



Appel à candidature pour l'attribution d'un contrat doctoral à l'UPF

1 - FICHE DE RENSEIGNEMENTS

Titre du projet de recherche :

Caractérisation et optimisation des performances énergétiques du procédé de climatisation exploitant l'eau de mer profonde (SWAC). Etude des couplages énergétiques et de l'extension de la technologie SWAC.

Directeur de thèse :

Nom : LUCAS
Prénom : FRANCK
Professeur des Universités
Section CNU 62

Laboratoire d'accueil UPF

Laboratoire GEPASUD

Université de la Polynésie française

<http://gepasud.upf.pf>

Information de candidature

Date limite de candidature : Si possible avant le 14 /04/ 2023

Début du contrat doctoral : 1/10/2023

Informations à transmettre (par mail) : CV, lettre de motivation, relevés de notes.

Contact : Franck Lucas

Mail ; franck.lucas@upf.pf

Adresse :

Université de la Polynésie française

B.P. 6570 - 98702 Faa'a - Tahiti - Polynésie française

Tel + 689 40 866 434

Portable + 689 89 481 006

Whatsapp : + 689 87 334 310

2 - DOSSIER SCIENTIFIQUE

2-1 Résumé du projet de thèse :

Les excellentes performances énergétiques du procédé SWAC ont été démontrées, dans le projet COPSWAC, par des mesures sur l'installation de de l'hôtel Brando à Tetiaroa. Le travail de thèse propose de poursuivre les investigations scientifiques en s'appuyant sur les données supplémentaires et en ciblant de nouvelles évolutions du procédé. Ce travail exploitera les mesures du SWAC du Centre Hospitalier de la Polynésie française, qui vient d'être mis en service et est remarquable à plusieurs égards. Le travail vise à :

- Qualifier la performance énergétique pour des bâtiments compacts ayant des usages multiples de l'eau glacée
- Comparer sur le même bâtiment le SWAC et la climatisation conventionnelle
- Etudier les couplages énergétiques possibles du SWAC
- Etudier les possibilités d'extension de l'utilisation du SWAC basées sur la variation des régimes de températures de fonctionnement.

Ce travail apportera une amélioration de la connaissance de ce procédé énergétique extrêmement efficace, qui apparait comme une spécificité de la Polynésie.

Les travaux du doctorant seront inscrits aussi dans plusieurs projets de recherche :

- A l'échelle locale : Le projet COPSWAC 2 soumis à l'AAP RIP4 lancé par la délégation a la recherche de la Polynésie
- A l'échelle nationale : Le projet OPTISWAC qui sera soumis à l'AAP ADEME énergies durables
- A l'échelle internationale : La suite de l'annexe 80 de l'agence internationale de l'énergie.

Mots clés :

Sea Water Air Conditioning, Climatisation durable, énergies marines, énergétique des bâtiments

2-2. Contexte général du projet de thèse

Le travail de thèse s'intègre dans le cadre du projet COPSWAC2. Ce projet s'inscrit dans la continuité des réflexions menées dans le cadre de l'initiative DEFIER lancée en 2022 par le Gouvernement de la Polynésie française. Ces réflexions incluant une dizaine de chercheurs de France et de Polynésie ont permis d'identifier des actions de recherche afin d'accompagner la transition énergétique de la Polynésie. Sur les 5 thématiques retenues, le thème 2 consacré aux énergies marines identifie deux types d'énergies marines possibles en Polynésie sur lesquelles des activités de recherche devraient être initiées : les énergies marines mécaniques (énergies des courants, énergie de la houle) et les énergies marines thermiques (le SWAC et la production d'électricité par cycle thermodynamique).

Le SWAC est une technologie Polynésienne puisqu'aucune autre installation de ce type ne fonctionne dans le monde à de telles profondeurs et en conditions commerciales. Cette technologie a fait l'objet d'une première étude scientifique dans le cadre du projet COPSWAC [1]. Les résultats obtenus montrent clairement que les performances énergétiques de la technologie SWAC sont remarquables, mais que :

- 1) Elles peuvent être améliorées de façon significative en modifiant la conception et la régulation des installations.
- 2) Des variantes de l'installation sont possibles. Elle permettrait d'étendre la technologie SWAC :
 - a. Pour des typologies de bâtiment à charges thermiques variables
 - b. Pour des projets prévoyant des extensions de réseau de distribution
- 3) L'exploitation de la technologie SWAC pourrait être étendue à des territoires où les bathymétries sont moins favorables qu'en Polynésie représentant un marché industriel important.

Le projet COPSWAC a aussi permis de développer des outils numériques de recherche et d'aide à la décision. Un modèle numérique d'installation SWAC couplée à un bâtiment a été établi et validé par comparaison expérimentale avec les données obtenues sur l'installation de Tetiaroa. A l'aide de cet outil, il est possible d'évaluer l'opportunité de tester les nouvelles solutions d'évolution de la technologie proposée dans le projet COPSWAC2.

[1] K Sanjivy et al. Energy performance assessment of Sea Water Air Conditioning (SWAC) as a solution toward net zero carbon emissions: A case study in French Polynesia. Energy Reports Volume 9, December 2023, Pages 437-446

2-3. Présentation détaillée du programme de recherche envisagé

Le travail de thèse s'organisera suivant 3 actions scientifiques :

Action 1 : Exploitation des données de l'installation SWAC du CHPF

Action 1.1 : Suivi, analyse et préconisations d'amélioration des performances énergétiques et économiques de l'installation SWAC CHPF

L'installation SWAC du Centre Hospitalier de la Polynésie française a été mise en service en juillet 2022. Cette installation est équipée d'une instrumentation permettant d'avoir une vision précise des performances du SWAC.

Cette action prévoit de traiter les mesures faites afin de calculer les indicateurs de performances énergétique et économique et compléter l'analyse faite sur l'installation de Tetiaroa. L'installation de Tetiaroa et celle du CHPF sont sensiblement différentes en termes de configuration et de dimensionnement. Le cas du CHPF est exemplaire car c'est l'installation la plus puissante au monde avec une puissance nominale de 6 MWf et une longueur de la conduite d'eau de mer de 3,8 km, celle de Tetiaroa à une puissance de 2,4 MWf pour une longueur de 2,6 km. Le CHPF fonctionne actuellement dans sa configuration finale alors que Tetiaroa est en version provisoire (une extension des bâtiments est prévue). Le CHPF est un cas typique de bâtiment compact alors que pour Tetiaroa les bâtiments sont répartis sur une partie de l'atoll. C'est pour ces raisons que l'analyse des mesures du CHPF est fondamental pour mieux qualifier la technologie SWAC. Cette analyse se basera sur :

- Analyse de l'installation SWAC du CHPF comportant
 - La consultation du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et des plans des installations
 - L'affinage du plan de comptage en ajoutant des capteurs au plan actuel sur le local SWAC
 - L'analyse des procédures de régulation
- La validation de la chaîne d'acquisition des mesures
- L'évaluation des indicateurs de performance économiques et énergétiques

Suite à l'analyse des mesures et des indicateurs de performance, des préconisations d'amélioration du pilotage pourront, le cas échéant, être formulées.

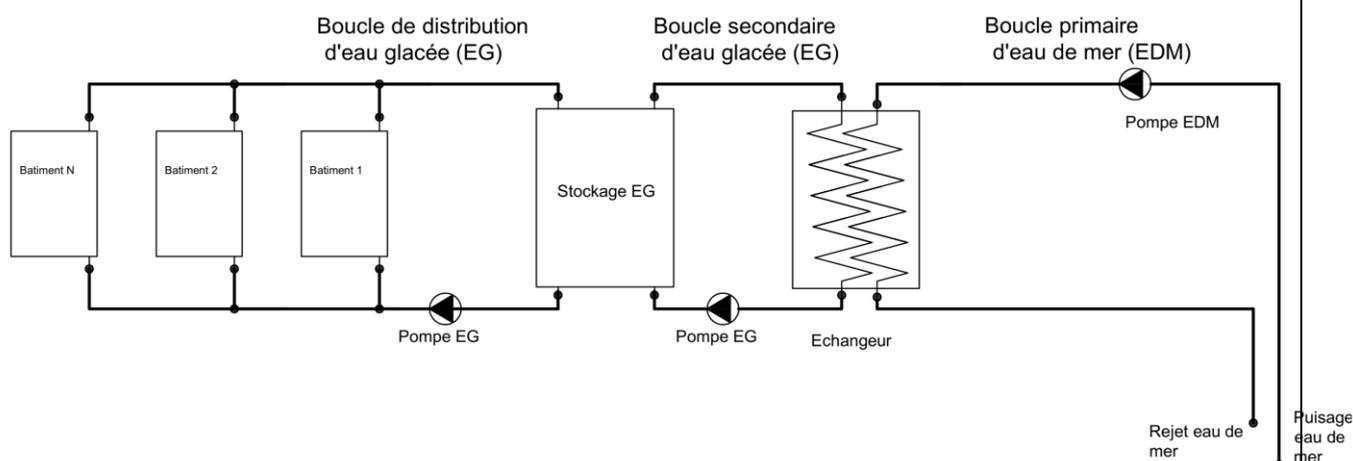
Action 1.2 : Comparaison SWAC VS climatisation par compression de vapeur.

Outre les particularités du CHPF présentée au paragraphe précédent cette installation est particulièrement intéressante car c'est le seul bâtiment au monde où nous pouvons comparer réellement le SWAC et la climatisation conventionnelle. En effet, depuis 2012 le CHPF a été climatisé par des Chillers et le SWAC les a remplacés en 2022. Les services techniques du CHPF disposent des mesures faites de 2012 à 2022 et il sera donc possible de comparer les deux technologies sur exactement le même bâtiment et ceci à partir de mesures expérimentales.

Action 2 : Couplage énergétiques de la technologie SWAC

Action 2.1 : Couplage avec un stockage

La technologie SWAC est pénalisée par le niveau d'investissement qu'elle nécessite et qui fait qu'elle n'est pas toujours rentable pour les bâtiments ayant des besoins en froid très variables. Les bâtiments tertiaires, par exemple, sont caractérisés par des besoins en froid très forts la journée et limités la nuit. Un stockage thermique permettrait de stocker le froid excédentaire la nuit pour le restituer le jour. Compte tenu des quantités d'énergie mise en jeu, seul un stockage de type latent, utilisant un matériau à changement de phase (MCP), ou thermochimique par zéolithes est possible. Un schéma de principe de cette solution est proposé ci-après (disposition du stockage en parallèle) :



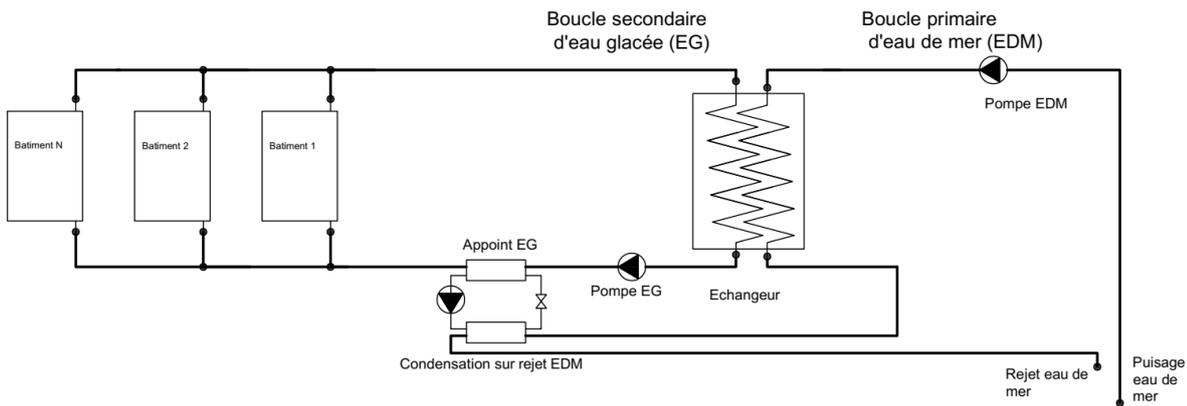
Cette action consistera donc à analyser les possibilités de couplage avec un stockage en traitant les problématiques suivantes :

- Identification des MCP ou zéolithes compatibles avec les régimes de température possibles du SWAC. Cette analyse ciblera le régime classique 7/12°C mais sera aussi menée en fonction des résultats de l'action 3.1 étudiant des régimes de température plus élevés
- Identification du positionnement du stockage : parallèle, série amont, série aval, début variable
- Modification du modèle numérique d'installation pour ajouter les composants de stockage
- Simulation de l'installation et analyse des performances avec stockage à différents niveaux de température.

Action 2.2 : Couplage avec un appoint pour la climatisation

Dans le cas des bâtiments tertiaires ou à besoins thermiques très variables l'utilisation d'un appoint en froid par un chiller conventionnel peut représenter une solution très intéressante. C'est aussi le cas pour les sites où la bathymétrie est peu favorable (eau de mer pas suffisamment froide ou températures basses trop éloignées des côtes). La grande particularité est que dans ce cas le chiller peut fonctionner avec une condensation raccordée sur la boucle de retour d'eau de mer et bénéficier ainsi de conditions de fonctionnement optimales. Les performances du chiller seraient ainsi considérablement améliorées.

Le schéma de principe présentant l'appoint sur la boucle de retour d'eau de mer est proposé ci-après :



Cette action assurera donc :

- La modélisation d'un chiller fonctionnant sur condensation à eau à basse température.
- La modification du modèle numérique d'installation pour ajouter le chiller en appoint
- La simulation de l'installation et analyse des performances avec appoint.

Indicateurs de résultat :

- Réalisation et mise à disposition des modèles numériques
- Etudes de cas d'installations couplées

Action 3 : Extension et diffusion de la technologie SWAC

Action 3.1 : Analyse du régime de température de la boucle d'eau glacée

Cette action a pour objectif d'établir le meilleur régime de température pour la boucle de distribution d'eau glacée dans les bâtiments. Ce régime est actuellement un régime 7/12°C avec un départ de l'eau glacée vers le bâtiment à 7°C et un retour du bâtiment à 12°C ; Ce régime 7/12°C est le régime habituel pour les installations de climatisation conventionnelle principalement pour 2 raisons

- La température d'évaporation des fluides frigorigènes utilisées étant à de l'ordre de 5°C l'eau circulant dans l'évaporateur sort à environ 7°C.
- La nécessité de déshumidifier l'air impose d'avoir des températures d'évaporation suffisamment basses pour se situer en dessous du point de rosée de l'air ambiant.

Ce régime 7/12°C a des implications fortes pour la technologie SWAC car il impose de prélever de l'eau de mer à environ 5°C et donc à grande profondeur pour pouvoir distribuer de l'eau glacée à 7°C. Ce régime a donc pour conséquence sur les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement :

- D'augmenter de façon importante les coûts d'investissement liés à l'augmentation de la longueur de la boucle primaire et des puissances des pompes primaires
- De limiter l'exploitation de la technologie à des territoires disposant d'eau profonde à proximité des côtes.
- Des pertes thermiques plus élevées dans la boucle secondaire
- Des coûts de fonctionnement avec l'augmentation de la consommation électrique de la boucle primaire
- Une augmentation de la puissance latente délivrée dans les bâtiments au détriment de la puissance sensible.

L'objectif de cette action est de démontrer qu'un régime de température plus élevé est possible et apportera un grand nombre de bénéfices pour la technologie SWAC en diminuant significativement les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Cependant, l'intérêt de cette action dépasse le cadre de la technologie SWAC car elle peut aussi apporter des éléments d'amélioration de la conception des installations de climatisation conventionnelle à compression de vapeur en climat tropical. Une étude sommaire en climat tempéré estime à 26% le gain de consommation électrique pour une

installation conventionnelle fonctionnant sur le régime 11°C/16°C par rapport au régime 7°C/12°C [2]. Ce gain pourrait être plus élevé pour les climats tropicaux. L'action 3.2 pourrait apporter des éléments de réponses précis à cette question.

[2] energieplus-lesite.be/evaluer/climatisation5/comparer-deux-regimes-de-temperature-d-eau-glacee-pour-un-ventilo-convecteur/

2-4. Profil du candidat

Le sujet de thèse nécessite des connaissances en énergétique et énergétique du bâtiment. Le candidat devra réaliser des modélisations de systèmes énergétiques couplés aux bâtiments et devra si possible maîtriser les environnements de simulation thermique dynamique (Energyplus, TRNSYS...)

Le développement de modèles spécifiques nécessitera la maîtrise des langages de programmation (python ou autre).

Une connaissance du contexte de la Polynésie est appréciable.

Niveau : Master/BAC+5/Grandes écoles avec une spécialité en Énergétique, Génie Thermique, ou toute autre spécialité similaire.

2-5. Accueil du doctorant

Le candidat sera accueilli au sein du laboratoire GEPASUD de l'UPF dans le cadre d'un contrat doctoral.

Il disposera pendant la durée de la thèse, d'un ordinateur portable et de deux missions pour participer à des conférences internationales.