.



**Figure 1 : Pilote “eau thermale”**

La mise en circulation de l’eau thermale est assurée par une pompe à vitesse variable dont le débit maximum est de 3,2 m<sup>3</sup>/h. L’eau alimente ensuite un bassin faisant office de piscine d’eau thermale. L’eau est ensuite reprise en sortie de piscine par une pompe lui permettant ainsi de passer au travers d’un filtre à sable avant de fermer la boucle en revenant jusqu’au bac tampon. L’équilibrage du système est obtenu pour un volume total de 1500 litres dans le bassin et le bac tampon. Une pompe doseuse est reliée à l’ensemble du système et plus précisément au bac tampon pour permettre les traitements chimiques. Pour notre première campagne, trois expériences ont été réalisées en utilisant à chaque fois le même protocole :

- l’apport de la pollution organique s’est fait avec 4 baigneurs successifs (baigneurs différents et baignade aléatoire) qui se sont baignés dans notre prototype à base d’eau minérale naturelle de Dax pendant 15 minutes et à une température de 38°C ;
- le désinfectant utilisé est un dérivé chloré : l’hypochlorite de sodium (NaOCl), plus communément appelé “eau de javel”.

L’unique paramètre modifié dans cette étude était les conditions de désinfection appliquées à chacun des trois essais :

- expérience 1 : sans désinfectant,
- expérience 2 : ajout de 1 mg/l de chlore libre actif en dose unique dans le bac tampon avant l’arrivée des baigneurs,

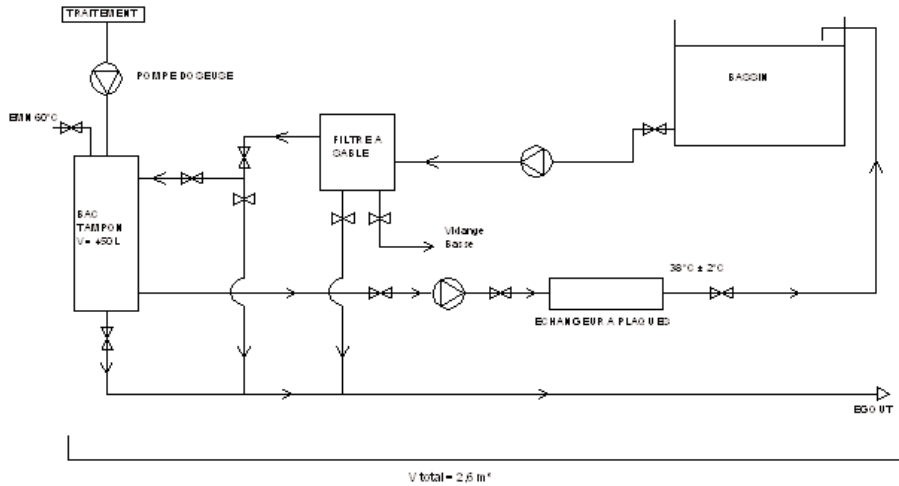


Figure 2 : Synoptique pilote “piscine thermique”

- expérience 3 : ajout de 1 mg/l de chlore libre actif avec ajustement de la chloration entre chaque baigneur afin de maintenir une concentration en chlore libre actif constante et suffisante pour désinfecter le système.

La réglementation stipule que le taux de chlore libre actif doit être compris entre 0,4 mg/l et 1,4 mg/l. C’est donc pour des raisons de commodité que la dose de 1 mg/l a été choisie. Pour suivre l’efficacité de la désinfection, un dosage du chlore total et du chlore libre est effectué toutes les 15 minutes (entre chaque baigneur) afin de déterminer le chlore combiné par différence entre chlore total et chlore libre. La réglementation précise que le chlore combiné ne doit jamais dépasser 0,6 mg/l, celui-ci étant un indicateur du manque de chlore au profit d’une contamination organique apportée par les baigneurs.

Au cours des essais, 5 prélèvements ont été réalisés avant baigneur (AB) et après chaque baigneur (B1 - B2 - B3 - B4) en vue des analyses microbiologiques et physico-chimiques. L’apport d’eau neuve tel que le prévoit la réglementation en vigueur (au moins 30 litres par baigneur et par jour), s’est effectué quotidiennement par le jeu des vannes correspondantes.

Les analyses microbiologiques réalisées ont été de deux types :

- analyses de type BMO (bactériologie minérale de type zéro) correspondant à la mise en évidence de :

- ◇ flore totale à 22°C et 36°C
- ◇ coliformes totaux et thermotolérants dont *Escherichia coli*
- ◇ streptocoques fécaux
- ◇ spores sulfito-réducteurs
- ◇ *Pseudomonas aeruginosa*

• analyses de type BM2 (bactériologie minérale de type 2) correspondant à la mise en évidence de :

◇ staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*)

La réglementation en vigueur [2] précise les limites de qualité pour chacun des germes étudiés ci-dessus (UFC : unité formant colonie) :

• flore totale à 22°C	≤ 100 UFC/ml
• flore totale à 36°C	≤ 100 UFC/ml
• coliformes totaux	≤ 10 UFC/ml
• coliformes thermotolérants dont <i>Escherichia coli</i>	0 UFC/250 ml
• streptocoques fécaux	0 UFC/250 ml
• spores sulfito-réducteurs	0 UFC/50 ml
• <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0 UFC/250 ml
• staphylocoques pathogènes	0 UFC/250 ml dans au moins 90 % des échantillons.

Les analyses physico-chimiques réalisées ont été les suivantes : température, pH, analyse des 4 éléments caractéristiques de l'eau de Dax (calcium, sulfates, magnésium et sodium) et dosage du chlore.

Il est opportun de rappeler que, pour qu'une eau minérale naturelle garde son appellation, sa composition ne doit pas varier de  $\pm 5\%$  par rapport à la composition initiale de l'eau fournie pour la demande d'agrément auprès du ministère de la santé.

La mesure de température est réalisée avec une sonde analogique, le pH (NF T 90-008) avec un pH-mètre de laboratoire, le dosage du chlore par méthode titrimétrique (NF T 90-037) et les ions caractéristiques par chromatographie ionique (NF EN ISO 10304-1 et NF EN ISO 14911).

## Résultats

Cette campagne d'essais s'est déroulée dans un laps de temps court, sur deux jours :

- expérience 1 : jour 1
- expériences 2 et 3 : jour 2 matin et après-midi

### Résultats microbiologiques / chlore libre actif

Les tableaux 1 à 8 ci-dessus présentent l'ensemble des résultats bactériologiques, germe par germe, pour les 3 expériences.

Flores totale 22°C UFC/ml	Résultats					
	Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4
Expérience 1	15	72	113	135	275	
Expérience 2	2	0	0	41	55	
Expérience 3	0	4	2	6	31	

Tableau 1 : Évolution de la flore totale à 22°C

Flore totale 36°C UFC/ml		Résultats				
Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4	
Expérience 1	56	186	355	346	1800	
Expérience 2	5	5	66	59	97	
Expérience 3	3	0	2	18	58	

Tableau 2 : Évolution de la flore totale à 36°C

Coliformes totaux UFC/250 ml		Résultats				
Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4	
Expérience 1	0	0	3	8	0	
Expérience 2	0	0	0	0	0	
Expérience 3	0	0	0	0	0	

Tableau 3 : Évolution des coliformes totaux

<i>E. coli</i> UFC/250 ml		Résultats				
Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4	
Expérience 1	0	0	0	0	0	
Expérience 2	0	0	0	0	0	
Expérience 3	0	0	0	0	0	

Tableau 4 : Évolution des *Escherichia coli*

Streptocoques fécaux UFC/250 ml		Résultats				
Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4	
Expérience 1	0	0	5	5	5	
Expérience 2	0	0	0	4	6	
Expérience 3	0	0	0	0	1	

Tableau 5 : Évolution des streptocoques fécaux

Spores sulfito-réductrices UFC/50 ml		Résultats				
Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4	
Expérience 1	0	0	0	0	0	
Expérience 2	0	0	0	0	0	
Expérience 3	0	0	0	0	0	

Tableau 6 : Évolution des spores sulfito-réductrices

<i>P. aeruginosa</i> UFC/250 ml		Résultats				
Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4	
Expérience 1	0	0	0	0	0	
Expérience 2	0	0	1	11	15	
Expérience 3	0	0	0	0	0	

Tableau 7 : Évolution des *Pseudomonas aeruginosa*

<i>S. aureus</i> UFC/250 ml	Résultats					
	Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4
Expérience 1		3	0	0	0	300
Expérience 2		0	6	0	0	1000
Expérience 3		0	0	0	0	1000

Tableau 8 : Évolution des *Staphylococcus aureus*

Au vu des 3 expériences :

- On note que certains germes sont plus résistants que d'autres à la désinfection chlorée. Sans désinfectant (expérience 1), plus l'apport de pollution organique est important (baigneurs successifs) plus il apparaît une contamination microbiologique composée essentiellement d'une flore totale à 22°C et à 36°C, de streptocoques fécaux et de staphylocoques pathogènes.
- Avec l'ajout initial d'une dose de 1 mg/l de chlore libre actif, la contamination en flore totale à 22°C et à 36°C a tendance à s'accroître au fur et à mesure de la baignade, et les streptocoques fécaux, les *Pseudomonas aeruginosa* et les staphylocoques pathogènes en quantité importante, apparaissent après le baigneur B4.
- Avec un ajustement de chlore libre actif entre chaque baigneur, seule une contamination de staphylocoques pathogènes est notable après le baigneur B4 et un streptocoque fécal subsiste.

Concernant les coliformes totaux, *Escherichia coli* et les spores, aucune contamination n'est constatée en dehors des limites de qualité quelque soit les expériences.

Concernant l'évolution du chlore libre actif (tableau 9), l'expérience 2 montre qu'il y a une consommation de 1 mg/l dès le premier baigneur. Au cours de l'expérience 3, la pollution organique apportée par chaque baigneur consomme de 0,84 à 0,9 mg/l de chlore libre actif.

Chlore libre actif (mg/l)	Résultats					
	Baigneurs	AB	B1	B2	B3	B4
Expérience 1 (sans chlore)		0	0	0	0	0
Expérience 2 (dose unique)		1	ND*	0	0	0
Expérience 3 (ajustement)		1	0.16	0.16	0.13	0.1

\* ND : Non Détectable

Tableau 9 : Évolution du chlore libre actif

### Résultats physico-chimiques

Les résultats physico-chimiques obtenus au cours de cette étude ont été comparés à l'analyse de référence de l'eau minérale naturelle de Dax réalisée au laboratoire de l'Institut du thermalisme (Tableau 10) :

Les tableaux 11 à 14 ci-dessous présentent les résultats obtenus pour chacun des quatre éléments caractéristiques de l'eau minérale de Dax ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) pour chacune des trois expériences avant baigneur (AB) et après chaque baigneur (B1 à B4).

Éléments	Concentration de référence (mg/l)
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	329.04
Sodium (Na <sup>+</sup> )	128.66
Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	32.12
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	110.07

**Tableau 10 : Analyse de référence**

Ces tableaux montrent que l'ensemble des écart-types relatifs à chacune des 3 expériences varie de 0,24 % à 3,37 % quelque soit l'élément considéré. Ainsi, dans chacun des cas étudiés, l'ajout ou non de chlore n'entraîne pas de variation significative de la

Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) en mg/l	Résultats						Concentration moyenne (mg/l)	Écart-type (%)
	AB	B1	B2	B3	B4			
<b>Baigneurs</b>								
<b>Expérience 1</b>	329.04	326.95	325.51	327.28	324.58	326.67	1.72	
<b>Expérience 2</b>	329.46	335.61	337.08	337.33	337.27	335.35	3.37	
<b>Expérience 3</b>	343.20	342.74	343.48	345.01	346.14	344.11	1.42	

**Tableau 11 : Évolution des sulfates**

Sodium (Na <sup>+</sup> ) en mg/l	Résultats						Concentration moyenne (mg/l)	Écart-type (%)
	AB	B1	B2	B3	B4			
<b>Baigneurs</b>								
<b>Expérience 1</b>	128.66	128.84	129.61	129.46	129.39	129.19	0.42	
<b>Expérience 2</b>	135.29	136.44	132.08	136.11	135.53	135.09	1.74	
<b>Expérience 3</b>	137.01	136.08	136.32	133.06	137.82	136.06	1.81	

**Tableau 12 : Évolution du sodium**

Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) en mg/l	Résultats						Concentration moyenne (mg/l)	Écart-type (%)
	AB	B1	B2	B3	B4			
<b>Baigneurs</b>								
<b>Expérience 1</b>	32.12	32.44	32.88	33.18	33.88	32.9	0.68	
<b>Expérience 2</b>	33.57	33.36	33.47	33.81	33.94	33.63	0.24	
<b>Expérience 3</b>	34.35	33.92	34.12	34.25	34.59	34.25	0.25	

**Tableau 13 : Évolution du magnésium**



Calcium (Ca <sup>2+</sup> ) en mg/l	Résultats						
	AB	B1	B2	B3	B4	Concentration moyenne (mg/l)	Écart- type (%)
<b>Baigneurs</b>							
<b>Expérience 1</b>	110.07	106.75	107.15	106.68	106.74	107.48	1.46
<b>Expérience 2</b>	106.78	106.41	106.76	107.02	107.22	106.84	0.30
<b>Expérience 3</b>	108.96	108.57	108.36	108.43	109.24	108.71	0.38

Tableau 14 : Évolution du calcium

composition physico-chimique de l'eau minérale naturelle puisque nous sommes en deçà d'une variation de  $\pm 5\%$ .

Par contre lorsque que nous comparons les concentrations moyennes de chaque élément pour chaque expérience par rapport à la concentration de référence (tableau 10) de ces mêmes éléments (tableau 15), nous constatons que seuls deux éléments ne respectent pas la réglementation. En effet, les sulfates et le sodium de l'expérience 3 ont des écart-types ayant une variation supérieure à 5 % soit respectivement 10,66 % et 5,23 % donc non conformes. Tous les autres éléments, pour toutes les expériences, ont des écart-types inférieurs à 5 %.

Éléments	Expériences	Concentration moyenne (mg/l)	Analyse de référence (mg/l)	Écart-type entre les concentrations moyennes et l'analyse de référence (%)
<b>Sulfates</b>	Expérience 1	326.67		1.67
	Expérience 2	335.35	329.04	4.46
	Expérience 3	344.11		10.66
<b>Sodium</b>	Expérience 1	129.19		0.38
	Expérience 2	135.09	128.66	4.55
	Expérience 3	136.06		5.23
<b>Magnésium</b>	Expérience 1	32.90		0.55
	Expérience 2	33.63	32.12	1.07
	Expérience 3	34.25		1.50
<b>Calcium</b>	Expérience 1	107.48		1.83
	Expérience 2	106.84	110.07	2.29
	Expérience 3	108.71		0.96

Tableau 15 : Interprétation statistique

## Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude sont encourageants et permettent de conclure que l'ajout de l'eau de javel à 1 mg/l :

- aurait une action efficace sur l'ensemble des germes pathogènes étudiés dans cette étude à l'exception des staphylocoques *aureus* ;

- ne modifierait pas de manière significative la composition physico-chimique de l'eau minérale naturelle de Dax dont les propriétés thérapeutiques seraient conservées.

Les résultats microbiologiques montrent que l'expérience 3 est concluante excepté pour les staphylocoques *aureus* qui apparaissent après une heure de baignade. Les staphylocoques prolifèrent en surface et se protègent grâce aux mucosités des baigneurs. Cette protection de nature organique empêcherait le chlore d'agir. Pour remédier à ce problème, un système de surverse ou de goulotte est utilisé pour écrémer la surface des piscines thermales modernes. Notre prototype n'était pas encore équipé de surverse d'où les difficultés rencontrées à ce moment-là.

La contamination par les autres germes est inexistante (spores, coliformes totaux, *E. coli*) à l'exception d'une colonie de streptocoques fécaux après une heure de baignade. Quant à la flore totale à 22°C et 36°C, elle reste dans les limites de qualité fixée par la réglementation en vigueur actuellement.

Les résultats physico-chimiques montrent que l'ajout d'un désinfectant chloré et/ou d'une pollution apportée par les baigneurs n'entraînent pas de modifications significatives (< 5 %) de la composition de l'eau minérale naturelle. Seuls le sodium et les sulfates auraient tendance à subir une légère modification de leur concentration mais cela reste à préciser lors de prochaines campagnes d'essais.

## Conclusion

L'adjonction d'eau de javel permet de diminuer la prolifération bactérienne dans le pilote piscine thermale pour l'eau minérale naturelle de Dax. L'ajout en continu du chlore, pour obtenir une concentration de 1 mg/l en permanence, est plus efficace qu'une concentration initiale de 1 mg/l, non compensée au fur et à mesure de l'arrivée des baigneurs. Cet apport ne permet pas de faire disparaître toute prolifération bactérienne, peut-être en raison d'une concentration initiale insuffisante en chlore libre actif.

Afin d'améliorer la qualité bactériologique de l'eau, il pourrait être judicieux de maintenir une concentration en chlore libre actif supérieure à 1 mg/l, sans dépasser la limite autorisée de 1,4 mg/l, au moyen d'une pompe doseuse éventuellement reliée à un analyseur de chlore en continu.

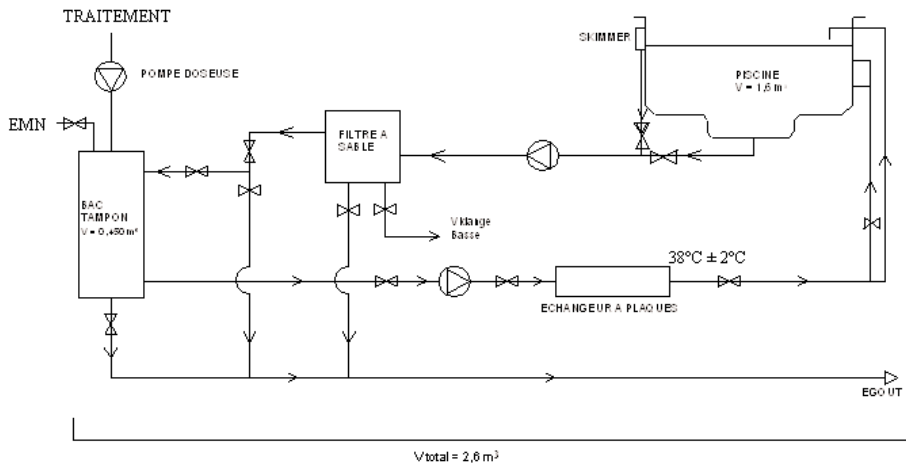
Pour remédier au problème des staphylocoques pathogènes, qui prolifèrent en surface et se protègent grâce aux mucosités des baigneurs, l'installation d'un système de surverse ou de goulotte pour écrémer la surface des piscines thermales modernes est envisagé pour les prochaines campagnes d'expériences.

## Perspectives

Cette première campagne d'expériences permet d'envisager de nouveaux essais qui auront la particularité de se dérouler à la fois sur notre prototype "piscine thermale" modifié (figure 3) qui sera équipé d'un bassin avec skimmer pour l'écumage de la surface du bassin (même protocole que dans la première campagne) et à la fois dans un établissement thermal dacquois afin de valider grandeur nature (en conditions réelles) l'efficacité d'un ou de plusieurs désinfectants en présence de curistes.

L'étude se déroulera :

- dans un premier temps avec un désinfectant type chlore/brome afin d'obtenir l'homologation auprès de la Direction générale de la santé, de ce produit ;
- dans un deuxième temps avec des désinfectants chlorés afin d'approfondir les résultats de cette première campagne d'expériences.



**Figure 3 : Synoptique pilote "piscine thermique" modifié**

Cette nouvelle étude aura plusieurs objectifs :

- établir un référentiel de désinfection des piscines thermales pour les exploitants thermaux des Landes en précisant les règles générales de fonctionnement et les prescriptions techniques des piscines tout en respectant les conformités réglementaires,
- définir la fréquence de vidange des bassins en qualifiant "l'âge de l'eau" en analysant sa composition physico-chimique,
- définir la dose optimale de désinfectant dans les bassins et vérifier l'efficacité microbiologique du désinfectant.

## Bibliographie

- [1] Arrêté ministériel du 27 février 2007 relatif aux traitements de l'eau minérale naturelle utilisée à des fins thérapeutiques dans les établissements thermaux, pris pour son application.
- [2] Circulaire DGS/VS 4 N° 2000-336 du 19 juin 2000 relative à la gestion du risque microbien lié à l'eau minérale dans les établissements thermaux.
- [3] Code de la santé publique (art. L.1322-1 à L.1322-9 et art. D.1332-1 à D.1332-15) et par l'arrêté ministériel du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines.

