



La chaleur solaire collective
performante et durable



Livret technique

La chaleur solaire, une réponse
adaptée aux besoins en eau
chaude des piscines collectives





Contributeurs

Ce livret a été réalisé par des membres de la **communauté SOCOL**.

Ont ainsi apporté leur contribution :

- **Philippe BAUDUIN**, Alturan
- **Nadine BERTHOMIEU**, ADEME
- **Pierre GERRER**, INES Plateforme Formation & Évaluation
- **Moran GUILLERMIC**, Atlansun
- **Michaël MACAIRE**, ADEME
- **Eric MAYNADIE**, SOLEVAL
- **Daniel MUGNIER**, TECSOL
- **Jean-Marie NOUGARET**, Giordano Industries
- **Alexandre PAUVERT**, CD2E
- **Guillaume PERRIN**, FNCCR
- **Guillaume PRADERE**, EKLOR

La coordination a été assurée par :

- **Edwige Porcheyre**, Enerplan
- **Philippe Papillon**, En butinant l'énergie

Ce document a été réalisé avec le soutien de l'ADEME et de GRDF



Table des matières

Historique des révisions du document	3
Contributeurs.....	3
Introduction	5
1 Le solaire thermique pour les piscines.....	6
1.1 Typologie de piscine.....	6
1.2 Les besoins thermiques des piscines	7
1.3 Les technologies de capteurs adaptés aux piscines	9
1.4 Tableau de sélection du schéma adapté	11
2 Présentation des différents schémas.....	11
2.1 Schéma 1.A.....	11
2.2 Schéma 2.A.....	13
2.3 Schéma 3.A.....	15
2.4 Schéma 3.A1.....	17
2.5 Schéma 4.A.....	19
2.6 Schéma 4.A1.....	21
2.7 Schéma 5.A.....	23
2.8 Schéma 5.A1.....	26
2.9 Schéma 5.A2.....	28
3 Références.....	30
4 Annexes	31
4.1 Les besoins thermiques d'une piscine	31
4.2 Les outils de calcul disponibles	34
4.3 Modèle de carnet sanitaire de piscine	36
Bibliographie	38



Introduction

Les piscines sont des équipements publics ou privés devenus incontournables pour répondre aux attentes de bien-être, de loisirs, de sport des citoyens ou des clients. En France, 16.000 piscines, destinées à un usage sportif ou de loisirs (piscines municipales, d'hôtels, de camping, de résidence de vacances, etc.) accueillent chaque année 25 millions de baigneurs.

Cependant, ces équipements sont généralement fortement consommateurs d'énergie, que ce soit pour le chauffage des bassins (y compris le réchauffage de l'eau de renouvellement), le chauffage des locaux dans le cas des piscines couvertes, et l'eau chaude sanitaire des douches.

Pour les piscines couvertes, la consommation énergétique annuelle varie entre 1500 et 3000 kWh/m² de plan d'eau, dont près de 400 kWh/m² pour compenser les pertes thermiques des bassins et près de 50 kWh/m² pour l'eau chaude sanitaire [1].

Pour les piscines de plein-air, la consommation énergétique annuelle varie entre 100 et 500 kWh/m² de plan d'eau avec de très grandes variations en fonction de la durée d'ouverture, de la présence ou non d'une couverture, de la typologie de la piscine, de la fréquentation et du climat.

Vu sous un autre angle, les piscines publiques (toutes piscines confondues) représentent un peu plus de 10% des consommations énergétiques des collectivités locales (EPCI et communes) : cela correspond à 60 kWh/an.habitant (l'équivalent d'une quarantaine de douches) et près de 5€/habitant¹. Les piscines sont généralement les équipements qui pèsent le plus lourd dans le budget "énergie" des collectivités.

Au travers de ces quelques chiffres, il apparaît évident que la recherche d'économie d'énergie et de mise en place d'énergies renouvelables doit être recherché dans le cadre de l'optimisation des piscines, pour répondre à la fois à des objectifs de réduction de charges, mais plus encore de réduction des émissions de CO₂.

A l'échelle des piscines privées (camping, hôtel, centre de soins, ...), nous retrouvons globalement les mêmes chiffres de consommation.

L'usage de l'énergie solaire thermique est parfaitement adapté aux piscines. Les niveaux de température sont bas, la consommation importante, et dans le cas des piscines découvertes, les besoins sont en phase avec la ressource solaire.

Ce livret a donc pour objectif de fournir des clés pour l'utilisation de l'énergie solaire thermique au service des piscines.

¹ Ces chiffres ont été évalués à partir des données issues du rapport « Dépenses énergétiques des collectivités locales » [2]. A titre de comparaison, la consommation énergétique pour les écoles est de 120 kWh/habitant.an : les piscines représentent donc 50% de la consommation des écoles.



1 Le solaire thermique pour les piscines

1.1 Typologie de piscine

Typiquement, et en regard de l'utilisation de l'énergie solaire, nous pouvons décliner le terme générique « piscine » en trois typologies majeures, correspondant à des consommations énergétiques, mais aussi des usages de l'énergie solaire différents.

1.1.1 Piscine de plein air à utilisation estivale avec ou sans équipements ludiques

Uniquement destinées à une utilisation estivale, ces piscines sont découvertes. Les usages de l'énergie thermique sont destinés :

- A réchauffer le bassin au début de la saison
- A maintenir la température du bassin au cours de la saison pour compenser les pertes thermiques et réchauffer l'eau de renouvellement
- A réchauffer l'eau chaude sanitaire des douches.

1.1.2 Piscine couverte avec une utilisation « 4 saisons » avec ou sans équipements ludiques

Dans les piscines couvertes, les usages de l'énergie thermique sont destinés :

- A chauffer les locaux
- A déshumidifier l'air ambiant pour maintenir le confort et éviter les condensations
- A maintenir la température du bassin au cours de la saison pour compenser les pertes thermiques et réchauffer l'eau de renouvellement
- A réchauffer l'eau des bassins suite aux vidanges règlementaires
- A réchauffer l'eau chaude sanitaire des douches.

Le chauffage des locaux et la déshumidification de l'air ambiant ne seront pas traités dans ce livret.

1.1.3 Bain nordique

Les bains nordiques sont une catégorie particulière qui, au regard des consommations énergétiques, occupent une place à part. En effet, la température est généralement plus élevée que pour les piscines (de l'ordre de 32 à 35°C), et ils sont généralement utilisés en extérieur et en période hivernale ...

Tout est donc réuni pour que les consommations énergétiques soient élevées...

Les spas ne sont pas inclus dans cette catégorie. Ces derniers font l'objet de réglementation sanitaire, notamment en ce qui concerne le renouvellement d'eau [9].



Limiter les pertes thermiques est indispensable

Le solaire peut compenser une partie des besoins énergétiques. Mais en premier lieu, les solutions pour réduire ces besoins sont à mettre en œuvre. L'ensemble des deux solutions mises en œuvre simultanément apporteront des réductions majeures des charges énergétiques de ces équipements.

Par exemple, la couverture thermique des bassins limitera significativement les pertes. Cette couverture sera mise en place en dehors des périodes d'utilisation.

1.2 Les besoins thermiques des piscines

Seuls trois postes de besoins énergétiques sont pris en compte dans ce livret :

- L'eau chaude sanitaire pour les douches
- L'eau de renouvellement des bassins
- Le réchauffage des bassins.

Les deux premiers postes de consommations sont étroitement liés à la fréquentation de la piscine. Pour les piscines existantes, le carnet sanitaire sera une source précieuse pour évaluer les besoins. Pour les projets de piscines, il conviendra de se référer à la fréquentation moyenne mensuelle prévisionnelle, et non à la fréquentation maximale instantanée (FMI).

Le chauffage et la déshumidification des locaux dans le cadre des piscines couvertes dépassent le cadre de ce livret compte-tenu de la complexité, et nécessite de recourir à une expertise spécifique.

1.2.1 Le poste ECS

Les douches sont les principales consommations d'eau chaude dans les piscines.

Issu de campagnes de mesure, le ratio moyen s'établit entre 5 et 10 l/baigneur à 60°C.

D'autres sources [3] citent une consommation d'eau chaude pour les douches comprise entre 18 et 35 l/baigneur à 40°C.

En première approche, nous pouvons retenir une consommation d'eau chaude de 15 l/baigneur à 40°C, soit de l'ordre de 8 l/baigneur à 60°C.

Dans le cadre des piscines existantes, il est fortement recommandé de s'appuyer sur le relevé des consommations d'eau chaude des douches.

D'un point de vue réglementaire, il y aura lieu notamment de se conformer à :

- l'Arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire [7],
- l'Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public [8]



1.2.2 Le poste « eau de renouvellement »

Réglementairement, pour assurer une qualité d'eau suffisante, un renouvellement de 30l/baigneur est obligatoire. Un apport de 50 litres/baigneur est généralement recommandé par les Agences Régionales de Santé [10].

En pratique, et selon les typologies de piscine et les systèmes de traitement d'eau mis en place, le renouvellement atteint jusqu'à 120 l/baigneur de façon à répondre aux exigences sanitaires. Ce volume d'eau de renouvellement doit être consigné dans le carnet sanitaire de la piscine (cf Annexe Modèle de carnet sanitaire de piscine).

Dans une démarche de maîtrise de l'énergie et des consommations d'eau, il est recommandé d'optimiser les équipements pour limiter ce besoin en eau de renouvellement.

Dans le cadre d'un équipement neuf, prévoir un renouvellement de 30l/baigneur.

Dans le cadre d'un équipement existant, prévoir un renouvellement égal à 60% du renouvellement actuel, avec un minimum à 30 l/baigneur.

Cette eau de renouvellement doit être réchauffé à la température des bassins (26 à 30°C selon les cas).

1.2.3 Le réchauffage de l'eau des bassins

Compte-tenu des pertes thermiques (convection, conduction, rayonnement, évaporation), il est nécessaire de réchauffer l'eau des bassins.

L'évaluation des pertes thermiques des bassins permet d'accéder aux besoins énergétiques. Compte-tenu de la diversité des situations (piscine intérieure, extérieure, climat, situation du bassin, ...), il est difficile de donner des ratios de besoins énergétiques.

Les différentes formules de calcul pour l'évaluation de ces pertes sont mentionnées en 4.1.

Dans le cadre du réchauffage des bassins, et pour les piscines découvertes, il y a également lieu de prendre en compte la mise en température en début de saison.

Le Tableau 1 indique les différentes températures recommandées en fonction des typologies de bassin.

Type de bassin	Température de l'eau recommandée
Bassin d'apprentissage	27°C
Bassin de compétition	25°C
Pataugeoire	30°C
Bassin de loisirs	24 à 29°C
Bassin thérapeutique	29 à 35°C
Fosse de plongée	27 à 32°C

Tableau 1 : Température recommandée pour les différents types de bassins

1.2.4 Exemple de consommations énergétiques d'une piscine découverte à utilisation estivale

Piscine ouverte du 1^{er} juin au 30 septembre, situé à Orléans.

La dimension du bassin est de 25 x 7 m², son volume est de 262 m³ et sa température de consigne est de 26°C.

La fréquentation varie entre 50 et 100 baigneurs/jour, la consommation d'eau pour les douches est de 15 l/baigneur à 40°C, et le renouvellement est de 50 l/baigneur.



	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Saison
Nombre baigneurs (/jour)	50	100	100	50	
Température extérieure moyenne (°C)	16.7	18.6	18.4	15.8	
Irradiation moyenne sur plan horizontal (kWh/m ² .jour)	6.11	5.53	4.75	3.89	
Besoins bassins (kWh)	11423	10101	13911	23476	58911
Besoins ECS (kWh)	653	1295	1295	653	3896
Besoins renouvellement (kWh)	957	1798	1798	957	5510
% bassins	88%	77%	82%	94%	86%
% ECS	5%	10%	8%	3%	6%
% renouvellement	7%	14%	11%	4%	8%

Tableau 2 : Bilan énergétique d'une piscine de plein air en l'absence de couverture

	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Saison
Nombre baigneurs (/jour)	50	100	100	50	
Besoins bassins (kWh)	3016	2162	6018	14858	26054
Besoins ECS (kWh)	653	1295	1295	653	3896
Besoins renouvellement (kWh)	957	1798	1798	957	5510
% bassins	65%	41%	66%	90%	73%
% ECS	14%	25%	14%	4%	11%
% renouvellement	21%	34%	20%	6%	16%

Tableau 3 : Bilan énergétique d'une piscine de plein air avec couverture 8 heures/jour

La couverture permet de réduire de 56% les besoins des bassins.

1.3 Les technologies de capteurs adaptés aux piscines

En fonction des usages de l'énergie solaire pour adresser un ou plusieurs des besoins thermiques des piscines, les différentes technologies de capteurs solaires thermiques existantes pourront être utilisées.

a) Lesquels ? Pourquoi ?

- **Capteurs non vitrés.** Le plus simple et le moins onéreux des capteurs solaires offre une performance inégalée à basse température : il sera privilégié pour le réchauffage des piscines de plein-air en saison estivale. Par contre, il ne sera pas adapté pour le préchauffage de l'ECS.
- **Capteurs PVT.** Le capteur hybride PVT à eau pourra être utilisé pour le réchauffage des piscines de plein-air en saison estivale, voir pour le réchauffage de l'eau sanitaire des douches. En règle générale, les



performances thermiques d'un capteur PVT sont proches des performances thermiques des capteurs non vitrés. En complément, le capteur PVT produira de l'électricité qui pourra être valorisé sur le site en autoconsommation.

- **Capteurs plans.** Il sera adapté au réchauffage des bassins mais aussi au réchauffage de l'eau chaude sanitaire des douches que ce soit pour les piscines de plein air ou pour les piscines 4 saisons. S'il s'agit seulement de réchauffer l'eau des bassins d'une piscine estivale, il sera moins performant que le capteur non vitré.
- **Tubes sous vide.** Très performant à haute température, le capteur à tubes sous vide n'est pas le produit le mieux adapté pour des besoins énergétiques à basse température. Il pourra cependant avoir un intérêt dans certaines applications spécifiques où des besoins autre que ceux listés ci-dessus seront adressés (par exemple au travers de la mutualisation des capteurs pour d'autres usages en dehors de la période d'utilisation de la piscine par exemple). Par contre, il conviendra de bien vérifier l'adéquation des niveaux de température requis par les applications, avec les niveaux de température pouvant être atteints par les capteurs à tubes sous vide.
- **Capteurs non vitrés + PAC.** Couplé à une pompe à chaleur, l'utilisation de capteurs non-vitrés pourra être envisagé pour le réchauffage des bassins mais aussi au réchauffage de l'eau chaude sanitaire des douches que ce soit pour les piscines de plein air ou pour les piscines 4 saisons. En fonction de la typologie de l'installation, on pourra également envisager un fonctionnement en direct des capteurs non vitrés sans recourir à la PAC.
- **Capteurs PVT + PAC.** Solution similaire à la précédente mais avec des capteurs PVT.

b) Sous pression et autovidange

Comme pour les installations solaires de production d'eau chaude sanitaire, deux grandes catégories hydrauliques peuvent être retenues :

- **Sous Pression** : Ce type de système représente la majorité des installations réalisées actuellement. Il n'y a pas de prescription particulière, et il peut être adapté à tout type d'installations où la consommation est régulière et continue.
- **Autovidangeable** : Cette technique est née en Europe du Nord, où elle s'est développée à l'origine car elle permettait de se passer d'antigel. En France, elle se développe de manière croissante ces dernières années, dans le but de mieux gérer la surchauffe dans les capteurs. Elle est adaptée à tout type d'installations, particulièrement conseillée lorsque l'installation est à usage intermittent.

Dans le cadre des piscines, il y aura lieu de se positionner au regard des périodes d'utilisation, des opérations de maintenance pour choisir la solution la mieux adaptée.

Pour en savoir plus sur les différences entre ces deux catégories hydrauliques ainsi que les points forts et les précautions et attentions particulières, se référer à [6] et [11].



1.4 Tableau de sélection du schéma adapté

En fonction des 3 usages thermiques, ainsi que de la typologie de la piscine, une sélection de schémas hydrauliques est proposée.

ECS	Réchauffage eau de renouvellement	Réchauffage bassin	Piscine de plein air	Piscine couverte avec utilisation « 4 saisons » et/ou bain nordique
		X	Schéma 1.A	
	X		Schéma 2.A	Schéma 3.A
X		X	Schéma 3.A1	
X	X		Schéma 4.A	Schéma 4.A1
X	X	X	Schéma 5.A	Schéma 5.A1
			Schéma 5.A2	

Les schémas présentés ici ne sont que des exemples possibles : de multiples variantes peuvent être proposées en fonction de la répartition des différents usages, des contraintes particulières du site, ...

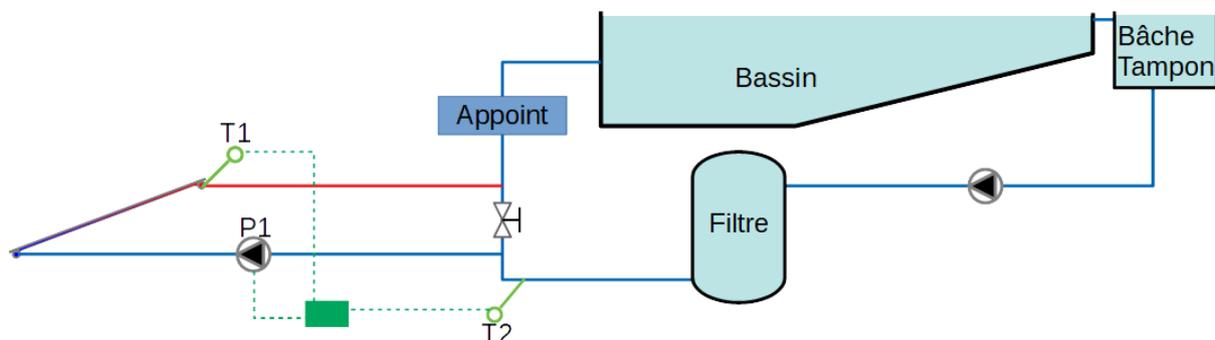
2 Présentation des différents schémas

2.1 Schéma 1.A

2.1.1 Champ d'application du schéma

Réchauffage des bassins des piscines de plein air avec capteurs non vitrés ou PVT

2.1.2 Schémas



2.1.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Le montage est en circuit direct sur l'eau des bassins. Le circuit capteur solaire est piloté par un régulateur différentiel qui met en service la pompe P1 en fonction des températures T1 et T2.

Un appoint peut être monté en série après le solaire pour assurer le complément d'énergie.



2.1.4 Typologie de capteurs adaptés

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✓	✓	✗	✗	✗	✗

Tableau 4 : Types de capteurs utilisables

2.1.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Pour ce type d'installations, un dimensionnement sommaire du champ de capteurs (capteurs non vitrés) est compris entre 30 (Sud de France) et 100% (Nord de France) de la surface des bassins en fonction des conditions climatiques.

En l'absence d'appoint, un dimensionnement plus important du champ de capteurs pourra être mis en œuvre : cette augmentation de surface permettra d'accélérer la montée en température du bassin en début de saison, et d'augmenter la durée d'utilisation et/ou le confort de baignade.

2.1.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma très simple	Tenue des composants du circuit solaire à la qualité d'eau de la piscine
Pas de risque de surchauffe des capteurs	Possibilité de vidanger totalement l'installation pour la période hivernale



2.2 Schéma 2.A

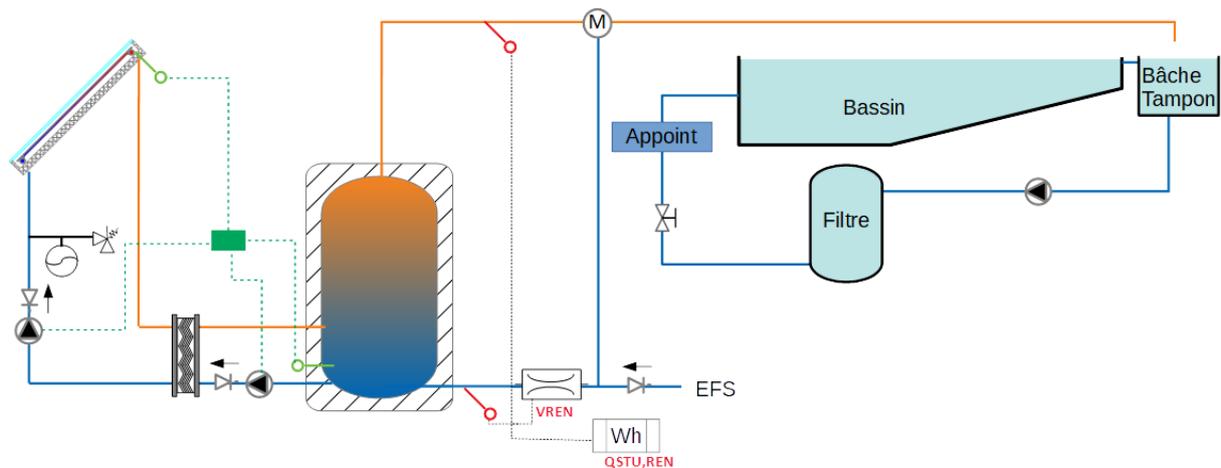
2.2.1 Champ d'application du schéma

Réchauffage de l'eau de renouvellement des piscines de plein air.

Si l'objectif est également de mutualiser l'équipement solaire avec les besoins d'eau chaude sanitaire des douches, se référer au schéma 4.A.

2.2.2 Schémas

Dans ce cas, il s'agit de réchauffer un volume d'eau chaude qui sera disponible lors de l'opération de renouvellement d'eau du bassin. Dès lors, le schéma est similaire à une production d'eau chaude sanitaire.



Les différents schémas de la schémathèque SOCOL [6] sont donc adaptés, avec une vigilance sur la température de distribution, qui doit être compatible avec la température du bassin et/ou la température admissible des composants techniques (matériau de la bêche tampon par exemple).

2.2.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Cf schémathèque SOCOL [6]

2.2.4 Typologie de capteurs adaptés

De préférence, des capteurs plans pour limiter le volume de stockage.

! Avec des capteurs non vitrés ou des capteurs PVT, il sera préférable de recourir au schéma 1.A

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✘	!	✔	✘	✔	✔

Tableau 5 : Types de capteurs utilisables



2.2.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Le renouvellement d'eau réglementaire est de 30 l/j par baigneur. Dans certains cas, ce renouvellement est plus important (cf 1.2.2). La température d'eau « chaude » requise est de 26 à 30°C selon les sites exploités.

Le dimensionnement des composants sera fait sur cette base.

2.2.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma très simple	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine.
Réchauffage d'eau sanitaire et non d'eau de piscine	

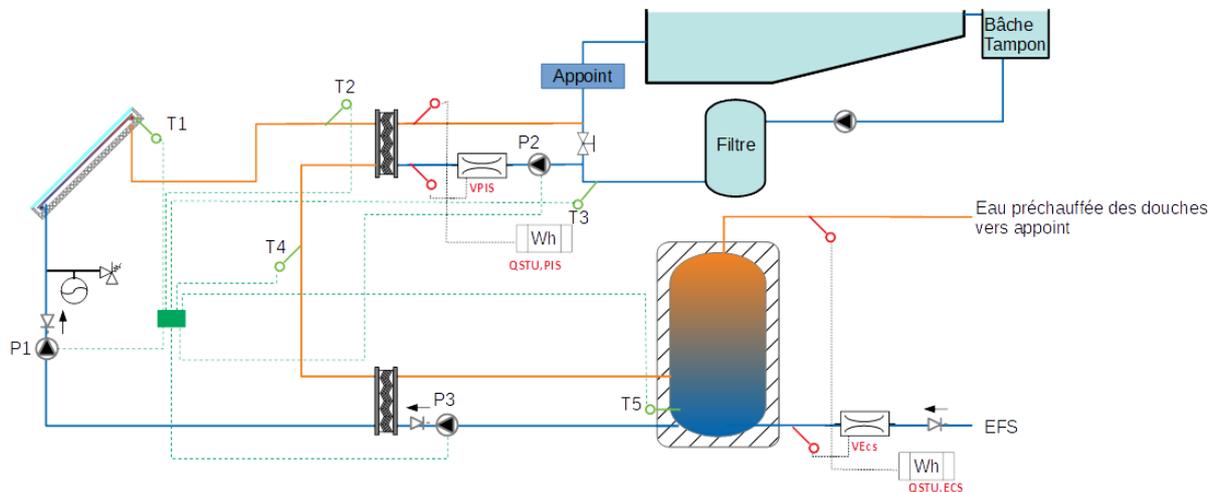


2.3 Schéma 3.A

2.3.1 Champ d'application du schéma

Réchauffage des bassins et production d'eau chaude sanitaire pour les douches.

2.3.2 Schémas



2.3.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Le montage proposé permet d'avoir des utilisations de l'énergie solaire en cascade.

Le principe de fonctionnement de ce schéma est assez simple.

- La pompe de la boucle solaire P1 est mise en service par un régulateur différentiel entre T1 et la température la plus basse entre T3 et T5
- La pompe de charge du circuit Piscine P2 est mise en service par un régulateur différentiel entre T2 et T3. La sonde T3 pourra également être utilisée pour une fonction thermostat avec un faible différentiel de température. P2 ne peut être mise en service que si P1 fonctionne.
- La pompe de charge du circuit Eau chaude sanitaire P3 est mise en service par un régulateur différentiel entre T4 et T5. P3 ne peut être mise en service que si P1 fonctionne.

Dans ce schéma, la priorité est donnée au réchauffage des bassins pour obtenir le plus haut niveau d'économie d'énergie. Par contre, du fait de l'inertie de la piscine, il sera important de ne pas « surchauffer » celle-ci (qui se ferait au détriment des autres usages) : un thermostat sur le circuit de charge Piscine doit donc arrêter celui-ci dès que la température de consigne est atteinte.

Dès que le chauffage de la piscine sera arrêté, le réchauffage de l'eau chaude sanitaire sera assuré.

Il est à noter que compte tenu du montage en cascade, et même si le réchauffage de la piscine est en service, le réchauffage du ballon pourra être assuré de la température d'eau froide jusqu'à la température de piscine.



2.3.4 Typologie de capteurs adaptés

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✗	✗	✓	✗	✓	✓

Tableau 6 : Types de capteurs utilisables

2.3.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

a) Capteurs solaires

La base de dimensionnement des capteurs solaires sera faite sur les besoins thermiques minimaux en période d'utilisation. Compte tenu du niveau de température faible des bassins, il sera privilégié des débits dans les capteurs solaires de l'ordre de 30 à 50 l/h.m².

b) Echangeur de chaleur

Les différents échangeurs seront dimensionnés sur les mêmes bases :

Puissance : 700 W/m² capteur

	Primaire	Secondaire
Température entrée	40°C	20°C
Débit	Débit circuit capteur	Débit circuit capteur

c) Volume du ballon ECS

Le volume du ballon d'ECS sera égale à la consommation journalière moyenne.

2.3.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma polyvalent	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine.
	Echangeur de piscine compatible avec l'eau de piscine

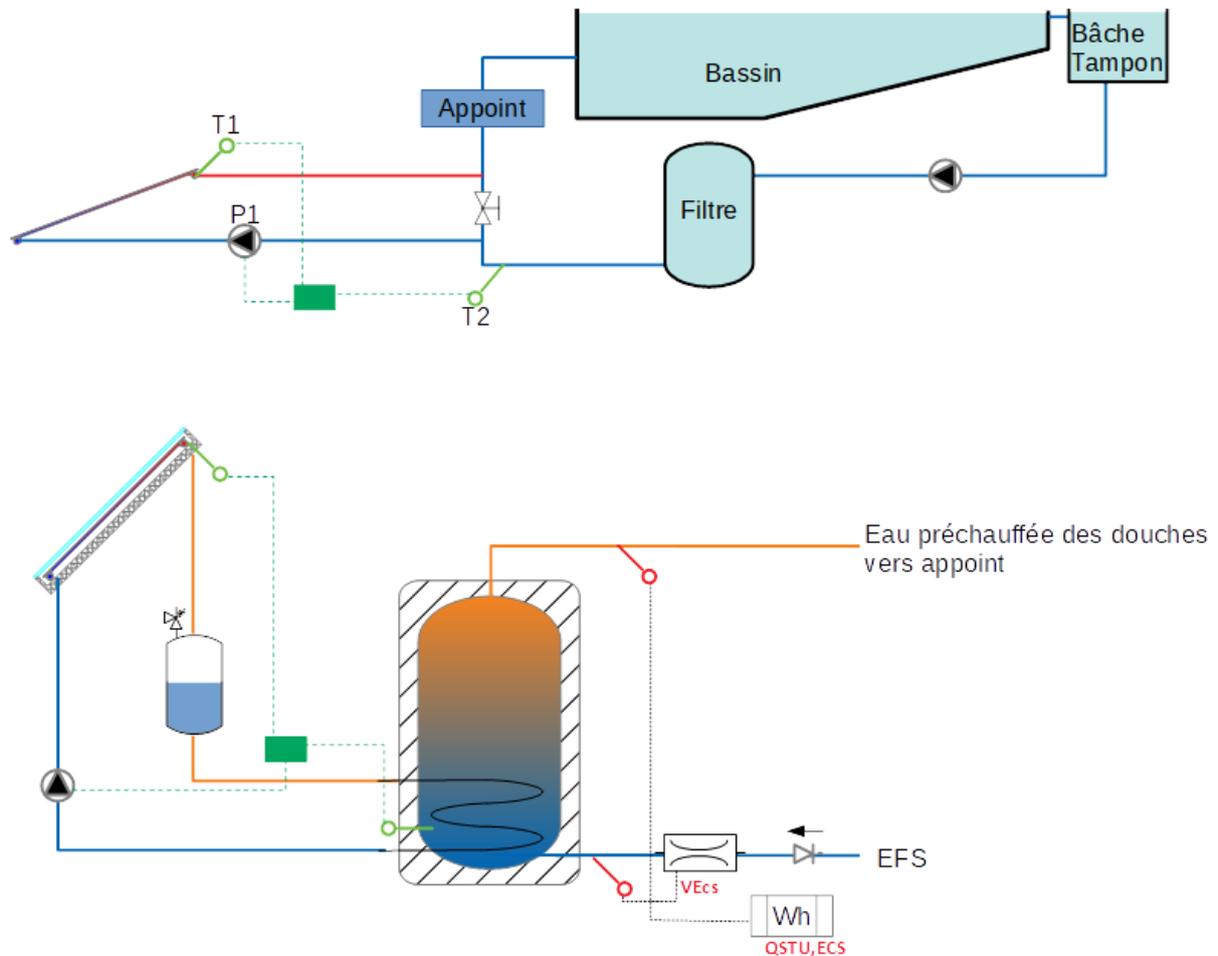


2.4 Schéma 3.A1

2.4.1 Champ d'application du schéma

Réchauffage des bassins des piscines de plein air et production d'eau chaude sanitaire pour les douches. Ce schéma est une variante au schéma 3.A, où les deux fonctions sont dissociées.

2.4.2 Schémas



2.4.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Dans ce cas, il s'agit de deux installations distinctes.

2.4.4 Typologie de capteurs adaptés

	Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
Réchauffage des bassins	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Eau chaude sanitaire des douches	✗	✗	✓	✗	✓	✓

Tableau 7 : Types de capteurs utilisables



2.4.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Cf Schéma 1.A pour le réchauffage des bassins

Cf Schéma 4.A pour l'eau chaude sanitaire des douches et l'eau de renouvellement

2.4.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
2 installations très simples	Pas de mutualisation possible entre les différents usages de l'énergie solaire
Pas de risque de surchauffe des capteurs pour le réchauffage des bassins	Possibilité de vidanger totalement l'installation pour la période hivernale pour le réchauffage des bassins
Adapté dans certaines configurations particulières (surface horizontale disponible pour la mise en place des capteurs non vitrés, mais pas assez de surface pouvant accueillir des capteurs plans).	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine, pour le réchauffage de l'eau chaude sanitaire.



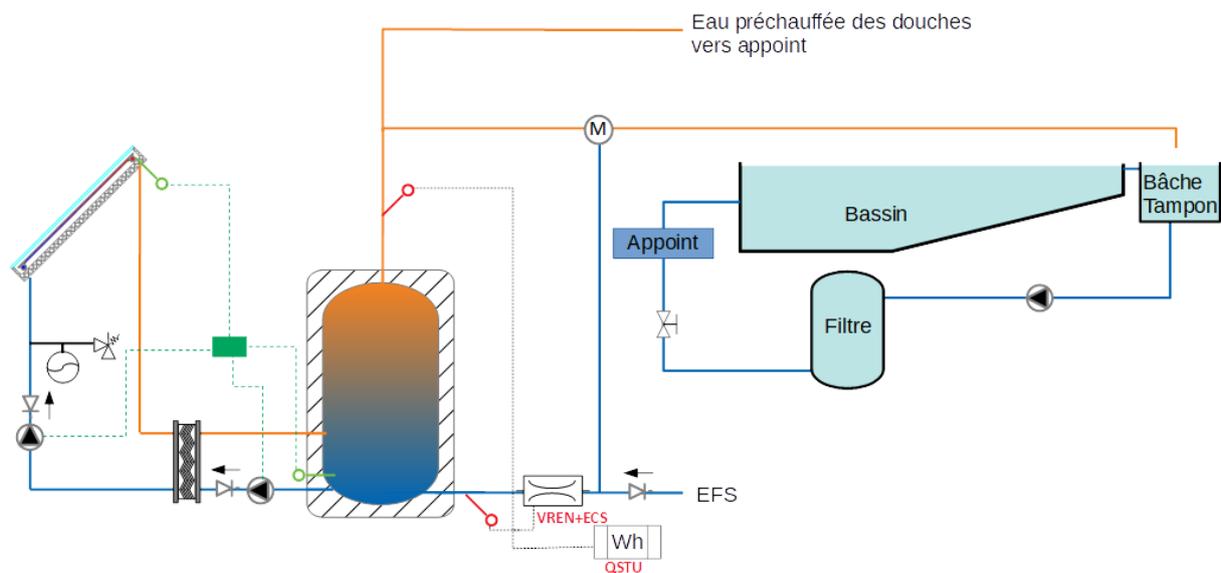
2.5 Schéma 4.A

2.5.1 Champ d'application du schéma

Réchauffage de l'eau de renouvellement des bassins et production d'eau chaude sanitaire pour les douches.

2.5.2 Schémas

Dans ce cas, il s'agit de réchauffer un volume d'eau chaude qui sera disponible pour les douches et lors de l'opération de renouvellement d'eau du bassin. Dès lors, le schéma est similaire à une production d'eau chaude sanitaire.



Les différents schémas de la schémathèque SOCOL [6] sont donc adaptés, avec une vigilance sur la température de distribution pour l'eau de renouvellement, qui doit être compatible avec la température du bassin et/ou la température admissible des composants techniques (matériau de la bâche tampon par exemple).

2.5.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Cf schémathèque SOCOL [6]

2.5.4 Typologie de capteurs adaptés

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✗	✗	✓	✗	✓	✓

Tableau 8 : Types de capteurs utilisables



2.5.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Le renouvellement d'eau réglementaire est de 30 l/j par baigneur. Dans certains cas, ce renouvellement est plus important (cf 1.2.2). La température d'eau « chaude » requise est de 26 à 30°C selon les sites exploités.

La consommation d'eau chaude pour les douches est de l'ordre de 8l/j par baigneur à 60°C.

Le dimensionnement des composants sera fait sur cette base.

a) Capteurs solaires

La base de dimensionnement des capteurs solaires sera faite sur les besoins thermiques minimaux en période d'utilisation.

b) Echangeur de chaleur

Les différents échangeurs seront dimensionnés sur les mêmes bases :

Puissance : 700 W/m² capteur

	Primaire	Secondaire
Température entrée	40°C	20°C
Débit	Débit circuit capteur	Débit circuit capteur

c) Volume du ballon ECS

Le volume du ballon d'ECS et de renouvellement sera égale à la consommation journalière moyenne.

2.5.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma polyvalent	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine.



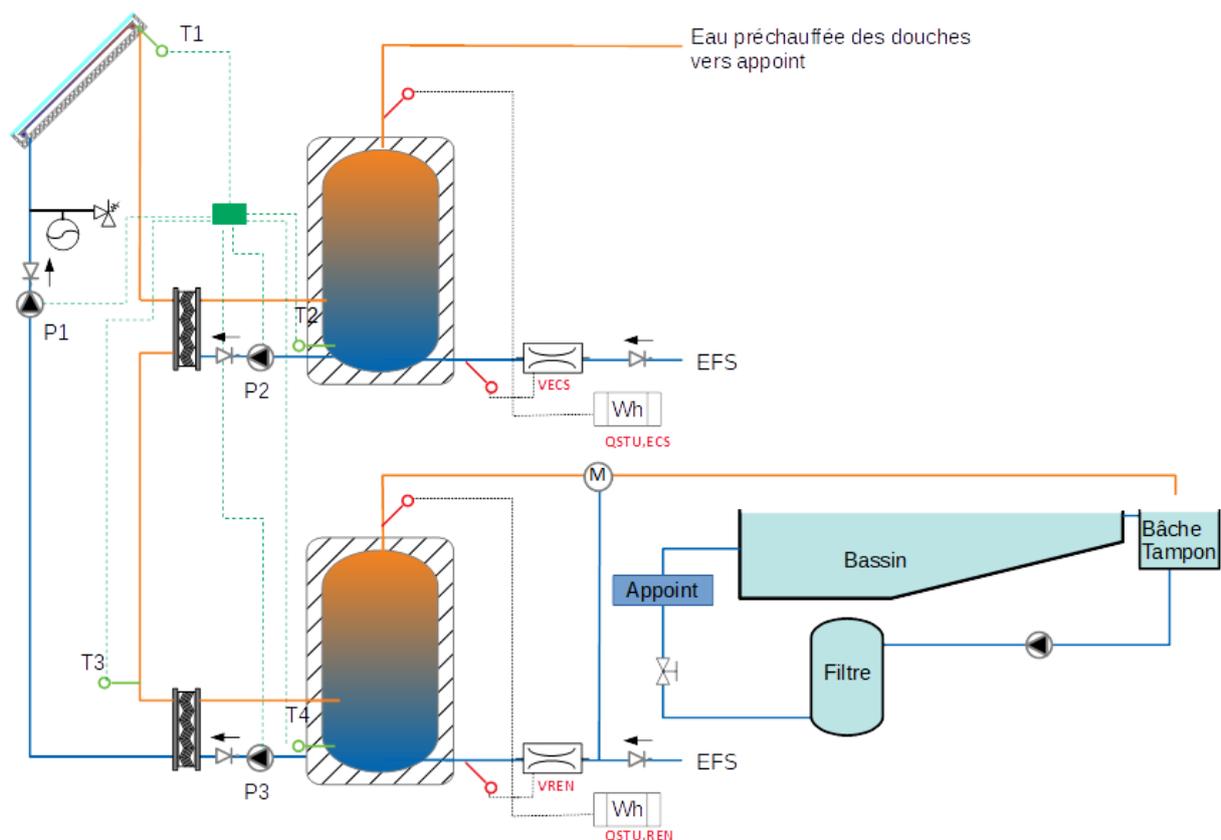
2.6 Schéma 4.A1

2.6.1 Champ d'application du schéma

Réchauffage de l'eau de renouvellement des bassins et production d'eau chaude sanitaire pour les douches.

2.6.2 Schémas

Il s'agit d'une variante au Schéma 4.A, où les fonctions de stockage pour les douches d'une part et pour le renouvellement d'eau du bassin d'autre part sont dissociées.



2.6.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Le montage proposé permet d'avoir des utilisations de l'énergie solaire en cascade.

Le principe de fonctionnement de ce schéma est assez simple.

- La pompe de la boucle solaire P1 est mise en service par un régulateur différentiel entre T1 et la température la plus basse entre T2 et T4
- La pompe de charge du circuit Eau chaude sanitaire P2 est mise en service par un régulateur différentiel entre T1 et T2. P2 ne peut être mise en service que si P1 fonctionne.
- La pompe de charge du circuit Eau de renouvellement P3 est mise en service par un régulateur différentiel entre T3 et T4. P3 ne peut être mise en service que si P1 fonctionne.

Dans ce schéma, la priorité est donnée au réchauffage de l'eau des douches qui nécessite un niveau de température généralement plus élevée.



2.6.4 Typologie de capteurs adaptés

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✗	✗	✓	✗	✓	✓

Tableau 9 : Types de capteurs utilisables

2.6.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Le renouvellement d'eau réglementaire est de 30 l/j par baigneur. Dans certains cas, ce renouvellement est plus important (cf 1.2.2). La température d'eau « chaude » requise est de 26 à 30°C selon les sites exploités.

La consommation d'eau chaude pour les douches est de l'ordre de 8l/j par baigneur à 60°C.

Le dimensionnement des composants sera fait sur cette base.

a) Capteurs solaires

La base de dimensionnement des capteurs solaires sera faite sur les besoins thermiques minimaux en période d'utilisation.

b) Echangeur de chaleur

Les différents échangeurs seront dimensionnés sur les mêmes bases :

Puissance : 700 W/m² capteur

	Primaire	Secondaire
Température entrée	40°C	20°C
Débit	Débit circuit capteur	Débit circuit capteur

c) Volume du ballon ECS

Le volume du ballon d'ECS sera égal à la consommation journalière moyenne des douches.

Le volume du ballon d'eau de renouvellement sera égal au volume de renouvellement quotidien moyen.

2.6.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma polyvalent	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine.
Permet de disposer les ballons de stockage en 2 lieux différents en fonction des caractéristiques de l'installation	Schéma légèrement plus complexe que le schéma 4.A

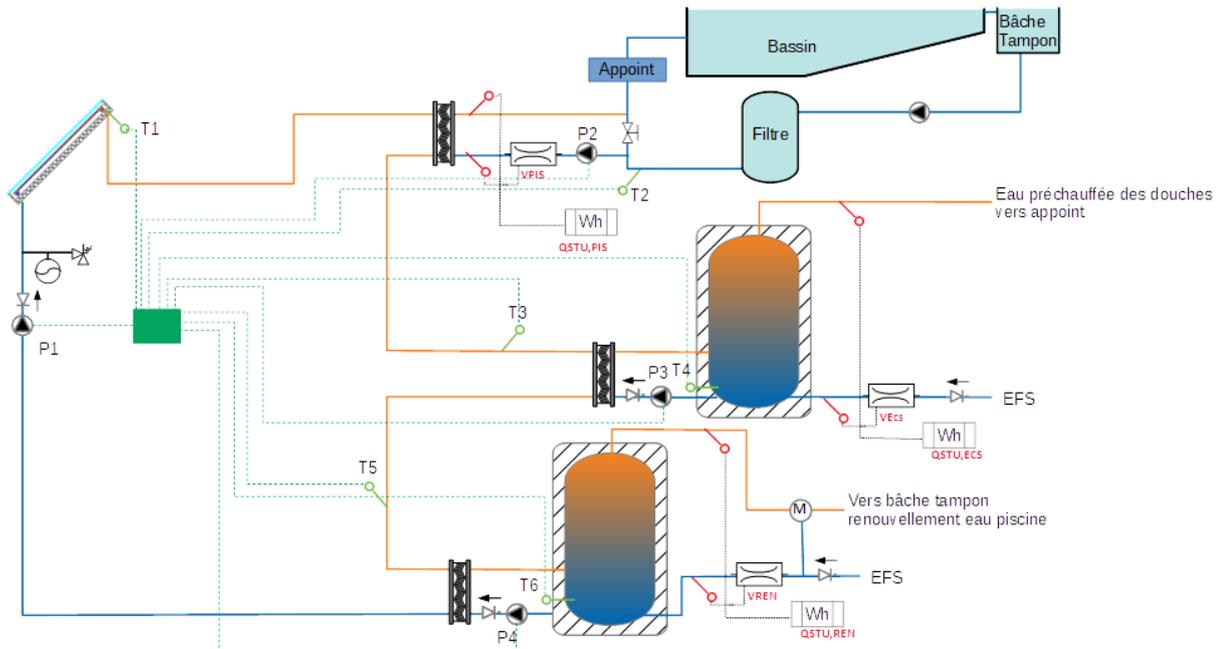


2.7 Schéma 5.A

2.7.1 Champ d'application du schéma

Pour les piscines « 4 saisons » ou pour les piscines de plein air adapté pour le réchauffage de l'eau des douches, de l'eau de renouvellement des bassins et pour le réchauffage du bassin

2.7.2 Schémas



Ce schéma est une variante possible. De nombreuses autres variantes pourront être mises en œuvre, notamment :

- Sur la boucle solaire : système sous pression ou autovidangeable
- Sur la partie eau chaude sanitaire : système en eau technique, prise en charge du réchauffage du bouclage, ballon avec échangeur immergé en remplacement de l'échangeur à plaques
- Sur la partie eau de renouvellement : système en eau technique, ballon avec échangeur immergé en remplacement de l'échangeur à plaques

Pour ces différents sous-ensembles, on pourra se référer à la schémathèque SOCOL et/ou aux livrets spécifiques dédiés au bouclage sanitaire [4] et aux installations en eau technique [5].

2.7.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Le montage proposé permet d'avoir des utilisations de l'énergie solaire en cascade.

Le principe de fonctionnement de ce schéma est assez simple.

- La pompe de la boucle solaire P1 est mise en service par un régulateur différentiel entre T1 et la température minimale entre T2, T4 et T6
- La pompe de charge du circuit Piscine P2 est mise en service par un régulateur différentiel entre T1 et T2
- La pompe de charge du circuit Eau chaude sanitaire P3 est mise en service par un régulateur différentiel entre T3 et T4



- La pompe de charge du circuit Eau de renouvellement P4 est mise en service par un régulateur différentiel entre T4 et T6

En général, sur ce type d'application (piscine 4 saisons), compte-tenu que la température de consigne des bassins doit être assurée, la priorité est donnée au réchauffage des bassins pour obtenir le plus haut niveau d'économie d'énergie. Par contre, du fait de l'inertie de la piscine, il sera important de ne pas « surchauffer » celle-ci (qui se ferait au détriment des autres usages) : un thermostat sur le circuit de charge Piscine doit donc arrêter celui-ci dès que possible.

Dès que le chauffage de la piscine sera arrêté, le réchauffage de l'eau chaude sanitaire et de l'eau de renouvellement seront assurés à plus haut niveau de température.

Il est à noter que compte tenu du montage en cascade, et même si le réchauffage de la piscine est en service, le réchauffage de ces 2 ballons pourra par ailleurs être assuré de la température d'eau froide jusqu'à la température de piscine.

2.7.4 Typologie de capteurs adaptés

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✗	✗	✓	✗	✓	✓

Tableau 10 : Types de capteurs utilisables

2.7.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Le renouvellement d'eau réglementaire est de 30 l/j par baigneur. Dans certains cas, ce renouvellement est plus important (cf 1.2.2). La température d'eau « chaude » requise est de 26 à 30°C selon les sites exploités.

La consommation d'eau chaude pour les douches est de l'ordre de 8l/j par baigneur à 60°C.

Le dimensionnement des composants sera fait sur cette base.

a) Capteurs solaires

La base de dimensionnement des capteurs solaires sera faite sur les besoins thermiques minimaux en période d'utilisation.

b) Echangeur de chaleur

Les différents échangeurs seront dimensionnés sur les mêmes bases :

Puissance : 700 W/m² capteur

	Primaire	Secondaire
Température entrée	40°C	20°C
Débit	Débit circuit capteur	Débit circuit capteur

c) Volume du ballon ECS

Le volume du ballon d'ECS sera égal à la consommation journalière moyenne des douches.

Le volume du ballon d'eau de renouvellement sera égal au volume de renouvellement quotidien moyen.



2.7.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma polyvalent	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine.
	Echangeur de piscine compatible avec l'eau de piscine

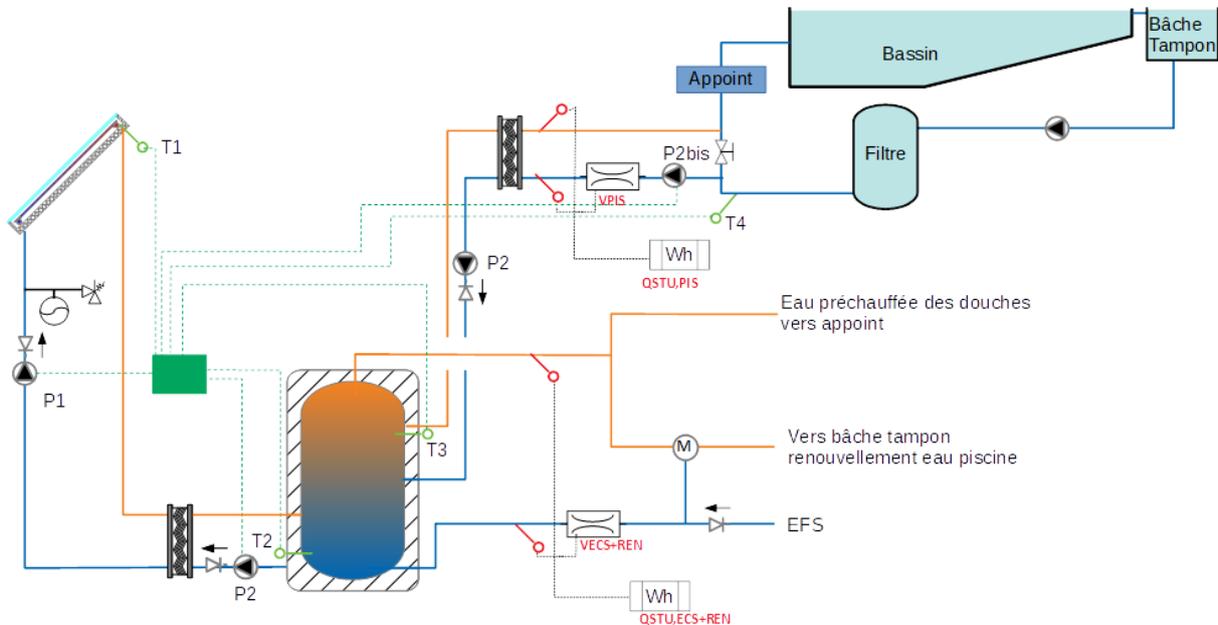


2.8 Schéma 5.A1

2.8.1 Champ d'application du schéma

Pour les piscines « 4 saisons » ou pour les piscines de plein air adapté pour le réchauffage de l'eau des douches, de l'eau de renouvellement des bassins et pour le réchauffage du bassin

2.8.2 Schémas



Ce schéma est une variante au schéma 5.A.

2.8.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Le montage proposé permet d'avoir l'ensemble des utilisations de l'énergie solaire à partir du ballon de stockage.

Le principe de fonctionnement de ce schéma est assez simple.

- La pompe de la boucle solaire P1 est mise en service par un régulateur différentiel entre T1 et la température minimale entre T2
- Les pompes de charge du circuit Piscine P2 et P2bis sont mises en service par un régulateur différentiel entre T3 et T4

En général, sur ce type d'application (piscine 4 saisons), compte-tenu que la température de consigne des bassins doit être assurée, la priorité est donnée au réchauffage des bassins pour obtenir le plus haut niveau d'économie d'énergie. Par contre, du fait de l'inertie de la piscine, il sera important de ne pas « surchauffer » celle-ci (qui se ferait au détriment des autres usages) : un thermostat sur le circuit de charge Piscine doit donc arrêter celui-ci dès que possible.

Dès que le chauffage de la piscine sera arrêté, le réchauffage de l'eau chaude sanitaire et de l'eau de renouvellement seront assurés à plus haut niveau de température.



2.8.4 Typologie de capteurs adaptés

Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
✘	✘	✔	✘	✔	✔

Tableau 11 : Types de capteurs utilisables

2.8.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Le renouvellement d'eau réglementaire est de 30 l/j par baigneur. Dans certains cas, ce renouvellement est plus important (cf 1.2.2). La température d'eau « chaude » requise est de 26 à 30°C selon les sites exploités.

La consommation d'eau chaude pour les douches est de l'ordre de 8l/j par baigneur à 60°C.

Le dimensionnement des composants sera fait sur cette base.

a) Capteurs solaires

La base de dimensionnement des capteurs solaires sera faite sur les besoins thermiques minimaux en période d'utilisation.

b) Echangeur de chaleur

Les différents échangeurs seront dimensionnés sur les mêmes bases :

Puissance : 700 W/m² capteur

	Primaire	Secondaire
Température entrée	40°C	20°C
Débit	Débit circuit capteur	Débit circuit capteur

c) Volume du ballon ECS

Le volume du ballon d'ECS sera égale à la somme de la consommation journalière moyenne des douches et du volume de renouvellement quotidien moyen.

2.8.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
Schéma polyvalent	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine.
	Echangeur de piscine compatible avec l'eau de piscine
	Circulateur P2 compatible avec l'eau chaude sanitaire



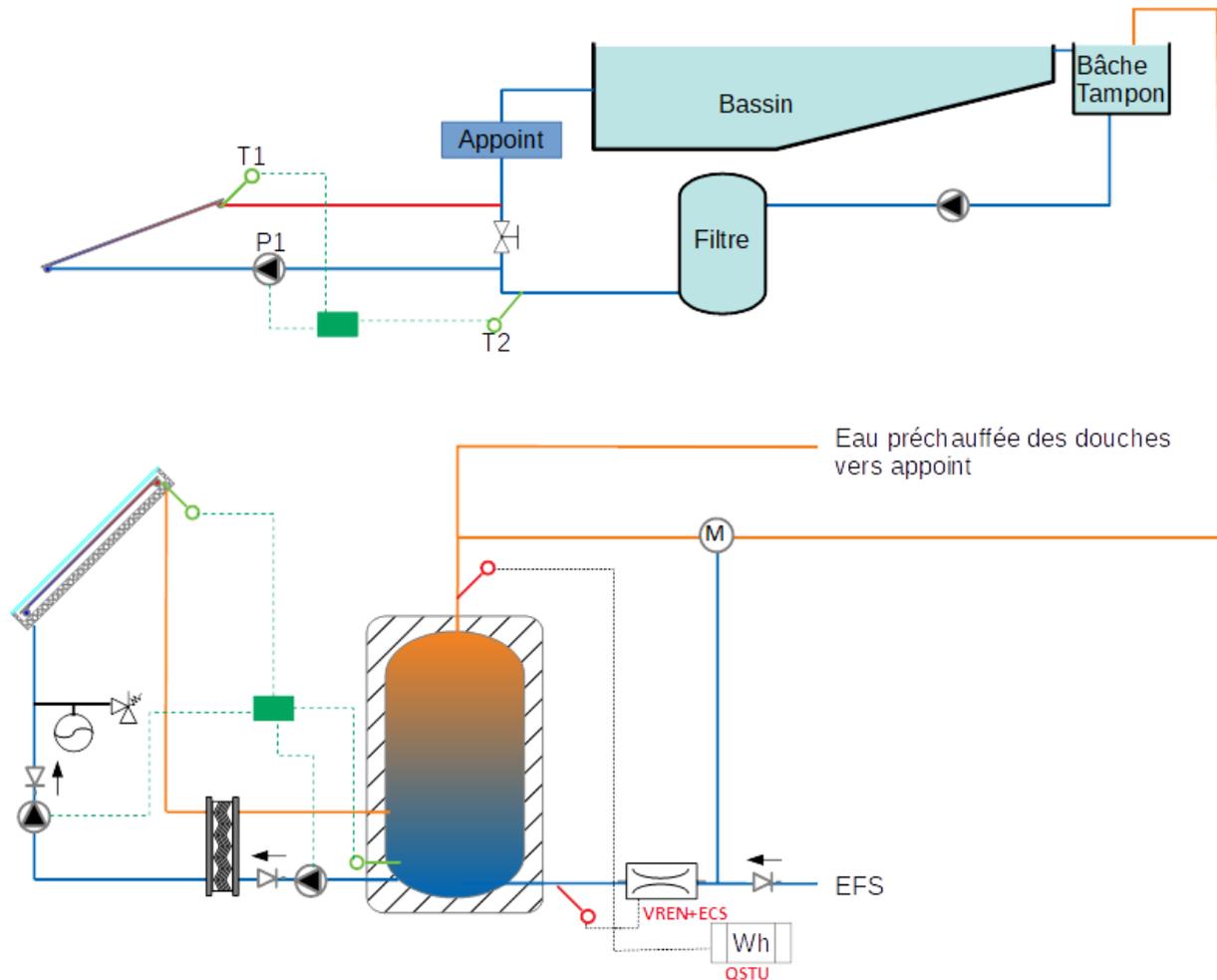
2.9 Schéma 5.A2

2.9.1 Champ d'application du schéma

Pour les piscines de plein air adapté pour le réchauffage de l'eau des douches, de l'eau de renouvellement des bassins et pour le réchauffage du bassin.

Ce schéma est une variante au schéma 5.A, où les deux fonctions sont dissociées. Il correspond à la juxtaposition du schéma 1.A et du schéma 4.A.

2.9.2 Schémas



2.9.3 Mode de fonctionnement y compris pilotage de l'installation

Dans ce cas, il s'agit de deux installations distinctes.

2.9.4 Typologie de capteurs adaptés

	Capteurs non vitrés	Capteur PVT	Capteur plans	Tubes sous vide	Capteurs non vitrés + PAC	Capteurs PVT + PAC
Réchauffage des bassins	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Eau chaude sanitaire des douches	✗	✗	✓	✗	✓	✓

Tableau 12 : Types de capteurs utilisables



2.9.5 Eléments de dimensionnement pour les composants clés (capteurs, échangeurs, ...)

Cf Schéma 1.A pour le réchauffage des bassins et cf schéma 4 A pour l'eau de renouvellement et l'eau des douches.

2.9.6 Points forts, points de vigilance, spécificités

Points forts	Point de vigilance
2 installations très simples	Pas de mutualisation possible entre les différents usages de l'énergie solaire
Pas de risque de surchauffe des capteurs pour le réchauffage des bassins	Possibilité de vidanger totalement l'installation pour la période hivernale pour le réchauffage des bassins
Adapté dans certaines configurations particulières (surface horizontale disponible pour la mise en place des capteurs non vitrés, mais pas assez de surface pouvant accueillir des capteurs plans).	Prendre en compte des risques de surchauffe éventuel en saison, ou en dehors de la saison d'ouverture de la piscine, pour le réchauffage de l'eau chaude sanitaire.



3 Références

3.1 Fiches d'opération

Piscine municipale d'Aix sur Vienne (87) : https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/fiches-operation/Fiches_d_operation_Piscine_Aix_sur_Vienne_Vnum02.pdf

Piscine municipale de Carros (06) : https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/fiches-operation/Fiche9_transenergie_piscinecarrosVnum09ssdebord.pdf

Piscine municipale de Marly le Roy (78) : https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/fiches-operation/Fiche-11_solareo_piscine_marly_le_roi.pdf

3.2 Témoignage vidéo

Piscine municipale de Gémenos (13) : <https://youtu.be/zdn0gbDUq2w>



4 Annexes

4.1 Les besoins thermiques d'une piscine

Cette annexe fournit les équations de base pour établir les besoins thermiques d'une piscine.

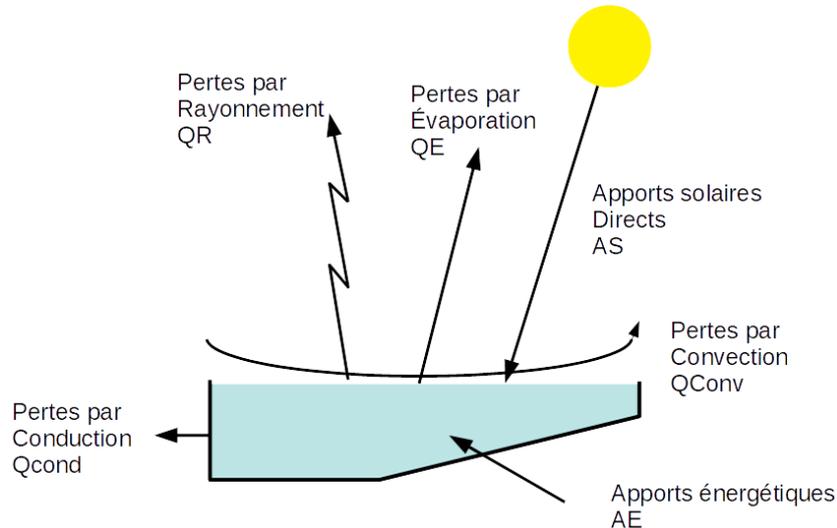


Figure 1 : Bilan thermique d'une piscine

Pour maintenir la température du bassin, les apports énergétiques doivent compenser les différentes pertes (rayonnement, évaporation, conduction et convection) minorées des apports solaires directs.

$$AE = QRay + QEvap + QCond + QConv - AS$$

Ce bilan thermique ne prend pas en compte les besoins énergétiques dus au renouvellement d'eau réglementaire.

4.1.1 Pertes par rayonnement

Les pertes par rayonnement sont fonction :

- De la température de l'air T_{air}
- De la température de l'eau des bassins T_{eau}
- Et des émissivités des surfaces e_{eau} et e_{ciel}

$$QRay = 0.024 * 5.67 * 10^{-8} * (\varepsilon_{eau} (T_{eau} + 273)^4 - \varepsilon_{ciel} (T_{air} + 273)^4) \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot j} \right]$$

Avec :

$$\varepsilon_{eau} = 0.95 [-]$$

$$\varepsilon_{ciel} = 0.004 * T_{rosée} + 0.8 [-]$$

$$T_{rosée} = 16.1 * \ln \left(HR * 6.31 * \exp \left(\frac{T_{air}}{15.5} \right) \right) - 104.5 [^{\circ}C]$$

Où HR désigne l'humidité relative [%] du site ou du local.



4.1.2 Pertes par évaporation

Les pertes par évaporation sont fonction :

- De la température de l'air T_{air} [°C]
- De la température de l'eau des bassins T_{eau} [°C]
- De la vitesse d'air sur le bassin V_{air} [m/s] dans le cas des piscines de plein air
- Du facteur d'activité f_a [-] dans le cas des piscines 4 saisons
- De l'humidité relative HR du site ou du local [%]

a) Piscine de plein air

$$Q_{Evap} = 0.00186 * \left(1 + \frac{V_{air}}{1.5}\right) * (Pv_{S_{Teau}} - Pv_{Tair}) \left[\frac{kWh}{m^2.j}\right]$$

La vitesse d'air peut être évalué selon le tableau suivant :

	Vair [m/s]
Piscine à l'air libre	4
Piscine semi-abritée	2
Piscine abritée	0.15 à 1

Tableau 13 : Vitesse d'air à la surface des piscines en fonction de leur exposition

b) Piscine 4 saisons

$$Q_{Evap} = 0.00250 * (f_a) * (Pv_{S_{Teau}} - Pv_{Tair}) \left[\frac{kWh}{m^2.j}\right]$$

Le facteur d'activité f_a vaut :

	f_a [-]
Piscine résidentielle	0.5
Hôtel	0.8
Piscine publique	1.0
Piscine à vagues ou spas	1.5

Tableau 14 : Facteur d'activité en fonction de la typologie des piscines

c) Evaluation des pressions de vapeur

La pression de vapeur saturante à la surface du bassin est :

$$Pv_{S_{Teau}} = 631 \exp\left(\frac{T_{eau}}{15.5}\right) [Pa]$$

La pression de vapeur de l'air est :

$$Pv_{Tair} = \frac{HR}{100} 631 \exp\left(\frac{T_{air}}{15.5}\right) [Pa]$$

4.1.3 Pertes par conduction

Les pertes par conduction du bassin correspondent aux pertes thermiques par les parois des bassins. Elles dépendent :

- Des coefficients de déperditions des parois, et de leur surface
- De la nature et de la température du sol environnant
- De la température du bassin



Plusieurs formulations peuvent être utilisées pour quantifier ces pertes :

$$Q_{cond} = 0.024 * \frac{\text{Périmètre bassin}}{\text{Surface bassin}} * (k_{sol} + k_{paroi})(T_{eau} - T_{air}) \left[\frac{kWh}{m^2.j} \right]$$

Où

$$k_{sol} = \exp\left(\frac{-\text{Profondeur bassin}}{2}\right) * 1.4 \left[\frac{W}{m.^{\circ}C} \right]$$

$$k_{paroi} = (\text{Profondeur bassin} * Km)^{0.6} * 0.69 \left[\frac{W}{m.^{\circ}C} \right]$$

où Km [W/m².°C] est la conductance de la paroi

$$Q_{cond} = 0.024 * 1.4 * \frac{\text{Périmètre bassin}}{\text{Surface bassin}} * (T_{eau} - T_{air}) \left[\frac{kWh}{m^2.j} \right]$$

Ces pertes étant faibles au regard des autres pertes thermiques, elles sont souvent négligées.

4.1.4 Pertes par convection

Les pertes par convection du bassin dépendent :

- De la vitesse de l'air à la surface du bassin V_{air} (cf Tableau 13),
- De la température de l'air T_{air}
- De la température du bassin T_{eau}

$$Q_{conv} = 0.024 * (5.7 + 3.8 V_{air}) * (T_{eau} - T_{air}) \left[\frac{kWh}{m^2.j} \right]$$

4.1.5 Apports solaires directs

Pour les piscines de plein-air, les apports solaires directs ont un impact significatif dans le bilan thermique du bassin.

$$AS = 0.9 * G_{hori} \left[\frac{kWh}{m^2.j} \right]$$

4.1.6 Impact d'une couverture thermique

Dans l'établissement du bilan thermique d'une piscine, le rôle de la couverture thermique est majeur. Elle contribue à réduire de façon significative les pertes par évaporation, par convection et par rayonnement. Le bilan devient :

$$AE = \frac{(24 - T)}{24} (Q_{Ray} + Q_{Evap} + Q_{Cond} + Q_{Conv}) + \frac{T}{24} (0.2 * Q_{Evap} + K(T_{eau} - T_{air}) * 0.024) - AS$$

Avec : T : la durée de mise en place de la couverture [h/j]

K : le coefficient globalisé de pertes thermiques compte tenu de la présence de la couverture [W/m².°C]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K0} + R} \left[\frac{W}{m^2.^{\circ}C} \right]$$

$$K0 = \frac{Q_{Conv} + Q_{Ray}}{0.024(T_{eau} - T_{air})} \left[\frac{W}{m^2.^{\circ}C} \right]$$

Et R est la résistance thermique de la couverture [m².°C/W]



4.1.7 Exemple de bilan thermique

Bassin														
Profondeur	1.50	m	Surface	175.00	m ²									
Largeur	7.00	m	Volume	262.50	m ³									
Longueur	25.00	m												
Couverture		8.00	h/jour	Résistance thermique couverture		0.05 m ² °C/W								
Station		Orléans		Situation		<input type="radio"/> Intérieur <input checked="" type="radio"/> Extérieur								
Site protégé du vent		<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non		Température		27.00 °C (si intérieur)								
Météo														
		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Nombre jour ouverture		0	0	0	0	0	30	31	31	30	0	0	0	122
Temp piscine	°C	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Temp air	°C	2.80	3.70	7.10	9.90	13.30	16.70	18.60	18.40	15.80	11.10	6.60	3.70	10.64
Humidité relat	%	87.00	83.00	76.00	70.00	71.00	73.00	71.00	73.00	76.00	83.00	87.00	89.00	78.25
Vitesse vent	m/s	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Enso (plan horizontal)	kWh/m ² .j	1.15	1.83	3.00	4.46	5.66	6.11	5.53	4.75	3.89	2.37	1.25	0.83	1244.53
Temp eau froide	°C	7.00	7.00	8.00	11.00	13.00	15.00	16.00	16.00	15.00	13.00	11.00	8.00	11.67
Renouvellement eau	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins sans couverture														
Evaporation	kWh	0	0	0	0	0	21082	20337	20097	21331	0	0	0	82847
Convection	kWh	0	0	0	0	0	7125	5858	6016	7814	0	0	0	26813
Rayonnement	kWh	0	0	0	0	0	11658	10554	10628	12241	0	0	0	45081
Perois	kWh	0	0	0	0	0	429	352	362	470	0	0	0	1613
Renouvellement	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apports solaires	kWh	0	0	0	0	0	-28870	-27000	-23192	-18380	0	0	0	-97442
Total	kWh	0	0	0	0	0	11423	10101	13911	23476	0	0	0	58912
Besoins avec couverture														
Evap / Conv / Rayo	kWh	0	0	0	0	0	31457	28810	28848	32768	0	0	0	121882
Perois	kWh	0	0	0	0	0	429	352	362	470	0	0	0	1613
Renouvellement	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apports solaires	kWh	0	0	0	0	0	-28870	-27000	-23192	-18380	0	0	0	-97442
Total	kWh	0	0	0	0	0	3016	2162	6018	14858	0	0	0	26053

4.2 Les outils de calcul disponibles

Au niveau des outils de calcul disponibles, nous pouvons les classer en 2 catégories principales :

- Les outils dédiés aux évaluations des besoins thermiques des piscines
- Les outils dédiés aux calculs des performances d'une installation solaire thermique

4.2.1 Evaluation des besoins thermiques des piscines

Nous proposons ci-dessous une liste non exhaustive d'outils de calcul dédiés à l'évaluation des besoins thermiques des piscine :

- **ThermExcel** : Sous forme de feuille de calcul Excel, PsychoSI permet de calculer les bilans thermiques des piscines intérieures et extérieures (<https://www.thermexcel.com/french/program/piscine.htm>)
- **Logiciels Perrenoud** : « U44Win – Calcul des Piscines » est un module ayant pour objectif le calcul des pertes des piscines intérieures et extérieures, afin d'obtenir le dimensionnement de l'échangeur et le débit de renouvellement d'air des piscines



intérieures. Ce module prend en compte l'ensemble des pertes des bassins : pertes par rayonnement, convection, évaporation, par le renouvellement d'eau (<http://www.logicielsperrenoud.com/catalog/u44win-calcul-des-piscines/>)

4.2.2 Calcul des performances d'une installation solaire thermique

Nous proposons ci-dessous une liste non exhaustive d'outils de calcul dédiés à l'évaluation des performances d'une installation solaire thermique :

- SOLO 2018 : Bien connu pour le calcul de performances des installations solaires de production d'eau chaude sanitaire, SOLO 2018 est adapté pour les installations où le solaire thermique adresse les besoins d'eau chaude des douches et/ou des besoins d'eau de renouvellement. Pour le réchauffage des bassins, SOLO 2018 n'est pas spécifiquement adapté. Cependant, au travers d'une procédure approchée, SOLO 2018 peut fournir des résultats vraisemblables : pour cela, on calcule une consommation d'eau chaude fictive à la température de consigne des bassins (avec une majoration de quelques degrés), et avec une température d'eau froide égale à la température des bassins. Par contre, il sera beaucoup plus complexe d'obtenir des résultats précis lorsque l'installation solaire thermique est destinée au réchauffage des bassins et à la production d'eau chaude. (<http://solo2018.tecsol.fr/>)
- Calsol Piscine : INES Plateforme Formation Evaluation a créé un outil simplifié en ligne qui permet d'évaluer les besoins énergétiques des piscines, ainsi que de calculer les apports solaires thermiques d'une installation solaire. Calsol ne permet pas de calculer en parallèle les performances pour la production d'eau chaude des douches (http://ines.solaire.free.fr/piscine_1.php)
- T.SOL : L'outil développé par Valentin Software permet de calculer les besoins d'une piscine ainsi que les performances de l'installation solaire associée. Doté de plus de 200 schémas hydrauliques type, une trentaine de ceux-ci intègre une piscine (<https://www.valentin-software.de/fr/produits/tsol>).
- PolySun : Edité par Vela Solaris, PolySun est un logiciel de simulation énergétique. Parmi un millier de configurations disponibles, PolySun dispose de configurations avec piscine (<https://www.velasolaris.com/polysun/?lang=en>).



4.3 Modèle de carnet sanitaire de piscine

Agence Régionale de Santé PACA

JOUR	(*) BASSIN : Action réalisée :							(*) BASSIN : Action réalisée :							Fréquentation journalière	Apport d'eau nouveau : Compteur Réseau public Différence d'index	
	Heure	T°	Chlore Libre mg/l	Chlore total mg/l	Chlore combiné mg/l	Chlore actif mg/l	pH	Acide isocyanurique mg/l	Heure	T°	Chlore Libre mg/l	Chlore total mg/l	Chlore combiné mg/l	Chlore actif mg/l			pH
LUNDI																	
MARDI																	
MERCREDI																	
JEUDI																	
VENDREDI																	
SAMEDI																	
DIMANCHE																	

Rappel : Chlore libre : DPD 1, Chlore total : DPD1 + DPD3, Chlore combiné : (DPD1+DPD3)-DPD1, Chlore actif : calcul avec le tableau de « Détermination du chlore actif »
ARS PACA Semaine du :

OBSERVATIONS du responsable de la piscine :

VISITE A.R.S. le :
Observations :

VISA de l'agent préleveur :

(*) préciser grand ou petit bassin, pataugeoire, toboggan, etc.

Source : [https://www.paca.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-01/Carnet Sanitaire ars_paca.pdf](https://www.paca.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-01/Carnet_Sanitaire_ars_paca.pdf)

[https://www.paca.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-01/Carnet Sanitaire ars_paca.pdf](https://www.paca.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-01/Carnet_Sanitaire_ars_paca.pdf)



Bibliographie

- [1] Piscines publiques : sobres en énergie – Alain Garnier – Chaud.Froid.Performance N° 745 - Mai 2011
- [2] Dépenses énergétiques des collectivités locales - État des lieux en 2017 - ADEME, IN NUMERI, 2019. 97 pages. <https://www.ademe.fr/resource-archiver/348990>
- [3] PISCINES PUBLIQUES - De la conception au fonctionnement : quels enjeux pour l'élu ? – ANDES-EDF – 2012 – 44 p
- [4] SOCOL – Traitement du bouclage dans les installations de chaleur solaire collectives – Disponible sur https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/2020//Bouclage/200127_bouclage_2020-VF.pdf
- [5] SOCOL - Livret eau technique - [210208 Livret-SOCOL-Eau-Technique_VF.pdf \(solaire-collectif.fr\)](#)
- [6] Schémathèque SOCOL Bibliothèque de schémas de principe pour l'eau chaude solaire collective performante et durable – Disponible sur <https://www.solaire-collectif.fr/fr/les-outils.htm>
- [7] Arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire - <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021795143&dateTexte=&categorieLien=id>
- [8] Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public - <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000423756>
- [9] Circulaire N°DGS/EA4/2010/289 du 27 juillet 2010 relative à la prévention des risques infectieux et notamment de la légionellose dans les bains à remous (spas) à usage collectif et recevant du public - http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2010/07/cir_31557.pdf
- [10] Guide pratique de l'autosurveillance des piscines - https://www.bretagne.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-01/Guide_autosurveillance_piscine.pdf
- [11] Comparaison Autovidangeable vs Sous Pression – Disponible sur <https://www.solaire-collectif.fr/fr/les-outils.htm>

