



Mécanisme de Soutien du Programme sur la Gestion Intégrée
et Durable de l'Eau (SWIM-SM)
Un projet financé par l'Union européenne



Cours intensif EDS-SWIM sur le dessalement à énergie solaire

RAPPORT DE SYNTHÈSE SUR LE COURS



Du 1 au 3 octobre 2014
Almería, Espagne

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. PROGRAMME DU COURS	3
2.1. Jour 1 (01.10.2014). Introduction au dessalement par énergie solaire.....	3
2.2. Jour 2 (02.10.2014). Situation technologique du dessalement solaire	10
2.3. Jour 3 (03.10.2014). Conférence de fin de cours	17
2.4. Jour 3 (03.10.2014). Travail de terrain à la Plateforme solaire d'Almería.....	20
<u>1^{ère} partie. Visite rapide des installations principales de PSA</u>	<u>22</u>
a) Installations du capteur central : centrale 5 MWt CESA-1.....	22
b) Installations du capteur central : installation SSPS-CRS 2,5 MWt.....	22
c) Installations solaires à concentration linéaire : La Boucle d'Essais des Fluides Caloporteurs (HTF).....	23
d) Installations solaires à concentration linéaire : L'unité expérimentale DISS .	23
e) Concentration linéaire : Boucle d'Essais des Fluides Innovants + système de stockage à sels fondus	24
f) Installations solaires à concentration linéaire : La Boucle FRESDEMO.....	25
g) Réflecteur parabolique : essais de vieillissement accéléré et durabilité des matériaux.....	26
h) Systèmes à récepteurs paraboliques : EuroDISH	26
i) Fours solaires : Four solaire SF-60.....	27
j) Fours solaires : Four solaire SF-40.....	27
k) Fours solaire SF-5	28
<u>2^{ème} partie. Visite de travail détaillée de l'usine de dessalement solaire PSA</u>	<u>28</u>
a) Usine de distillation solaire multi-effets (DEM)	28
b) Plateforme d'essai CSP+D : Intégration de centrales thermiques solaires de dessalement DEM	29
c) Installations pour les applications de polygénération.....	30
d) Installations pour applications de dessalement thermique solaire à basse température	31
3. CONFÉRENCIERS ET ORGANISATRICE	30
3.1. Dr. Ing. Julián Blanco. Plateforme solaire d'Almería	32
3.2. Dr. Diego-César Alarcón-Padilla. Plateforme solaire d'Almería	35
3.3. Dr. Guillermo Zaragoza del Aguila. Plateforme solaire d'Almería.....	37
3.4. Prof. Miriam Balaban. EDS, Organisatrice.....	38
4. INTERPRÈTES.....	40
4.1. M. William Edmund Clarke (Madrid, Espagne)	39
4.2. Melle Violeta Arranz de la Torre (Grenade, Espagne)	41
5. PARTICIPANTS.....	44
6. ACTIVITÉS SOCIALES	46
7. CONCLUSION. CONNAISSANCES ET MATÉRIÉLS ACQUIS.....	46

1. INTRODUCTION

Le cours a porté sur le dessalement solaire avec une visite à l'une des installations solaires les plus importantes du monde, la Plateforme Solaire d'Almería, où une usine de dessalement DEM en démonstration ainsi que d'autres installations expérimentales remarquables fonctionnent depuis plusieurs années. Trois experts de renom dans le domaine ont donné ce cours qui a été sponsorisé par l'Union européenne. L'une des premières recherches effectuées sur le dessalement solaire a été faite par le Professeur Anthony Delyannis de l'Université technique d'Athènes et fondateur de la Working Party qui est l'organisme précurseur de la Société européenne de dessalement (*European Desalination Society*).

Les participants venaient des ministères de l'eau, de l'énergie et de l'environnement de six pays du Maghreb et des pays du Moyen Orient. Un participant était particulièrement impliqué dans le dessalement solaire. Tous les participants montraient un intérêt particulier pour le fait que l'énergie renouvelable produisant de l'eau puisse être coûteuse et exiger de l'espace, mais que nous devrions nous préparer à réduire les ressources pétrolières et poursuivre la recherche et les expériences pour donner priorité à l'énergie solaire particulièrement abondante dans les pays des participants, et ainsi donner lieu à une réduction considérable des coûts. Des interprètes de talent ont rendu facile la compréhension et la participation des participants francophones.

Le programme de ce cours a été intensif, les conférences durant jusqu'au soir et les discussions continuant pendant le déjeuner et au cours des divers dîners conviviaux entre les conférenciers et les participants.

2. PROGRAMME DU COURS

2.1. Jour 1 (01/10/2014). Introduction à l'énergie solaire et au dessalement

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
Prof Miriam Balaban / Dr Julian Blanco	Inauguration du cours et introduction. Mot de bienvenue aux participants de la part Mme Balaban et de J. Blanco qui ont présenté les objectifs principaux du cours dans le programme. Remise des badges et de la documentation aux participants, informations pratiques et logistiques.
Fondements de l'énergie solaire Dr Diego-César Alarcón	Ce cours débute par une description des concepts basiques liés au soleil. La relation soleil-terre telle que l'angle sous-tendu par le rayon du disque solaire, la distance terre-soleil, la masse de l'air et les équations solaires constantes sont analysés pour étudier ses variations pendant la journée ou pendant l'année et pour voir son effet sur la performance des systèmes de capteur solaire. On revoit en détail les algorithmes pour déterminer la position du soleil dans le ciel à n'importe quel moment de l'année. Il est important de distinguer les algorithmes simples pour les simulations et les algorithmes complexes destinés à être appliqués aux mécanismes de suivi des capteurs solaires. À partir de la détermination du vecteur solaire, on explique comment obtenir l'angle d'incidence du soleil, paramètre présent dans toutes les équations de rendement de captage des différentes technologies de

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>captage solaire.</p> <p>Les composants du rayonnement solaire (direct, diffus, réfléchi) sont expliqués pour montrer leur définition et faire comprendre que certaines technologies de captage solaire peuvent seulement profiter d'un composant.</p> <p>Ensuite on explique les différents capteurs nécessaires pour enregistrer la radiation solaire (et ses différents composants) et les données météorologiques nécessaires à l'évaluation de la performance de n'importe quel champ de capteurs solaires. Le concept d'« année de référence météo » (<i>Typical Meteorological Year</i>, TMY) est aussi expliqué et la façon dont on l'utilise pour obtenir le rendement annuel d'un système à énergie solaire.</p> <p>Le cours s'achève par deux options alternatives pour obtenir la TMY quand il est impossible d'obtenir des données réelles à partir d'une station météorologique sur site : bases de données radiométriques solaires (payantes ou gratuites), ainsi que les aspects fondamentaux des prévisions de rayonnement solaire à partir d'images satellites.</p>
<p>Dessalement de l'eau : aspects fondamentaux, technologies conventionnelles et tendances de la recherche</p> <p>Dr Diego-César Alarcón</p>	<p>Le cours commence par une révision des questions élémentaires sur l'eau et le dessalement qui influent sur la conception et le fonctionnement des différentes technologies disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - classification de l'eau à partir de la salinité - chimie de l'eau de mer - température de l'eau de mer <p>Ensuite, les équations basiques du processus de dessalement sont analysées ainsi que les différents paramètres (facteur de concentration, facteur de récupération, capacité, Ratio de gain opérationnel (GOR), ratio de performance etc.) qui caractérisent les différents procédés de dessalement.</p> <p>Après la présentation d'un classement des différents procédés de dessalement disponibles (commerciallement et au niveau laboratoire) le conférencier se concentre sur la description des procédés qui ont été lancés avec succès sur le marché.</p> <p>Dans le cadre des technologies de dessalement thermiques, la distillation selon le système multi-stage flash (passage unique et recyclage de la saumure), la distillation multi-effets (DEM-LT et DEM-TVC) et la compression mécanique de vapeur sont examinées. On met l'accent sur ces techniques afin d'identifier le débit énergétique et les températures en fonctionnement normal de chaque procédé afin de choisir la technologie solaire appropriée qui permette d'alimenter de tels procédés de dessalement.</p> <p>En ce qui concerne les technologies membranaires, l'osmose inverse et l'électrodialyse sont décrites et leurs performances actuelles analysées.</p> <p>Le cours s'achève par une revue des tendances actuelles dans le dessalement et des perspectives mondiales actuelles où les données statistiques les plus importantes sont analysées :</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<ul style="list-style-type: none"> - capacité au niveau mondial - capacité de distribution au niveau mondial - distribution par procédé - utilisation finale de l'eau dessalée - tendances en matière d'eau d'adduction
Pause-café	
<p>Aspects fondamentaux du capteur solaire à basse température</p> <p>Dr. Diego-César Alarcón</p>	<p>Dans ce cours, la technologie du capteur thermosolaire statique est analysée pour étudier sa mise en œuvre dans des applications à basse température (<150°C)</p> <p>Les technologies suivantes sont analysées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - capteurs plats (non vitrés et vitrés, FP) - concentrateurs paraboliques composés (CPC) - capteurs solaires à tubes sous-vide (caloducs et flux direct, ETC) <p>Au cours de ce cours, les différents paramètres requis pour évaluer les performances thermiques d'un capteur solaire statique sont analysés.</p> <p>La notion de courbe d'efficacité est expliquée et les participants sont capables d'identifier que, pour une application particulière (avec un certain niveau de température requis), le capteur le mieux adapté (en termes de performances) n'est pas toujours la meilleure option si on prend en compte l'équilibre entre le rendement thermique et le coût d'investissement.</p> <p>La norme EN12976 applicable au rendement des capteurs solaires est expliquée, et la base de données <i>The Solar Keymark</i> est aussi expliquée afin de voir comment accéder aux paramètres de rendement des différents produits disponibles au niveau commercial. Bien que les capteurs solaires statiques soient principalement destinés aux applications de basse température, la nouvelle technologie des capteurs plats ultravides a été introduite afin de voir comment cette technologie pouvait répondre aux besoins des technologies de concentration solaire à des températures supérieures à 250°C.</p> <p>Ce cours se termine par un exercice pratique pour déterminer la température de sortie et le rendement instantané d'un capteur solaire statique disponible commercialement pour un endroit particulier et à une date précise.</p>
<p>Technologies solaires à concentration et stockage thermique</p> <p>Dr Julian Blanco</p>	<p>Dans ce cours, les principales caractéristiques des systèmes solaires à concentration (CSP) à capteur linéaire à température moyenne (récepteurs cylindro-paraboliques et capteurs linéaires de Fresnel) ont été préalablement analysées et discutées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ratio de concentration de 30 à 100 - valeur nominale des températures de fonctionnement : de 350 à 400 °C - tubes de verre situés sur la ligne focale optique de la surface des miroirs - tube métallique avec surface à haute capacité d'absorption dans le tube en verre

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<ul style="list-style-type: none"> - fluide de travail : huile thermique / vapeur - modules organisés en parallèle et connectés par des échangeurs de chaleur à un bloc d'alimentation conventionnelle et à une turbine - généralement installés sur des terrains vastes destinés à produire de 30 à 200 MW <p>A suivi une analyse des composants technologiques particuliers de ces systèmes, à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - réflecteur à miroirs - tube absorbeur - structure métallique - héliostat - système de transmission - fondations - connexions du capteur à tuyaux - fluide caloporteur <p>La comparaison entre le fonctionnement des récepteurs cylindro-paraboliques et des capteurs linéaires de Fresnel a aussi été vue. L'analyse du statut technologique des technologies CSP de captage à haute température a été faite.</p> <p>Les principales caractéristiques sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les ratios élevés de concentration solaire permettent d'atteindre des rendements globaux élevés dans la production d'énergie - le concentrateur solaire est le champ héliostat, ce qui représente 50% de l'investissement total de la centrale - le capteur, situé en haut de la tour, est l'élément clé, et requiert des solutions technologiques particulières qui garantissent des rendements élevés, une exploitation facile, fiabilité et résistance. - la capacité de distribution de l'énergie peut être plus élevée que dans les autres technologies thermiques si un stockage thermique adéquat est ajouté (15 heures d'exploitation continue démontrées) - l'héliostat à deux axes implique des caractéristiques particulières comparé à la technologie PTC, qui sont les suivantes : <ul style="list-style-type: none"> o plus de terrain : les terres occupées peuvent représenter 20% de l'espace total (surface de miroirs/ surface totale du terrain requis) o des travaux de génie civil moindres : une inclination du terrain allant jusqu'à 3-4 % admise o meilleure utilisation des ressources solaires : le rayonnement solaire concentré dans le capteur peut être de 10 à 15% plus élevé que dans les mécanismes héliostatiques mono-axiaux (technologie PTC) o coûts des investissements courants plus élevés (dû en partie aux mécanismes héliostats), mais aussi grâce à sa modularité, une probabilité de réduction importante des

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>coûts existe</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ coûts Exploitation et Maintenance plus élevés à cause de la plus grande distribution du champ solaire <p>Les principaux types de capteurs ont été analysés : a) eau/vapeur, b) sels fondus ; c) récepteurs d'air volumétriques (atmosphériques et pressurisés).</p> <p>À la fin du cours, la situation du stockage thermique technologique a été présentée comme la principale caractéristique qui fait une grande différence quand on la compare aux autres technologies des énergies renouvelables.</p>
Pause déjeuner	
<p>Centrales solaires à concentration</p> <p>Dr. Julian Blanco</p>	<p>Ce cours analyse le statut actuel des Centrales solaires à concentration dans le monde. En commençant par la première centrale solaire à concentration (CSP) commerciale (Solar Energy Generating Systems, SEGS) construite en Californie dans les années 1980 et qui par la suite, a subi des modifications progressives en intégrant les technologies particulières suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - récepteur cylindro-parabolique - capteur linéaire de Fresnel - tours solaires thermiques <p>Dans le même temps, une analyse de la situation et de l'avenir du développement des CSP dans des pays/régions stratégiques a été faite, les résultats sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espagne (actuellement le pays leader étant donné les centrales installées et la taille des entreprises qui les financent) - États-Unis - Pays du MENA (Moyen Orient et Afrique du Nord) - Afrique du Sud - Inde <p>Les différences particulières et principales des stations les plus récentes actuelles ont été aussi brièvement exposées. Une comparaison du statut technologique a été faite, en incluant les coûts comparatifs de la production d'énergie. Enfin, le contexte technologique actuel des CSP a été résumé de la façon suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - situation actuelle hautement dynamique avec toutes les technologies possibles qui en accélèrent le développement - prédominance de grandes entreprises aux ressources techniques et financières importantes. - la généralisation des systèmes de stockage thermique augmentera les capacités de production et de distribution d'énergie. - efforts intenses dans la recherche mondiale, souvent soutenus par les gouvernements au niveau national, impliquant les instituts de recherche et les entreprises nationales de pointe. - possibilités d'amélioration technique à court terme allant de concert avec une augmentation du rendement et une baisse des coûts à court terme. - développement significatif des récepteurs paraboliques, des

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>capteurs linéaires de Fresnel et des technologies à récepteur central dans un contexte commercial largement concurrentiel. Incertitude concernant les possibilités de réduction des coûts mais grand potentiel dans tous les cas.</p>
Pause-café	
<p>Aspects fondamentaux de l'énergie photovoltaïque (PV)</p> <p>Dr Julian Blanco</p>	<p>Analyse des performances et du statut actuel des différentes technologies PV :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les modules solaires polycristallins. Avec plus de 50 ans d'histoire industrielle, ils représentent commercialement l'espace le plus dynamique (entre 15 et 20% des modules vendus), ce qui les rend clairement dominants sur le marché. L'objectif principal de la recherche appliquée à ces modules est la réduction des coûts. - les technologies photovoltaïques à couche mince. Une caractéristique commune à toutes ces technologies est la standardisation et les équipements de production à haut rendement atteignant des coûts de production plus bas mais des niveaux de rendement plus bas que ceux des modules solaires polycristallins. Leur part de marché est d'environ 15% et les objectifs principaux de la recherche est ici d'améliorer le rendement. Voici les trois grandes familles différenciées : <ul style="list-style-type: none"> o les modules solaires à couche mince de silicium amorphe avec des rendements entre 6 et 9% o les modules en tellure de cadmium (CdTe), avec des rendements commerciaux entre 9 et 11% o les modules en cuivre-indium-gallium-sélénium (CIGS), avec de nombreuses variations et des rendements commerciaux entre 10 et 12%. - des unités multi-jonctions. Ont un rendement élevé (de 25 à 40%) en utilisant un système optique pour concentrer la lumière (concentrateurs photovoltaïques (CPV) d'une intensité de 300 à 1000 soleils). Seuls la lumière directe et les dispositifs de captage solaire peuvent être utilisés par cette technologie, ce qui nécessite des emplacements présentant des valeurs élevées d'ensoleillement normal direct (DNI). Elle manque encore d'expérience à long terme, mais cette technologie est très prometteuse sur le moyen terme. Les coûts sont encore élevés. - les nouvelles technologies et les technologies PV émergentes, comprenant une grande variété de nouveaux principes de conversion et de concepts techniques (piles électrochimiques avancés, cellules solaires organiques, cellules solaires à colorant etc.). Mais elles sont encore loin d'avoir une application commerciale. Les activités de recherche ciblent ici le développement de rendements à très haut niveau (complète utilisation du spectre) et des coûts de fabrication très bas. <p>Les principales caractéristiques technologiques (rayonnement solaire et influence des températures) ont été présentées ainsi que les équations basiques qui régissent cette la technologie.</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>L'état du développement mondial des PV et les centrales PV actuelles les plus importantes et en devenir, ont été revues. La comparaison des performances et des capacités de rendement des centrales PV et CSP a été présentée et discutée. Résumé final des principales caractéristiques techniques des centrales PV :</p> <ul style="list-style-type: none"> - maturité technologique des composants : <ul style="list-style-type: none"> o modules –Technologie fiable, déjà commercialisée ; bonne probabilité d'amélioration des coûts et du rendement. o onduleurs solaires – Problèmes de durabilité, nécessitent d'être remplacés ou reconstruits environ tous les 10 ans. Rendement $\pm 90\%$. - les systèmes des capteurs plats opèrent à partir du rayonnement global (indirect et direct) - les héliostats augmentent de manière significative l'énergie capturée ($\pm 130\%$) mais à un coût supérieur. - production diurne intermittente et variable selon les saisons <ul style="list-style-type: none"> o pas de stockage o les pentes ardues (nuages) peuvent empêcher le déploiement de panneaux dans un même emplacement - régulation et suivi de la charge de réserves requis pour l'intégration du système (problème pas encore résolu techniquement) - capacité maximale très limitée - coïncidence médiocre saisonnière et diurne de la charge de ressources pour la fourniture d'énergie en hiver ; bonne coïncidence de la charge de ressources pour la fourniture d'énergie en été <p>De plus, une procédure de sélection de panneaux PV a été présentée, suivie de plusieurs exemples pratiques.</p>
<p>Le Photovoltaïque par osmose inverse</p> <p>Dr Guillermo Zaragoza</p>	<p>Ce cours présente la combinaison entre l'osmose inverse (RO) et l'énergie photovoltaïque (PV)</p> <p>Premièrement, la technologie d'osmose inverse, RO, est revue en abordant les besoins énergétiques, qui comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les prétraitements - le pompage - les systèmes de récupération d'énergie <p>Le rôle de la PV pour alimenter la RO est discuté dans le contexte des technologies de dessalement à partir des énergies renouvelables. Deux configurations sont possibles : la PV-RO pour les systèmes autonomes (généralement de petite échelle) et la PV-RO pour les systèmes de réseaux connectés à grande échelle (généralement de grande échelle). En ce qui concerne la première, le principal obstacle vient du besoin d'adapter le procédé RO à une source d'énergie variable.</p> <p>Le reste du cours est consacré à l'analyse des PV-RO de petite échelle pour une exploitation autonome.</p> <p>La performance énergétique des systèmes RO est discutée dans le</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>but d'envisager l'exploitation avec une fourniture d'énergie variable.</p> <p>Les limites de la récupération d'énergie dans les systèmes de petite échelle sont soulignées, et les différentes alternatives présentées. À la fin du cours, les expériences réelles des PV-RO sont présentées et discutées. Les systèmes actuels de dessalement de l'eau de mer sont disponibles pour des rendements de l'ordre de plusieurs m³/h. Les installations sont décrites et leurs performances évaluées à partir de l'exploitation réelle et des résultats. Les principales causes d'inefficacité dans les PV-RO de petite échelle sont : (i) les batteries (les cycles courts de recharge/décharge diminuent leur performance) ; (ii) les moteurs (de petite taille et peu efficaces) ; (iii) les systèmes de récupération d'énergie ne sont pas disponibles. Les résultats des centrales existantes en Afrique du nord et autour de la mer méditerranée sont présentés.</p> <p>À la fin du cours, les coûts sont abordés et les conclusions tirées, avec des recommandations sur la conception :</p> <ul style="list-style-type: none"> - conception et construction de systèmes plus grands - utilisation de pompes Clark et d'applications de gestion du rendement (APM en anglais) pour la récupération d'énergie à petite échelle - minimiser l'énergie qui va dans les batteries - utiliser des pompes volumétriques



Fig. 1. Photos du cours et de la salle de conférence (à l'hôtel)

2.2. Jour 2 (02/10/2014). Situation des technologies de dessalement à énergie solaire

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
Systèmes de distillation héliothermique à	Ce cours aborde la distillation héliothermique à faible débit, en commençant par le système le plus basique qui est la distillation solaire passive, il en décrit les différentes options, puis il présente

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
<p>faible débit – I</p> <p>Dr. Guillermo Zaragoza</p>	<p>des systèmes plus élaborés basés sur les principes d’humidification-déshumidification au rendement plus élevé. À la fin du cours, les technologies commerciales basées sur ce concept sont présentées et discutées.</p> <p>Une analyse des distillateurs solaires est présentée, en décrivant les :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mécanismes du distillateur solaire et classification : - matériaux utilisés - équilibre énergétique - rendement, productivité et paramètres dont ils dépendent - différentes conceptions pour améliorer le rendement : (i) optimiser la transmission de la lumière ; (ii) améliorer l’évaporation ; (iii) améliorer la condensation ; et (iv) réutiliser la chaleur latente de condensation à différentes étapes - produits disponibles <p>En conclusion, il a été dit que les distillateurs solaires ont un rendement intrinsèquement bas du fait de la perte de chaleur de condensation latente et que l’évaporation et la condensation avaient lieu dans un seul composant.</p> <p>L’amélioration de la conception n’est pas économiquement viable et la séparation de l’évaporation et de la condensation mène à des systèmes d’humidification et de déshumidification (HDH). La transition des distillateurs solaires aux systèmes HDH a été présentée à l’appui de différents prototypes.</p> <p>Les systèmes d’humidification et de déshumidification (HDH) ont été présentés en décrivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les procédés HDH - les matériaux utilisés dans les systèmes HDH (dans l’évaporateur et le condensateur) - les cycles HDH où l’eau est chauffée : (i) circuit d’air fermé, circuit d’eau ouvert, avec une discussion sur l’option multi-effets où la stratification thermique minimise les pertes de chaleur ; (ii) circuit d’eau fermé, circuit d’air ouvert avec une comparaison avec le cycle antérieur ; - les Cycles HDH où l’air est chauffé : (i) circuit d’air fermé, circuit d’eau ouvert ; (ii) circuit d’air fermé, circuit d’eau ouvert utilisant un concept multi-effets pour minimiser les pertes de chaleur ; <p>Centrales pilotes et produits commerciaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - systèmes d’humidification multi-effets, principes et résultats - systèmes d’évaporation de la rosée, principes et résultats - systèmes HDH améliorés, y compris le couplage avec compression de vapeur et absorption déshydratante. <p>En fin de cours, il a été procédé à une évaluation générale des applications HDH mises en place dans le système de dessalement décentralisé à petite échelle.</p>
<p>Systèmes de distillation héliothermique à</p>	<p>Ce cours aborde la distillation membranaire (DM). La distillation membranaire est un processus d’évaporation dans lequel la vapeur d’eau, alimentée par une différence de pression de vapeur, pénètre</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
<p>faible débit – II : distillation membranaire</p> <p>Dr Guillermo Zaragoza</p>	<p>au travers d'une membrane hydrophobe se séparant ainsi de l'eau salée.</p> <p>Dans un premier temps, les aspects fondamentaux de la technologie sont présentés et analysés.</p> <p>Les différentes configurations de la distillation membranaire sont présentées en abordant les différences entre la distillation membranaire à contact direct, la distillation membranaire <i>air gap</i>, la distillation membranaire <i>permeate gap</i>, la distillation membranaire sous vide, la distillation membranaire à entraînement gazeux.</p> <p>Le rôle des membranes est discuté ainsi que les effets pernicioeux du mouillage de la membrane.</p> <p>Ensuite, le cours aborde les modules de la distillation membranaire comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - configuration : module à plaque et cadre à membranes planes par opposition à module tubulaire à membranes à fibres creuses - polarisation du phénomène de déplacement d'énergie et de la température - récupération de la chaleur : rôle du module à enroulement en spirales par opposition au nouveau concept de distillation membranaire sous vide multi-effets - couplage avec l'énergie solaire <p>La deuxième partie du cours aborde l'évaluation des différents systèmes commerciaux de la DM des unités pilotes de PSA :</p> <ul style="list-style-type: none"> - modules Scarab utilisant les membranes planes dans un système à plaque et cadre avec une configuration <i>air gap</i> - modules Keppel Seghers utilisant les membranes planes dans un système à plaque et cadre avec une configuration <i>permeate gap</i>, en comparant un module compact avec un concept de modules connectés en série pour la récupération de la chaleur latente de condensation. - modules Solar Spring utilisant les membranes planes dans un système à enroulement en spirale avec une configuration membranaire <i>permeate gap</i> - modules Aquaver utilisant des membranes planes dans un système à enroulement en spirale avec une configuration <i>air gap</i> - modules Memsy utilisant des membranes planes dans une configuration sous vide multi-effets <p>L'évaluation des différents modules repose sur la qualité du distillat (conductivité), la quantité (flux du distillat et taux de récupération) et la consommation de chaleur (rendement énergétique exprimé en tant que ratio des gains de production).</p> <p>À partir des résultats de l'évaluation des modules, on analyse plus en détail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'amélioration de la récupération de chaleur des modules à enroulement par spirales comparé aux modules à plaque et cadre - l'échange entre la productivité et le rendement énergétique dans la DM, en comparant les modules à enroulement par spirales

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>avec les configurations <i>permeate gap</i> et <i>air gap</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - la différence entre l'utilisation de différentes membranes et configurations dans les modules SolarSpring et Aquastill - la différence entre la récupération de la chaleur sensible dans les modules à enroulement par spirales et ceux de chaleur latente des modules à distillation sous vide multi-effets
Pause-café	
<p>Gestion du concentré de dessalement Dr Guillermo Zaragoza</p>	<p>Ce cours commence par analyser les problèmes environnementaux associés au dessalement afin de contextualiser la question de l'élimination de la saumure (ou concentré) et de ses limites. Le rejet de la saumure dans la mer et ses impacts sont sérieusement débattus, comparant la saumure des systèmes de dessalement thermique (plus légère et plus chaude, elle flotte) à la saumure résultant de l'osmose inverse (plus lourde et plus froide, elle coule). Les mécanismes de dilution sont également présentés.</p> <p>Élimination terrestre de la saumure :</p> <ul style="list-style-type: none"> - injection dans les aquifères profonds - déversement dans les stations d'épuration - déversement dans les systèmes d'égouts - épandage à ciel ouvert - réutilisation dans l'agriculture - étangs d'évaporation solaires <p>Les étangs d'évaporation solaires sont étudiés en détail, et particulièrement certains aspects : construction, valorisation de la production saline, synergies avec d'autres activités et degré de salinité des étangs solaires.</p> <p>Le sujet suivant du cours est la minimisation de la saumure, en commençant par différentes technologies employées à cet égard et en terminant par le concept de « rejet liquide zéro ». Une analyse des différents produits pouvant être extraits de la saumure est présentée comprenant les sels valorisables et les solutions concentrées de résidus.</p> <p>Des cas concrets de combinaison de systèmes de dessalement avec des traitements de la saumure sont présentés.</p> <p>Les technologies visant un rejet liquide zéro sont discutées et des exemples d'applications exposés.</p> <p>La récupération d'énergie à partir de la saumure est introduite avec deux différents systèmes : la pression osmotique retardée et l'électrodialyse inversée.</p> <p>À la fin du cours, les degrés de salinité des étangs d'évaporation solaires sont discutés en profondeur en abordant plusieurs aspects :</p> <ul style="list-style-type: none"> - principes et concepts - structure et exploitation - rendement thermique - fonction de captage solaire des étangs solaires - couplage des étangs avec les systèmes de dessalement - exemples concrets de dessalement alimenté par des étangs à énergie osmotique

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
<p>Systèmes de distillation héliothermique à haut rendement. Le cas de PSA</p> <p>Dr Diego-César Alarcón</p>	<p>Présentation rapide des expériences mondiales de dessalement thermique par énergie solaire indirecte.</p> <p>Ce cours aborde l'utilisation des systèmes héliothermiques pour le dessalement solaire à haut rendement : aussi, seules les technologies de dessalement à haut rendement sont prises en compte afin de réduire le plus possible la taille du champ solaire nécessaire.</p> <p>Deux options sont présentées pour le dessalement solaire à haut rendement : des unités de dessalement héliothermique autonomes (usine MSF ou DEM directement couplée à un champ solaire) et des unités de cogénération à double objectif (unité MSF ou DEM couplée à une centrale d'énergie solaire afin d'être alimentée par la vapeur produite ou extraite des blocs d'alimentation). Ce cours est axé sur la première option.</p> <p>Le passage en revue des expériences mondiales révèle que seules des petites centrales pilotes ont été mises en place jusqu'à maintenant. Parmi les projets de Recherche et de Développement (R&D) dans ce domaine, ceux de la Plateforme Solaire d'Almería (PSA) sont particulièrement intéressants.</p> <p>Ensuite, une analyse en profondeur est faite des principaux projets R&D en dessalement héliothermique de PSA, en intégrant des technologies de distillation multi-effets.</p> <p>On a insisté particulièrement sur les aspects techniques suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - distillation multi-effets à basse température (DEM-LT) alimentée par des capteurs solaires cylindro-paraboliques utilisant l'huile thermique comme fluide de travail et moyen de stockage thermique. - distillation multi-effets avec compression thermique utilisant des dispositifs d'éjection de vapeur (DEM-TVC) alimentés par des capteurs solaires cylindro-paraboliques - distillation multi-effets couplée à des pompes à absorption utilisant le couple LiBr-H₂O (DEAHP) alimentées par des petits récepteurs cylindro-paraboliques à diaphragme. - distillation multi-effets à basse température (DEM-LT) alimentée par des panneaux solaires tubulaires (CPC) utilisant l'eau comme fluide de travail et moyen de stockage thermique.
Pause déjeuner	
<p>Exercices pratiques</p> <p>Dr Diego-César Alarcón</p>	<p>Ce cours a pris la forme d'un exercice de conception d'un champ solaire pour alimenter une centrale de distillation multi-effets à compression thermique (DEM-TVC).</p> <p>Les éjecteurs de vapeur de la centrale DEM-TVC sont alimentés par de la vapeur vive à 330°C et de 4,56 bar. Pour ce niveau de température, les capteurs cylindro-paraboliques (PTC) de grande ouverture sont proposés comme la meilleure technologie solaire pour effectuer un tel procédé de dessalement thermique.</p> <p>La conception du champ solaire consiste à déterminer le nombre de PTC en série requis pour obtenir la différence de température entre les arrivées et les sorties du champ solaire et pour déterminer le</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>nombre de rangées parallèles de capteurs solaires nécessaires pour atteindre l'énergie thermique requise dans le procédé de dessalement.</p> <p>Pendant cet exercice, tous les paramètres d'arrivée nécessaires pour l'étape de dimensionnement sont expliqués, ainsi que les conséquences des différentes options que le concepteur en solutions solaires doit choisir durant un tel travail. Le choix du jour de la conception, du fluide thermique, de l'orientation du champ solaire est abordé, et les équations requises pour déterminer la configuration du champ solaire sont expliquées en détail.</p>
Pause-café	
<p>Énergie solaire concentrée et dessalement</p> <p>Dr Julian Blanco</p>	<p>Ce cours aborde les bénéfices et inconvénients de l'intégration du processus de dessalement dans les centrales d'énergie solaire CSP (CSP+D).</p> <p>La combinaison des CSP et des installations de Dessalement pourrait être une solution très intéressante pour les raisons suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans de nombreux endroits qui jouissent d'un potentiel solaire élevé, les projets peuvent être attractifs pour les parties prenantes locales également, pas uniquement pour les producteurs d'énergie. - des synergies technologiques peuvent être identifiées pour potentiellement arriver à un coût de production moindre – production combinée d'énergie et d'eau – que celui de la production séparée d'énergie, d'une part, et d'eau, d'autre part.. - les montages financiers pourraient également en profiter, puisque les coûts en eau et énergétiques sont mieux adaptés au contexte local des installations. <p>Cependant, ce concept a aussi quelques inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le concept CSP+D demande, de toute évidence, à ce que les installations soient situées près de la mer, là où le coût et la disponibilité des terrains pourraient représenter un sérieux obstacle. - le niveau d'ensoleillement normal direct (DNI) est normalement moins élevé dans les zones proches de la mer. - certains/de nombreux aspects technologiques ne sont pas encore totalement résolus. <p>Combinaison centrales à énergie conventionnelle + usines de dessalement MSF/DEM :</p> <ul style="list-style-type: none"> - usine de dessalement thermique avec turbine à gaz et chaudière à récupération de chaleur - usine de dessalement thermique avec chaudière à haute pression et turbine à vapeur - usine de dessalement thermique avec turbine à gaz, chaudière à récupération de chaleur et turbine à vapeur - usine de dessalement hybride à osmose inverse (RO) et thermique avec turbine à gaz, chaudière à récupération de chaleur et turbine à vapeur

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>L'analyse thermodynamique des configurations précédentes, et notamment des ratios de production d'eau et d'énergie, a été faite, et les résultats discutés, le tout suivi par la description et l'analyse des configurations CSP+D opportunes.</p> <p>Dans la dernière partie du cours, le cas de l'étude de pré-faisabilité de l'installation CSP+D à Port Safaga (Egypte) a été présenté (projet récemment réalisé). Les premières configurations choisies (première étape du projet) avaient été réduites à quatre dans la deuxième étape pour étudier plus en détail l'impact des différentes options de refroidissement sur le fonctionnement général de l'usine.</p> <p>Dans chaque cas, la production nette d'énergie de la turbine et la capacité de stockage thermique envisagées ont été de 50 MW et de 6,5 heures respectivement. Par ailleurs, la production nette d'eau envisagée a été la même dans tous les cas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - usine CSP + DEM-LT utilisant des turbines à condensation de vapeur pour entraîner le processus de dessalement - usine CSP + RO, utilisant l'eau de mer dans un système à passage unique comme option de refroidissement - usine CSP + RO, utilisant le refroidissement par évaporation - usine CSP + RO, utilisant le refroidissement sec <p>Les conclusions finales du cours ont été :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'option de refroidissement à passage unique montre le plus haut rendement dans les installations combinées CSP+D, suivies par les installations DEM - l'option à passage unique implique la température de condensation la plus basse, et les installations DEM la plus haute - la production brute dans les différents cas varie jusqu'à environ 10 MW (du fait de la consommation énergétique interne des composants du système) - la consommation d'énergie des installations DEM est pratiquement 1/3 de celle des installations en osmose inverse. Par conséquent, dans tous les cas d'osmose inverse, une plus grande capacité brute est nécessaire pour atteindre une production d'énergie nette de 50MW. - le rendement thermique le plus bas (DEM, refroidissement sec) → besoins thermiques plus élevés pour la turbine → mais pas le champ solaire le plus vaste - le refroidissement sec présente le rendement le plus bas et la consommation interne d'énergie la plus élevée pour le refroidissement
<p>Aspects économiques du dessalement par énergie solaire</p> <p>Dr Julian Blanco</p>	<p>Une méthode particulière de calcul des coûts a été présentée, et utilisée pour déterminer les coûts d'énergie et d'eau :</p> $C_w = \frac{\Sigma CAPEX \times crf}{W_c \times \tau_{eq}} + \frac{FO \& M}{W_c \times \tau_{eq}} + \lambda Y_p + VO \& M$ <ul style="list-style-type: none"> - $\Sigma CAPEX$: capital total nécessaire à investir dans des

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>installations de production. Cette valeur équivaut à la valeur courante de l'ensemble des dépenses encourues en phases de planification, mise en concurrence/ marchés, construction, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> - CRF : facteur de recouvrement du capital (%), obtenu comme suit : $crf = \frac{z(1+z)^n}{(1+z)^n - 1} + k_i$ <ul style="list-style-type: none"> - z : taux d'actualisation (%/an) - n : période d'amortisation en années - k_i : taux annuel d'assurance (1%) - W_c : puissance nominale de l'eau (m³) - ζ_{eq} : temps consommé par débit de sortie (heures/an) - λ : consommation d'énergie particulière (électricité) des installations (kWh/m³) - FO&M : coûts fixes d'exploitation, d'entretien et d'administration (\$/an) - VO&M : coûts variables d'exploitation, d'entretien et de réparation (\$/m³) - Y_p : prix de l'énergie (\$/kWh) <p>Suivant cette méthodologie, les études de cas suivantes ont été analysées et décrites :</p> <ul style="list-style-type: none"> - coût de l'eau en osmose inverse - coût de l'eau en distillation multi-effets - coût de production d'énergie sur la base d'installations de récepteurs cylindro-paraboliques - production d'énergie sur la base d'installations photovoltaïques - estimation des coûts CSP+D (configurations antérieures du projet CSP+D de Port Safaga) <p>À la fin du cours, tous les coûts des différentes énergies renouvelables actuelles ont été présentés et comparés.</p>

2.3. Jour 3 (03/10/2014). Dernière conférence du cours

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
<p>Dernière conférence du cours et débat : Pourquoi le dessalement par énergie solaire ?</p> <p>Dr Julian Blanco</p>	<p>Le 20^{ème} siècle a été témoin d'un développement sans précédent dans l'histoire de l'humanité, avec des avancées extraordinaires dans chaque discipline scientifique et technologique. Cependant, nous réalisons maintenant que l'évolution de la société humaine qui les a accompagnées n'a pas toujours été des meilleures, et que le prix à payer pour cette évolution est élevé à différents points de vue.</p> <p>Le facteur principal de cette voie non durable est sans doute la croissance de la population mondiale, qui est aussi la cause majeure des grands problèmes que l'humanité devra affronter au 21^{ème} siècle. Il y avait déjà 6 milliards de personnes en 1999, qui ont atteint les 7 milliards en 2011. L'augmentation spectaculaire de la population au 20^{ème} siècle a de sérieuses implications et conséquences actuelles, les</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>pressions qu'exerce cette augmentation sur les ressources naturelles, négligeables autrefois, étant désormais sur le point d'atteindre les limites de la durabilité de la planète. Ces pressions constituent la raison principale des problèmes les plus graves auxquels nous avons à faire face, et qui sont, dans l'ordre de pertinence pour l'humanité : 1) l'eau ; 2) l'énergie ; 3) les changements climatiques.</p> <p>Nous devons prendre conscience que tous ces problèmes sont étroitement liés et, par conséquent, que l'existence simultanée de ces trois problèmes, pratiquement inévitable de nos jours, représente un défi sans précédent dans l'histoire de l'humanité.</p> <p>De tous les défis que l'humanité devra relever au cours des prochaines décennies, l'eau est sans aucun doute le problème le plus sérieux. Même si l'accès à l'eau est essentiel à la vie et un droit humain fondamental, plus d'1 milliard de personnes n'ont aujourd'hui pas accès à de l'eau propre, et 2,6 milliards personnes ne bénéficient pas d'installations sanitaires adéquates, et ces chiffres nous révèlent seulement une partie du problème. C'est ainsi que les Nations Unies ont sonné l'alarme, faisant état d'une crise imminente sans précédent, et qui sera la conséquence d'une pénurie en eau douce pour chaque habitant, surtout dans les pays en voie de développement. En 2025, la disponibilité en eau per capita dans les pays développés sera réduite de 60% par rapport au niveau de 1950. Dans les pays en voie de développement humides, ce pourcentage sera réduit d'environ 25% et, dans le pire des cas, d'environ 15% dans les pays en voie de développement arides et semi-arides. Au cours des vingt prochaines années, l'approvisionnement moyen mondial en eau par habitant chutera d'un tiers. Les principales causes en sont la croissance de la population mondiale, la pollution de l'environnement, des politiques de gestion inadéquates et, très probablement, les changements climatiques. Les prévisions pour la deuxième moitié du siècle sont encore plus préoccupantes. Partout dans le monde, presque toutes les eaux de surface sont déjà exploitées et, comme de nombreux indicateurs de stress hydrique le soulignent, les nappes souterraines sont largement surexploitées dans de nombreuses régions du monde. L'extraction mondiale de l'eau a augmenté drastiquement depuis 1970, afin de pouvoir irriguer les zones de production alimentaire elles aussi en expansion. Par conséquent, deux personnes sur trois vivront dans des zones de stress hydrique en 2025, puisque la concurrence pour l'eau augmentera dans les décennies à venir.</p> <p>L'énergie représente également un défi sérieux. Le monde reconnaît désormais que le pétrole arrive presque à sa fin, et que nous devons maintenant adapter très rapidement notre système économique global à des sources d'énergie alternatives. L'épuisement des ressources pétrolières et de gaz va nous pousser, au cours des prochaines décennies, à modifier tout notre système énergétique mondial, ce qui aura pour conséquence économique des coûts de l'énergie élevés (ou beaucoup plus élevés). Dans ce scénario de crise énergétique prochaine, les problèmes d'eau vont s'aggraver significativement. Et inversement, l'eau ayant un lien étroit avec l'énergie, les pénuries</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>d'eau vont contribuer à augmenter les problèmes énergétiques, et à en aggraver les effets. En outre, les considérations environnementales telles que le réchauffement climatique vont certainement exercer une pression considérable.</p> <p>En étroite relation avec le problème énergétique, et conséquence directe de la combustion continue des combustibles fossiles, les changements climatiques se sont considérablement accentués ces dernières années. En raison de la fin annoncée du pétrole, évoquée ci-dessus, de nombreux pays se tournent vers des énergies primaires alternatives pour préserver le système économique actuel avec un minimum de perturbations. Le charbon, deuxième ressource au classement des énergies primaires et énergie fossile la plus abondante au niveau mondial, possède d'énormes réserves. Cependant, son exploitation massive implique des émissions de CO₂ aux conséquences graves pour les changements climatiques, car le lien entre la température moyenne de l'air et la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, largement reconnu dans la communauté scientifique mondiale, a été clairement démontré.</p> <p>La concentration des gaz à effets de serre dans l'atmosphère augmente, ce qui, en plus de ses implications sur les changements climatiques, va affecter la disponibilité en eau dans de nombreuses régions du globe qui souffrent déjà de stress hydrique, ce qui prouve que toutes ces questions sont étroitement liées et montre que des effets et interactions qui peuvent paraître marginaux à certains, peuvent être très graves et considérables pour d'autres : par conséquent, une approche globale sera toujours nécessaire pour évaluer correctement toute solution potentielle. On peut donc conclure qu'aucune des technologies énergétiques conventionnelles actuelles n'est durable, en raison de ce qu'elles sont toutes inefficaces et qu'aucune ne répond au critère fondamental de ne pas constituer un fardeau pour les générations futures. Dans ce contexte particulier, quels seraient le rôle des énergies renouvelables et leur contribution pour solutionner définitivement ces problèmes ?</p> <div data-bbox="486 1473 1422 1771" data-label="Diagram"> </div> <p>Ce schéma représente assez bien la situation actuelle et comment tous ces problèmes interagissent, ce qui rend l'ensemble de la situation beaucoup plus complexe et très préoccupante. L'augmentation exponentielle de la population est à l'origine des problèmes d'eau et d'énergie, mais avec la particularité que chacun de ces problèmes amplifie significativement les autres. Le problème de l'eau peut être</p>

Sujet / Conférencier	Brève description du contenu technique
	<p>réduit de manière significative dans un contexte d'énergie bon marché et abondante, et ce pourrait être la même chose pour l'énergie et l'eau. Cependant, la situation inverse a des effets contraires. Les problèmes d'eau vont s'aggraver considérablement avec une énergie rare et coûteuse, et la production d'énergie sera plus difficile et plus coûteuse dans un contexte de pénurie d'eau. Par ailleurs, cette situation générale interviendra dans un contexte de changements climatiques et de réchauffement climatique, tous les indicateurs révélant les pires scénarios. Trouver une solution viable et abordable à ce puzzle complexe ne sera pas une tâche facile du fait des nombreuses questions que cela implique (et la partie financière n'en est qu'une parmi d'autres). Cependant, il est évident qu'on ne trouvera aucune solution adéquate et durable sans intégrer réellement les trois composantes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - réduction de la consommation d'énergie et d'eau par habitant (efficacité augmentée) - accroissement important de la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique actuel - recherche et développement scientifiques et technologiques constants <p>En outre, aucune solution ne pourrait être envisagée pour le problème de l'eau sans un développement considérable au niveau mondial des systèmes de dessalement et, dans le cas de l'énergie, sans un recours significatif aux sources d'énergie renouvelable. Partant, le développement de technologies de dessalement de l'eau de mer adaptées et économiquement durables, semble être inévitable. Enfin, devant la synergie évidente entre disponibilité de l'énergie solaire et problèmes d'eau, l'on peut penser que de toutes les énergies renouvelables, l'énergie solaire est nettement la meilleure option pour le dessalement.</p>
Visite de la plateforme solaire d'Almería	

2.4. Jour 3 (03/10/2014). Travail pratique à la Plateforme d'Almería

Le CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas/Centre de Recherches énergétiques, environnementales et technologiques) est un institut de recherche public espagnol qui fait partie du Ministère espagnol de l'économie et de la concurrence (MINECO) (www.ciemat.es). Depuis sa fondation en 1951, il a mis au point et dirigé des projets de R&D dans le domaine de l'énergie, de l'environnement et de la technologie, se plaçant ainsi à la tête des sciences et de la technologie. Le CIEMAT est très présent dans les forums scientifiques et techniques nationaux et internationaux. Outre son siège social et des laboratoires situés à Madrid, le CIEMAT possède plusieurs centres de recherche situés dans d'autres provinces espagnoles. La Plateforme solaire d'Almería, PSA (www.psa.es), qui est l'un des centres régionaux de la CIEMAT, est officiellement considérée par la Commission européenne comme une *installation scientifique européenne d'importance majeure*, et c'est également le centre de Recherche et de Développement consacré aux systèmes de concentrateurs photovoltaïques le plus grand et le plus complet du monde. PSA est également une *Infrastructure Scientifique et Technologique Singulière (ICTS)* d'Espagne.

Les bonnes conditions solaires, ses diverses installations solaires et le personnel de PSA hautement qualifié, offrent une infrastructure unique pour la R&D, l'évaluation, la démonstration et le transfert de technologies en matière d'applications d'énergie solaire. PSA est située dans le sud-est de Espagne, dans le désert de Tabernas, et a plus de 35 ans d'expérience dans l'exploitation, l'entretien et l'évaluation des systèmes solaires à concentration, de leurs composants et des différents types d'applications commerciales.

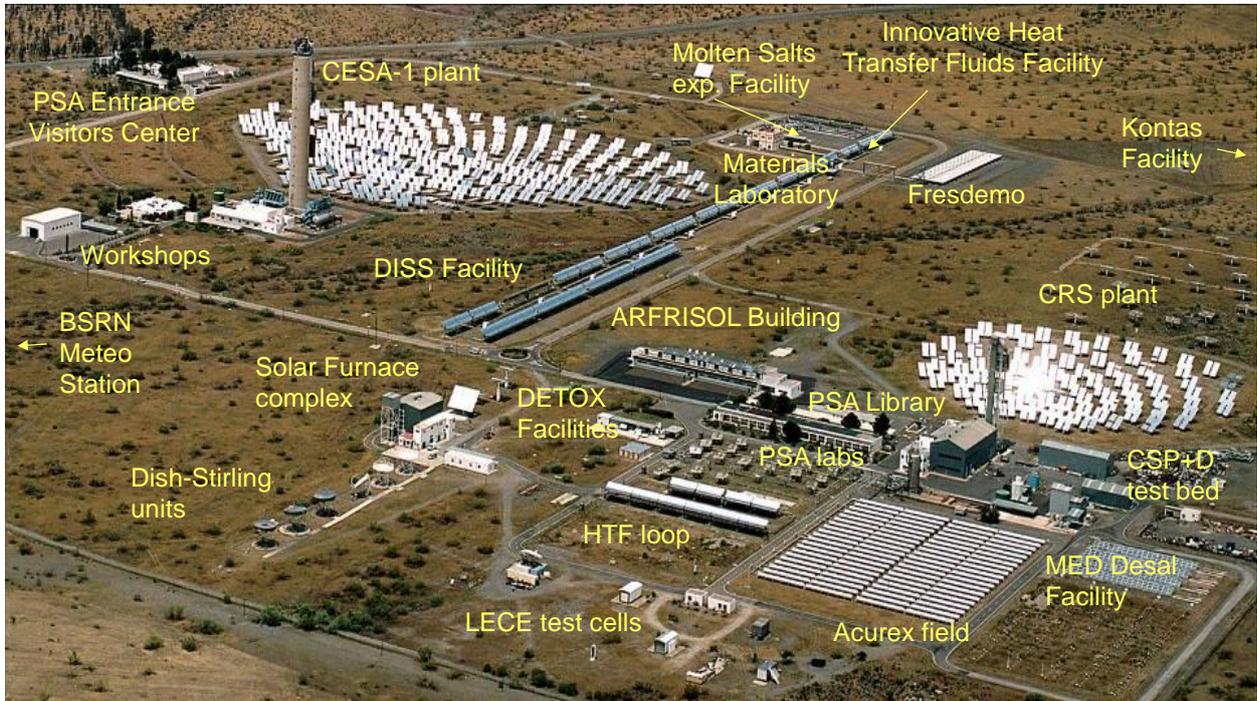


Fig. 2. Emplacement des principales installations d'essai de PSA pour les systèmes solaires à concentration

1^{ère} partie. Visite rapide de quelques-unes des installations les plus importantes de PSA

a) Installation d'essai des technologies à récepteur central : l'unité CESA-1 5 MWt

L'usine CESA-1 est une installation très modulable exploitée pour les essais de sous-systèmes et composants tels que les héliostats, les capteurs solaires, le stockage thermique, les turbines à gaz solaires hybrides, les systèmes de contrôle et les instruments de mesure du rayonnement solaire à haut flux concentré. On l'utilise aussi pour d'autres applications qui nécessitent des concentrations élevées de photons sur des surfaces relativement grandes, comme dans les procédés à haute température ou chimiques, le traitement de surface des matériaux ou les expériences d'astrophysique. Le rayonnement solaire direct est capté par un champ d'héliostats de 330m x 250m orienté plein sud et composé de 300 héliostats de 39,6 m² répartis sur 16 rangées. L'installation CESA-1 possède la plus vaste expérience en héliostats verre et métal du monde. L'énergie thermique maximale réfléchiée par le champ vers l'ouverture du récepteur est de 7 MW à un rayonnement typique de conception de 950 W / m², atteignant un flux maximal de 3,3 MW/m². 99% de l'énergie se concentre sur un cercle de 4 m de diamètre et 90% sur un cercle de 2,8 m. Le tour en béton de 80 m de haut, qui a une capacité de charge de 100 tonnes, a quatre niveaux d'essai.



Fig. 3. L'installation CESA-1 vue de l'est avec des rangées d'héliostats orientés vers le niveau de test de hauteur moyenne (60m)

b) Installation d'essai des technologies à récepteur central : l'unité SSPS-CRS 2,5 MWt

L'usine SSPS-CRS se consacre actuellement à tester de petits récepteurs solaires centraux dans une gamme de débit de 200 à 500 kW th. Le champ d'héliostats est composé de 91 unités de première génération, de 39,3 m², fabriqués par Martin-Marietta. Un deuxième champ, au nord de celui-ci, est composé de 20 héliostats de deuxième génération de 52m² et de 65m², fabriqués par MBB et Asinel. Le champ d'héliostat CRS a été amélioré il y a quelques années par la conversion de l'ensemble de ses héliostats en unités complètement autonomes alimentées à l'énergie photovoltaïque, avec contrôle centralisé par radio grâce à un concept développé et breveté par les chercheurs de PSA. La tour en métal de 43 mètres de haut a deux plateformes d'essai. La première est un espace ouvert à deux niveaux de 32 et 26 m, conçue pour tester de nouveaux récepteurs pour des applications thermo-chimiques.

La deuxième plateforme d'essai se trouve en haut de la tour de 43 m et abrite une salle fermée avec grue et plateforme d'essai calorimétrique pour évaluer de petits récepteurs volumétriques à pression atmosphérique, et les réacteurs solaires pour la production d'hydrogène.



Fig. 4. Vue aérienne de la station expérimentale SSPS-CRS

c) Installation solaire à concentration linéaire : la boucle d'essais des fluides caloporteurs (HTF)

La boucle d'essais des fluides caloporteurs (HTF) est une installation qui évalue les composants des capteurs cylindro-paraboliques dans des conditions réelles d'exploitation de l'énergie solaire. L'installation est adaptée pour qualifier et contrôler les composants suivants : i) capteurs cylindro-paraboliques ; ii) capteurs cylindro-paraboliques équipés de tubes absorbeurs ; iii) nouveaux modèles de capteurs cylindro-paraboliques (jusqu'à 75m de long) ; iv) systèmes de suivi solaire. L'installation se compose d'un circuit d'huile thermique fermé relié à plusieurs capteurs solaires de 75 m de long qui sont connectés en parallèle, et qui peuvent fonctionner l'un à la fois uniquement. L'axe de rotation est-ouest des capteurs solaires augmente le nombre d'heures par année pendant lesquelles l'angle d'incidence du rayonnement solaire est inférieur à 5°. L'huile thermique utilisée dans cette installation (Syltherm 800) a une température de fonctionnement maximale de 420°C et un point de congélation de -40 ° C.



Fig. 5. La « Boucle d'essais des fluides caloporteurs (HTF) » de PSA

d) Installation solaire à concentration linéaire : la station expérimentale DISS

Cette unité d'essais a été mise en œuvre à PSA pour faire des expériences sur la production directe de vapeur à haute pression et haute température (100 bar/400°C) dans les tubes absorbeurs des capteurs cylindro-paraboliques. Cela a été la première installation construite dans le monde où les processus d'écoulement de l'eau/vapeur en deux phases dans les capteurs cylindro-paraboliques pouvaient être étudiés dans des conditions solaires réelles. L'installation

se compose de deux sous-systèmes : champ solaire de récepteurs cylindro-paraboliques et composants connexes de l'installation (BOP). Dans le champ solaire, l'eau d'alimentation est préchauffée, évaporée et convertie en vapeur surchauffée à une pression maximale de 100 bars et à une température maximale de 400°C alors qu'elle circule dans les tubes absorbeurs d'une rangée de 700m de long de récepteurs cylindro-paraboliques sur une surface de réception solaire totale de 3 838 m². Le système peut produire un taux nominal de débit de vapeur surchauffée de 1 kg/s. Dans les composants connexes de l'installation, cette vapeur surchauffée est condensée, traitée et réutilisée comme eau d'alimentation pour le champ solaire (fonctionnement en boucle fermée). Trois récepteurs cylindro-paraboliques supplémentaires ont été installés dans le champ solaire en 2012, et tous les tubes absorbeurs ont été remplacés par de nouveaux tubes, afin d'augmenter la température de la vapeur surchauffée produite jusqu'à 500°C, permettant ainsi de produire de la vapeur directe à 100 bars et à 500°C. L'installation d'exploitation est très modulable et peut fonctionner à partir de pressions très basses allant jusqu'à 100 bars.



Fig. 6. Champ de capteurs solaires de la boucle DISS de PSA

e) Installation solaire à concentration linéaire : boucle d'essais des fluides innovants + système de stockage à sels fondus

L'objet de cette station expérimentale est d'étudier les gaz sous pression en tant que fluides de travail dans les capteurs cylindro-paraboliques, ce qui n'a pas été fait à ce jour, en évaluant leur comportement lorsque soumis à une variété de conditions réelles d'exploitation. L'installation peut atteindre des températures allant jusqu'à 515°C et elle est reliée à un système de stockage thermique à sels fondus à deux réservoirs, pour tester leur capacité conjointe à recueillir et stocker l'énergie solaire thermique en vue d'en faire usage dans des cycles thermiques de distribution à haute performance. Le système de stockage thermique du sel fondu est constitué essentiellement de : i) deux réservoirs à sel de 39 tonnes, chauds et froids, capables de fournir environ six heures de stockage thermique ; ii) un refroidisseur d'air de 344 kW pour refroidir le sel à température ambiante ; iii) un échangeur gaz/sel de 344 kW fournissant au circuit de sel de l'énergie solaire captée dans la boucle d'essai des fluides innovants. Le système de stockage thermique est également relié à un petit circuit d'huile thermique de 344 kWt, avec de l'huile VP-1, ce qui permet au système de stockage thermique d'être chargé et déchargé en utilisant ce circuit d'huile thermique avec un échangeur de chaleur sel/huile.



Fig. 7. Vue de la boucle d'essai à gaz pressurisé reliée à une unité de stockage d'énergie thermique à sels fondus

f) Installation solaire à concentration linéaire : la boucle FRESDEMO



Fig. 8. Photo du capteur linéaire de Fresnel installé à PSA

La boucle FRESDEMO est une technologie du « capteur linéaire de Fresnel » de la centrale de démonstration pilote. Cette unité de 21m de largeur et de 100m de long, représente une surface primaire de miroirs de 1 433 m², répartie entre 1 200 facettes installées en 25 rangées parallèles s'étendant sur la longueur de la boucle. Cette boucle de captage est conçue pour la production directe de vapeur à une pression maximale de 100 bars et à une température maximale de 450°. Cette centrale pilote est alimentée en vapeur solaire à différentes pressions et températures pour tester les trois modes de fonctionnement : préchauffage, évaporation et surchauffe.

g) Systèmes paraboliques à moteur DISH : plateforme d'essais de vieillissement accéléré et durabilité des matériaux.



Fig. 9. Parabole DISTAL-I utilisée pour le vieillissement accéléré des matériaux

Cette installation est composée de 4 unités paraboliques, 3 de type DISTAL-II avec une puissance thermique totale de 50 kW et un héliostat à deux axes, et un de type DISTAL-I de puissance thermique totale de 40 kW et un héliostat polaire à axe unique. Dans les quatre paraboles, les moteurs Stirling initiaux ont été remplacés par différentes plateformes d'essai pour placer les matériaux ou les prototypes à petite distance des capteurs de concentration élevée et effectuer des cycles accélérés de température. Avec les cycles rapides de focalisation et défocalisation, les sondes placées dans le point focal du concentrateur effectuent un grand nombre de cycles thermiques dans un intervalle de temps court, ce qui permet un vieillissement accéléré du matériau.

h) Systèmes paraboliques à moteur DISH : EuroDISH

Dans le cadre du projet Eurodish hispano-allemand, deux nouveaux prototypes de paraboles Dish/Stirling ont été conçus, construits et installés à PSA, en abandonnant la technologie membranaire tendue au profit d'un nouveau système de matériau composite moulé. Les caractéristiques techniques sont assez similaires à celles des unités DISTAL-1 : 50 kW th d'énergie maximale et une concentration maximale de 16 000 soleils au point focal. L'héliostat est aussi orienté élévation, rotation azimut.



Fig. 13. Vue de face d'EURODISH à PSA

i) Fours solaires : four solaire SF-60



Fig. 14. Vue externe du SF-60 en fonctionnement à PSA

Dans ce four, l'héliostat capte le rayonnement solaire et le redirige vers le concentrateur. La surface réfléchissante de l'héliostat est constituée de facettes planes non concentratrices reflétant les rayons du soleil horizontalement et parallèlement à l'axe optique du concentrateur parabolique, qui suit continuellement le soleil. Le seul héliostat associé au SF-60 est composé de 28 facettes planes sur une surface totale de 120 m² et de 92% de réflectivité. Sa distance focale est de 7,45m. Les caractéristiques focales avec une ouverture à 100% et un rayonnement solaire de 1 000 W/m² sont : débit maximal : 300W/cm², puissance totale : 69 kW et diamètre focal : 26 cm.

j) Fours solaires : four solaire SF-40

Le nouveau four SF-40, appelé ainsi à cause de sa capacité de 40kW, consiste principalement en une parabole de 8,5m de diamètre avec une distance focale de 4,5m. La surface du concentrateur se compose de 12 pétales ou sections courbés en fibre de verre, couverts d'une couche de 0,8 mm de miroir adhésif sur le devant. La parabole ainsi formée est maintenue à l'arrière par une structure spatiale en anneau pour lui donner de la rigidité et la maintenir verticale. Enfin, l'héliostat plat avec une surface réfléchissante de 100 m², qui est encore en construction, complète l'unité.

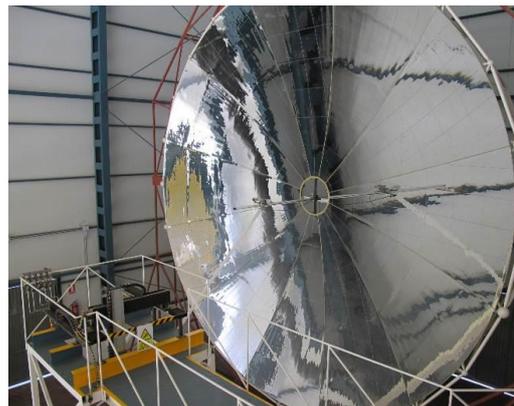


Fig. 15. Vue intérieure du four solaire SF-40 montrant le concentrateur parabolique

k) Four solaire SF-5



Fig. 16. Vue extérieure du four solaire vertical SF-5

Le four à axe vertical, le SF-50, a été récemment conçu et érigé à PSA. Il a été conçu pour tester les flux énergétiques élevés, les gradients et températures élevés. Ce nouveau four solaire se compose essentiellement d'un concentrateur, situé en position inversée (surface réfléchissante orientée vers le sol) sur une tour métallique haute de 18m : au centre de la base de la tour se trouve un héliostat plat dont le centre tournant est aligné sur l'axe optique du concentrateur. La table d'essai se trouve en haut de la tour du four SF-5, à l'intérieur de la salle d'essai et 2 mètres en dessous du sommet du concentrateur. Enfin, servant de « sol » à la salle d'essai, se trouve l'obturateur/rideau en position horizontale, situé entre l'héliostat et le concentrateur, qui vient compléter les composants principaux de l'axe vertical du four solaire. Ce four solaire a commencé à fonctionner en 2012.

2^{ème} partie. Visite de travail détaillée des usines de dessalement solaire de PSA

a) Installation de distillation solaire multi-effets

Cette installation est composée des sous-systèmes suivants : i) une usine de distillation multi-effets à 14 phases (DEM) ; ii) un champ de capteurs solaires stationnaires CPC (concentrateurs paraboliques composés) ; iii) un système de stockage thermique solaire de l'eau ; iv) une pompe à chaleur à absorption de type LiBr-H₂O ; et v) une chaudière tubulaire à gaz. L'unité de distillation multi-effets est constituée de 14 étapes ou effets, disposés verticalement avec un approvisionnement en eau de mer direct au premier effet (de configuration préventive). À un taux nominal de 8 m³/h de débit d'eau, la production du distillat est de 3 m³/h et la consommation thermique de la centrale de 190 kW_t, avec un facteur de performance de plus de 9. La concentration saline du distillat est d'environ 5 ppm. Le gradient de température nominale entre la première cellule et la dernière est de 40°C avec une température de fonctionnement maximale de 70°C dans la première cellule. Le fluide de transfert de chaleur est l'eau, qui est chauffée lorsqu'elle s'écoule au travers des capteurs solaires jusqu'au système de stockage. L'eau chaude de ce système de stockage fournit à la centrale DEM l'énergie thermique nécessaire à son fonctionnement. Le champ solaire est composé de 252 capteurs solaires stationnaires avec une surface totale de 500 m² disposés en quatre rangées de 63 capteurs. La température de travail maximale du champ solaire est de 100 °C puisque les collecteurs sont reliés aux citernes de stockage sous pression atmosphérique en circuit ouvert. Le système de stockage thermique est constitué de deux réservoirs d'eau reliés l'un à l'autre, d'une capacité totale de stockage de 24 m³. Ce volume donne au fonctionnement une autonomie suffisante pour permettre au système auxiliaire alimenté en énergie fossile d'atteindre les conditions de fonctionnement nominales dans l'usine de dessalement. La pompe à chaleur à absorption utilisant le couple LiBr- H₂O est connectée au dernier effet de l'usine DEM, réduisant de moitié la consommation d'énergie thermique nécessaire à un procédé classique de distillation multi-effets. Le système auxiliaire fonctionnant à l'énergie fossile est une chaudière à tubes d'eau alimentée en propane qui

garantit les conditions de fonctionnement de la pompe à chaleur (vapeur saturée à 180°C, 10 bar abs), ainsi que l'exploitation de l'usine DEM en l'absence de rayonnement solaire.



Fig. 17. Usine SOL-14 MED de PSA (à gauche), pompe à chaleur à absorption de type LiBr-H₂O (en haut à droite) et champ de capteurs solaires CPC de 500 m² (en bas à droite)

b) Plateforme d'essai CSP+D : intégration des usines thermiques solaires de dessalement DEM CSP+D

Cette installation est consacrée à la recherche sur le couplage d'une centrale solaire à concentration (CSP) à une usine de dessalement de l'eau (CSP+D), faisant appel à la turbine à vapeur (extraite ou échappée) pour effectuer le processus de dessalement thermique. L'objectif fondamental est de simuler et d'analyser les différentes configurations possibles pour intégrer une usine thermique de dessalement dans une centrale thermique solaire. La plateforme d'essai permet de simuler les conditions de fonctionnement de différents types de turbines commerciales et les configurations d'interconnexion à l'usine de dessalement multi-effets (DEM) de PSA. Le système d'approvisionnement en énergie est alimenté par l'énergie thermique provenant d'un champ de capteurs cylindro-paraboliques capables de fournir de l'huile thermique à des températures allant jusqu'à 400°C et d'un système d'alimentation électrique auxiliaire qui augmente la température si nécessaire.



Fig. 18. Vue de l'extérieur de la plateforme d'essai CSP+D avec les refroidisseurs (à gauche) et vue partielle de l'intérieur de la plateforme d'essai CSP+D (à droite)

L'installation permet de simuler n'importe quelle turbine qui pourrait être utilisée pour une production simultanée d'électricité et d'eau à partir de l'énergie solaire concentrée pouvant s'élever jusqu'à 500 kW. Il existe une série d'éjecteurs de vapeur à cet effet qui peuvent fonctionner à la vapeur motrice et d'échappement pour une variété de conditions de sortie de la turbine du cycle de Rankine. D'autres extractions intermédiaires peuvent aussi être effectuées. La plateforme d'essai est également conçue pour étudier la possibilité d'utiliser une partie de la vapeur d'échappement de la sortie de la turbine en la régénérant avec de la vapeur provenant d'une extraction intermédiaire pour alimenter une usine de dessalement DEM. La principale idée sous-jacente est d'essayer d'utiliser la première cellule de l'usine DEM comme condensateur dans le cycle énergétique, en réduisant les besoins de refroidissement du cycle de Rankine et en utilisant cette énergie thermique pour produire de l'eau dessalée.

c) Installation pour les applications de polygénération

La polygénération est un procédé intégral destiné à produire deux produits à partir d'une ou plusieurs ressources. Dans le cas de l'énergie solaire, on utilise l'énergie thermique à partir d'un champ solaire pour plusieurs applications simultanées, comme la production d'électricité, le dessalement de l'eau pour l'approvisionnement en eau potable et le reste pour le chauffage de l'eau sanitaire (Attestation de conformité sanitaire, ACS). Le but de cette installation est d'étudier de façon préliminaire le comportement d'un champ solaire cylindro-parabolique de petit coefficient de concentration, de déterminer sa viabilité en tant que source de chaleur dans les systèmes de polygénération, en particulier dans les CSP + D nécessitant des températures autour de 200°C.

Le collecteur choisi est le prototype Polytrough 1200 de NEP Solar. Il a une production de 15,8 kW par module (0,55 kW/m²) dans des conditions nominales, avec une température de capteur moyenne de 200°C et une efficacité de plus de 55% dans un éventail de températures de 120 à 220°C (pour 1 000W/m² du rayonnement normal direct). Le champ est organisé en 8 capteurs placés dans quatre rangées parallèles, avec deux capteurs en série dans chaque rangée. Cette configuration fournit 125 kW d'énergie thermique. La température de l'huile thermique peut aller jusqu'à 220 °C : ainsi, différents schémas d'utilisation de l'énergie thermique pour la polygénération peuvent être évalués. De plus, le champ solaire peut être utilisé pour produire de la vapeur pour alimenter la pompe à chaleur à absorption à double effet couplée à l'usine DEM de PSA.



Fig. 19. Champ solaire NEP PolyTrough 1200

d) Installation pour applications de dessalement thermique solaire à basse température

L'installation se compose d'une plateforme d'essai pour l'évaluation des applications thermiques solaires de dessalement. Elle se compose d'un champ de 20m² de capteurs plats avec un système de stockage de chaleur thermique (1500 litres), connecté à un système de distribution qui permet la connexion simultanée de plusieurs unités. Le stockage thermique de la chaleur fournit de la chaleur stationnaire aux applications connectées à la plateforme d'essai, mais cette chaleur peut aussi être dérivée pour alimenter directement de l'énergie solaire sans être temporairement stockée. L'installation est entièrement automatisée et contrôlée (températures et flux), et permet la régulation du flux de chaleur. La puissance thermique maximale est de 7 kW th et elle fournit de l'eau chaude à une température allant jusqu'à environ 90°C. L'installation a un circuit d'eau indépendant qui peut être utilisé pour refroidir (environ 3,5 kW th) dans les unités de dessalement et un dispositif d'alimentation en eau de mer simulée avec la possibilité de fonctionner en circuit ouvert ou en circuit fermé. Dans ce dernier cas, les deux flux du distillat et de la saumure sont recueillis et mélangés pour être injectés à nouveau dans les unités de dessalement après un procédé de dissipation de la chaleur. L'installation fonctionne actuellement avec des modules de distillation membranaire, mais permet de tester d'autres applications de dessalement thermique. Deux unités de distillation membranaire ont été évaluées : l'Oryx 150 fourni par la société allemande Solar Spring GmbH, qui est un module de distillation membranaire à enroulement en spirales permeate gap, et l'unité WTS-40A de l'entreprise néerlandaise Aquaver qui utilise la technologie de distillation membranaire multi-effets sous vide (V-MEMD) dont les modules sont fabriqués par Memsys.



Fig. 20. Vues internes (à gauche) et externe (à droite) de la plateforme d'essai expérimentale de distillation membranaire dans l'usine PSA de dessalement thermique solaire à basse température



Fig. 21. Différentes photos prises durant la visite du groupe de PSA

Pause déjeuner
Retour à l'hôtel à Almería

3. CONFÉRENCIERS ET ORGANISATRICE

Des chercheurs et scientifiques de la Plateforme solaire d'Almería (CIEMAT-PSA) ont donné ce cours, qui est organisé par la Société de dessalement européenne (EDS).

3.1. Dr Julián Blanco Plateforme solaire d'Almería

Formation

- 1985 Ingénieur industriel (Université de Séville, Espagne)
- 1994 Mastère en Sciences de l'environnement de l'Institut de recherches en écologie (Instituto de Investigaciones Ecologicas) / L'Université Internationale Ouverte de Malaga (Málaga, Espagne) (The Open International University)
- 2003 Doctorat de l'Université d'Almería. Dép. de Physique Appliquée

(Almería, Espagne)

Situation professionnelle actuelle

Employeur : Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas/
Centre de Recherches énergétiques, environnementales et technologiques
(CIEMAT)
Département : Département de l'Énergie
Unité : Plateforme Solaire d'Almería (PSA). Installation scientifique européenne de renom. Installation la plus importante et la plus complète du monde pour la recherche sur les applications de l'énergie solaire concentrée et de l'énergie thermique solaire.
Poste : Directeur associé
Contrat : Chercheur principal du Ministère espagnol de l'économie et de la concurrence / Fonctionnaire des Instituts publics de recherche
Adresse : Carretera de Senés s/n. P.O. Box 22. 04200 Tabernas (Almería)
Téléphone : (+34) 950 38 79 39
Fax : (+34) 950 36 53 00
Courriel : julian.blanco@psa.es
En poste depuis : 01/01/2014

Expérience professionnelle

- 1985-1988 Chef du Département de production (COEMTER, Girone, Espagne)
- 1988-1990 Ingénieur produits (AMP Incorporated, Barcelone, Espagne)
- 1990-1991 Ingénieur (ADESA, Almería, Espagne)
- 1991-2002 Chef du Groupe de Chimie Solaire (PSA, Almería, Espagne).
- 2002-2013 Chef des Applications environnementales de l'Unité de l'Énergie Solaire (CIEMAT-PSA, Almería, Espagne).
- Depuis 2014 Directeur Associé (CIEMAT-PSA, Almería, Espagne)

Nominations

- 1995-2007 Représentant espagnol national à Task II (Annexe Chimie Solaire) de l'Agence internationale de l'énergie – Programme *SolarPACES* (Énergie Solaire et Systèmes des Énergies Chimiques).
- 2008-2013 Agent opérationnel de l'Agence internationale de l'énergie – Programme *SolarPACES* – Task VI (Procédés énergétiques solaires et hydrauliques et Applications).
- Depuis 2008 Membre suppléant espagnol du Comité exécutif de l'Agence internationale de l'énergie – Programme *SolarPACES*.
- Depuis 2011 Professeur invité à l'Université du Roi Saud (Riyadh, Arabie Saoudite). Dép. d'Ingénierie électrique.
- 2011-2013 Coordinateur d'EERA (*European Energy Research Alliance*) du sous-programme CSP+D. Chercheur expert.
- Depuis 2012 Coordinateur d'EERA JP-CSP (Programme conjoint sur l'énergie solaire à concentration). Chercheur expert.

Publications scientifiques

- Publications évaluées par des pairs dans *Science Citation Index Journals* : 94
- Ouvrages complets : 10

- Chapitres d'ouvrages : 24
- Éditeur/ Invité d'honneur d'ouvrages/ de revues spécialisées/d'actes de colloque : 5

Citations scientifiques

- 4 173 citations (propres citations exclues) depuis le 01/01/1998, selon Scopus (octobre 2014)
- Indice Hirsch : 35 (Scopus, octobre 2014)

Projets de recherche scientifique et technologique

- Depuis 1993 Projets espagnols financés suite à des appels d'offre publics : 15 (coordinateur de 6 d'entre eux)
- Depuis 1990 Projets de la Commission européenne financés suite à des appels d'offre publics : 20 (coordinateur de 8 d'entre eux)
- Depuis 1998 Autres projets financés à l'international (appels d'offre publics) : 3 (coordinateur de 2 d'entre eux)
- Depuis 1990 Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises espagnoles : 12
- Depuis 2000 Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises internationales : 4

Projets commerciaux (services de conseil)

- Depuis 2011 Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises espagnoles : 4
- Depuis 2011 Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises internationales : 5

Autres activités scientifiques et professionnelles

- Brevets : 5
- Articles pour des conférences : 190
- Articles de revues spécialisées : 58
- Conférencier invité : 40 (15 interventions principales)
- Conférences dans le cadre de cours internationaux : 55
- Directeur de thèse doctorale. Thèses : 2
- Directeur de mémoire de Mastère en sciences. Mémoire : 1
- Maître de stage d'étudiants en formation à PSA : 47
- Pays visités professionnellement (projets et activités développés) : Espagne, Allemagne, Italie, Portugal, Belgique, Pays-Bas, France, Suède, Suisse, Grèce, Royaume-Uni, Maroc, Tunisie, Égypte, Arabie Saoudite, Qatar, Oman, Emirats, Argentine, Chili, Pérou, Venezuela, Brésil, Mexique, États-Unis, Canada, Ouzbékistan, Philippines, Thaïlande, Corée du Sud, Australie et Afrique du Sud.

Comité scientifique et Conseils éditoriaux

- 2006-2007 Comité international du panel d'audit scientifique du programme mexicain « *Sea and brackish water desalination with renewable energies* ».
- 2007-2009 Membre du conseil d'administration de l'AEDES – *Asociación Española de Energía Solar*. Branche espagnole de l'ISES
- Depuis 1998 Membre du Comité scientifique de 15 conférences internationales
- 2006-2009 Éditeur associé du *International Journal of Photoenergy*

- Depuis 2010 Comité académique de l' « *Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental* » (Institut de Recherche et d'Ingénierie environnementale) (3iA) ; Université nationale de Saint-Martin (UNSAM). Saint-Martin, Argentine
- Relecteur expert : *Desalination ; Desalination and Water Treatment ; Solar Energy ; Journal of Solar Energy Engineering (ASME) ; Water ; Waste and Environmental Research ; Environmental Science and Technology ; Magazine of the International Water Association (IWA), Industrial & Engineering Chemistry Research ; Journal of Advanced Oxidation Technologies ; Catalysis Today.*

Prix et distinctions

- 1993 Membre honoraire du Club de Pechina, UNESCO, Espagne.
- 2004 « Grand Prix Européen des Prix de l'Innovation » conjointement avec son collègue Dr Sixto Malato (Modalité « Prix du Jury », www.european-grandprix.com). Monaco, 11 décembre, 2004

3.2. Dr Diego-César Alarcón-Padilla. Plateforme Solaire d'Almería

Formation

- 1993 Licence de Physique, spécialité électronique (Université de Grenade, Espagne).
- 1997 Mastère Audit environnementaux et planification commerciale de l'environnement, Institut de recherche en écologie et Association des architectes techniques de Málaga, Espagne.
- 1997 Spécialité Qualité industrielle à l'Université Libre Nationale, Espagne.
- 2008 Doctorat de l'Université de la Laguna, Espagne – Département de physique fondamentale et expérimentale, Électronique et Systémique.

Situation professionnelle actuelle

Employeur : Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas/Centre de recherches énergétiques, environnementales et technologiques (CIEMAT)

Département : Département de l'Énergie

Unité : Plateforme solaire d'Almería (PSA). Installation scientifique européenne de renom. Installation d'énergie solaire concentrée et des applications de recherche sur l'énergie solaire thermique les plus importantes et complètes du monde.

Poste : Chef de l'Unité de dessalement solaire

Contrat : Chercheur principal du Ministère espagnol de l'économie et de la concurrence / Fonctionnaire des Instituts publics de recherche

Adresse : Carretera de Senés s/n. P.O. Box 22. 04200 Tabernas (Almería)

Téléphone : (+34) 950 38 79 00 Ext. 960

Fax : (+34) 950 36 53 00

Courriel : diego.alarcon@psa.es

En poste depuis : 01/01/2014

Expérience professionnelle

- 1994-1999 Plateforme solaire d'Almería (Chercheur à l'Unité des Systèmes solaires à concentration)
- 1999-2000 Université d'Almería (Enseignant à temps complet dans le département de Traitement de l'Information et Modélisation, enseignant à l'École d'ingénierie informatique)
- 2000-2014 CIEMAT-Plateforme solaire d'Almería (Chercheur principal en applications environnementales de l'Unité d'énergie solaire)
- 2003-2012 Université d'Almería (Enseignant à temps partiel dans le département de Traitement de l'Information et Modélisation, École d'ingénierie informatique)
- Depuis 2014 Responsable de l'Unité de dessalement solaire (CIEMAT-PSA, Almería, Espagne)

Nominations

- Depuis 2013 Agent opérationnel de l'Agence internationale de l'énergie– Programme *SolarPACES* – Task VI (Processus énergétiques solaires et hydrauliques et Applications).
- Depuis 2013 Coordinateur d'EERA (*European Energy Research Alliance*) du sous-programme CSP+D (Énergie solaire à concentration+Dessalement) au sein de JP-CSP (Programme conjoint sur l'Énergie solaire à concentration). Chercheur expert

Publications scientifiques

- Publications évaluées par des pairs dans *Science Citation Index Journals* : 37
- Ouvrages entiers : 3
- Chapitres d'ouvrages : 4

Citations scientifiques

- 654 citations (propres citations exclues) depuis le 01/01/1998, selon Scopus (octobre 2014)
- Indice Hirsch : 11 (Scopus, octobre 2014)

Projets de recherche scientifique et technologique

- Depuis 1993 Projets espagnols financés suite à des appels d'offre publics : 7
- Depuis 1990 Projets financés par la Commission européenne (appels d'offre publics) : 12
- Depuis 1998 Projets financés à l'international (appels d'offre publics) : 2
- Depuis 1990 Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises espagnoles : 6
- Depuis 2000 Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises internationales : 2

Autres activités scientifiques et professionnelles

- Articles de conférence : 75
- Articles de revues spécialisées : 10
- Conférences dans le cadre de cours internationaux : 55
- Directeur de thèse. Thèse : 1
- Directeur de mémoire de Mastère en sciences. Mémoire : 1
- Maître de stage d'étudiants en formation à PSA : 1

- Pays visités professionnellement (projets et activités développés) : Espagne, Allemagne, Italie, Portugal, Belgique, Pays-Bas, France, Suède, Suisse, Grèce, Royaume-Uni, Maroc, Tunisie, Égypte, Arabie Saoudite, Qatar, Oman, Emirats, Argentine, Chili, Mexique, États-Unis, Ouzbékistan, Philippines et Afrique du Sud.

-

3.3. Dr Guillermo Zaragoza del Aguila. Plateforme solaire d'Almería

Formation

- 1991 Licence d'astrophysique de l'Université Complutense de Madrid, Espagne
- 1996 Doctorat en Physiques appliquées de l'Université de Grenade, Espagne

Situation professionnelle actuelle

Employeur : Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas/Centre de recherches énergétiques, environnementales et technologiques (CIEMAT)

Département : Département de l'Énergie

Unité : Plateforme solaire d'Almería (PSA). Installation scientifique européenne de renom. Installation d'énergie solaire à concentration et des applications de recherche sur l'énergie solaire thermique les plus importantes et complètes du monde.

Poste : Chercheur

Adresse : Carretera de Senés s/n. P.O. Box 22. 04200 Tabernas (Almería)

Téléphone : (+34) 950 38 79 00 Ext. 941

Fax : (+34) 950 36 53 00

Courriel : guillermo.zaragoza@psa.es

Expérience professionnelle

- 1992-96 Doctorant à l'Institut d'Astrophysique d'Andalousie (Comité espagnol de Recherche), Grenade, Espagne
- 1997-98 Post-doctorat dans le *Department of Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics*, de l'Université d'Oxford, R-U
- 1999-2000 Post-doctorat à l'Institut d'Astrophysique d'Andalousie (Comité espagnol de Recherche), Grenade, Espagne
- 2001-05 Chercheur à la Station expérimentale de Cajamar, Almería, Espagne
- 2006-08 Directeur de recherche du Département des énergies renouvelables de la Fondation Cajamar, Almería, Espagne
- Depuis 2009 Chercheur principal à la Plateforme solaire d'Almería (Applications environnementales de l'énergie solaire).

Nominations

- Depuis 2013 Coordinateur du Groupe d'action des énergies renouvelables appliquées au dessalement du Partenariat pour l'innovation européenne sur l'eau /*Renewable Energy Desalination Action Group of the European Innovation Partnership on Water* (Commission européenne).

Publications scientifiques

- Publications revues par des pairs dans *Science Citation Index Journals* : 48

- Ouvrages complets : 1
- Chapitres d'ouvrages : 4

Citations scientifiques :

- 320 selon Scopus (octobre 2014)
- Indice Hirsch : 11 (Scopus, octobre 2014)

Projets de recherche scientifique et technologique

- Projets espagnols nationaux financés suite à des appels d'offre publics : 4
- Projets financés par la Commission européenne (appels d'offre publics) : 12
- Autres projets financés à l'international (appels d'offre publics) : 2
- Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises espagnoles : 6
- Projets particuliers de recherche sous contrat avec des entreprises internationales : 2

Autres activités scientifiques et professionnelles

- Articles de conférence : 82
- Conférencier invité : 6 (3 interventions principales)
- Conférences dans le cadre de cours internationaux : 55
- Relecteur expert de 10 revues scientifiques
- Directeur de thèse doctorale. Thèse : 1
- Directeur de mémoire de Mastère en sciences. Mémoires : 4
- Maître de stage d'étudiants en formation à PSA: 5

Pays visités professionnellement (projets et activités développés): Espagne, Allemagne, Italie, Portugal, Belgique, Pays-Bas, France, Suède, Suisse, Grèce, Royaume-Uni, Maroc, Tunisie, Algérie, Égypte, Arabie Saoudite, Qatar, Oman, Emirats, Argentine, Chili, Mexique, États-Unis, Ouzbékistan, Philippines, Thaïlande et Afrique du Sud.

3.4. Prof. Miriam Balaban. EDS, organisatrice

Le Professeur Miriam Balaban est en poste à la Faculté d'Ingénierie, *Universita Bio-Medico* à Rome, en Italie, où elle programme et organise des cours, des conférences et ateliers sur le dessalement. Elle est associée au programme de dessalement *Center for Clean Water and Energy* du Département d'ingénierie mécanique du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Elle a été membre du conseil d'administration et l'un des dirigeants de l'Association internationale de dessalement, et a reçu de cette association le Prix d'excellence pour l'ensemble de ses réalisations en 2009. Elle a reçu l'Ordre de l'Etoile du Président de la République italienne, elle est membre honoraire de l'Institut européen des membranes, et elle a reçu le Prix Sidney Loeb de la Société européenne de dessalement.

Elle est fondatrice de *Desalination*, la revue internationale du dessalement et de la purification de l'eau, et a été son éditrice en chef de 1966 à 2009, années durant lesquelles elle a revu et édité plus de 12 000 articles. En 2009, elle a lancé la revue mensuelle *Desalination and Water Treatment*, pour accueillir le flot croissant de publications dans ce domaine, qui représente désormais plus de 4 000 articles. Elle est éditrice de *Desalination Directory*, la base de données internationale en ligne qui permet à 30 000 personnes et 5 000 organisations de réseauter, et qui propose, entre autres informations, un calendrier d'événements. Elle est membre du Programme PRODES et coauteure de l'ouvrage *ABCs of Solar Desalination*. Le Professeur Miriam Balaban est secrétaire générale de la Société européenne de dessalement.



Fig. 22. Professeurs du cours et Madame Miriam Balaban pendant la visite de PSA

4. INTERPRÈTES

4.1. M. William Edmund Clarke (Madrid, Espagne)

FORMATION

- Emanuel school London, 1973-1978
- Université d'Exeter, 1978-1982
- Université de Cambridge, 1985-1986

LANGUES

- Anglais
- Français
- Espagnol

DIPLÔMES

- Études secondaires sanctionnées par le General Certificate of Education (GCE), niveau avancé en anglais, espagnol et français et histoire de l'art, 1978 Emanuel School.
- Licence de français et d'espagnol avec double spécialisation, 1982 Université d'Exeter.
- Certificat d'Etudes supérieures en sciences de l'éducation, 1986 Université de Cambridge.
- Certificat préparatoire pour l'enseignement de l'anglais langue étrangère aux adultes, Royal Society of Arts, 1986 International House London.
- Cours d'interprétation simultanée, 1991 CYMA/Procongreso Madrid.

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Exerce depuis 1991, 23 ans d'expérience en interprétation simultanée de l'anglais, français et espagnol et vice versa.

Exemples de missions d'interprétariat pour l'Union européenne

- Réunions et conférences du FONDS DE COHÉSION DE L'UE (Madrid).

- Cours de formation pour les fonctionnaires chargés du contrôle frontalier TRAITÉ DE SCHENGEN (Avila).
- Réunions et conférences du FONDS STRUCTURELS DE L'UE (Madrid).
- Débats du COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN. Politique énergétique de l'UE : les nouvelles perspectives du Traité de Lisbonne (Madrid).
- Ordonnance européenne sur les explosifs. Réunion NEDEX (Madrid).
- Séminaire du CONSEIL SOCIAL ET ÉCONOMIQUE. Stratégie pour la croissance dans une Europe en mutation depuis 2010 (Madrid).
- DG DE L'ÉDUCATION ET DE LA CULTURE. L'internationalisation de l'Éducation supérieure. Un exercice de prévision pour 2020 et au-delà.
- UNIVERSITÉ COMPUTENSE (Madrid).
- II^{ème} SOMMET EUROPÉEN SUR LES ROMS Présidence espagnole de l'UE (Córdoba).
- COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN. Débats sur les instruments financiers socialement responsables (Madrid).
- Réunions sur les limites et potentiels des relations entre l'Union européenne et l'Amérique latine. DÉMOCRATIE ET COOPÉRATION
- FORUM INTERNATIONAL (Madrid).

Exemples de missions d'interprétariat pour l'ONU et pour d'autres organisations internationales

- Réunions de la FAO sur l'agriculture et la pêche (Madrid, La Coruña, Split).
- Débats de l'ONU sur la qualité de la chaîne de production agroalimentaire (La Manga).
- Forum méditerranéen de l'UICN (Malaga).
- Réunions EQUAL transnationales (Murcia).
- OCDE Organisation pour la coopération économique et le développement.
- Comité international olympique CIO.
- CONSEIL DE L'EUROPE.
- Débats sur le TRAITÉ DE L'ANTARCTIQUE.
- OMT Organisation mondiale du tourisme.
- Ambassades BRITANNIQUE, AUSTRALIENNE et INDIENNE

Exemples de missions d'interprétariat dans le secteur de l'ENERGIE

- FONDATION IBERDROLA (Madrid).
- Cours de formation sur le GAZ NATUREL (Madrid et Barcelone).
- Conférences internationales et réunions habituelles du CLUB ESPAGNOL DE L'ÉNERGIE (Madrid).
- Débat inaugural « Politiques sur l'énergie de l'UE : nouvelles perspectives dans le cadre du Traité de Lisbonne » (Madrid).
- Résultats financiers GAMESA (Madrid).
- Changement climatique : la voie vers GAS NATURAL FENOSA 2050 (Madrid).
- Régate AREVA (Valence).

Très bonne expérience en interprétariat dans les domaines suivants :

- Ministères espagnols et gouvernements régionaux
- Droit
- Application de la loi et Services de sécurité
- Affaires et finances

- Agriculture
- Politique
- Médecine, industrie pharmaceutique et domaine de la santé
- Environnement
- Éducation
- Télévision et radio
- Technologies de l'information et communications
- Industrie, Affaires et Commerce
- Syndicats et Emploi
- Beaux-Arts, Musique, Mode et Sport
- Architecture

Une vaste expérience en interprétariat pour les VIP, les PERSONNALITÉS ET CÉLÉBRITÉS, les organisateurs et coordinateurs de conférence, en traduction écrite, etc.

4.2. Melle Violeta Arranz de la Torre (Grenade, Espagne)

DIPLÔMES

- Licence de traduction et d'interprétation de l'Université de Grenade, Espagne. Spécialités : Interprétariat de conférence et traduction juridique et économique (thèmes de spécialisation et thèmes en droit et économie). Projet final de licence avec mention « excellent ». 2001.
- Licence (avec distinction) en Langues appliquées européennes de l'Université de la Thames Valley de Londres, Royaume-Uni. 2001.
- Maîtrise de Langues Etrangères Appliquées de l'Université de Provence à Aix-en-Provence, France. 2001.

FORMATIONS

- Certificat niveau B2. Cracovie, Pologne. Leçons de polonais, Prolog, Cracovie, Pologne. 2008
- Leçons de polonais, Prolog, Cracovie, Pologne. Niveau conversation. (45 h). 2006
- Leçons de polonais, Prolog, Cracovie, Pologne. Niveau conversation. (90 h). 2005
- Leçons de polonais, Prolog, Cracovie, Pologne. Niveau conversation. (130 h). 2003
- Leçons de polonais et civilisation (100 h). Grenade, Espagne. 2001-2002.
- Participation au 1^{er} congrès international sur l'évaluation de la qualité dans l'interprétariat de conférence, Université de Grenade. Almuñécar, Espagne. 2001.
- Diplôme Approfondi de la Langue Française du Ministère de l'Éducation nationale. 1998
- Cambridge Certificate of Proficiency de l'Université de Cambridge. 1995.

LANGUES DE TRAVAIL

- Langue maternelle : espagnol.
- Traduction et interprétation à partir du : français, anglais, espagnol et polonais
- Interprétation supplémentaire en : espagnol, anglais et français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE EN INTERPRÉTATION DE CONFÉRENCE

Depuis 2001 : interprétation simultanée et consécutive à plusieurs conférences et réunions internationales (plus de 80 missions par an) :

- Organisations internationales : Commission générale de la pêche en Méditerranée de la FAO, Comité des régions, UICN, INTERPOL.
- Politique de haut niveau : interprète personnelle pour le 3^{ème} Vice-président du gouvernement espagnol, M. Chaves, durant la présidence espagnole de L'UE.
- Dialogue social européen et Projets : Pêches, aviation civile, EQUAL, INTERREG.
- Nature et environnement : UICN, MedPan, IUCN, MedPan, PNUE
- Programme et atelier de la CDB (Convention sur la Diversité Biologique) pour décrire des EBSA (Zones marines significatives sur le plan écologique et biologique), gestion intégrée des zones côtières, gestion des aquifères, parcs naturels, changements climatiques, prairies sous-marines.
- Formation au pilotage : hélicoptère EC-145 C-2 d'Airbus.
- Droit : 13^{ème} Conférence internationale sur le droit international sur la biodiversité.
- Réunions d'affaires : Accenture CIO, Abener, Acciona.
- Réunions techniques : Ciatesa, traitement des eaux usées, ingénierie pour les trains à grande vitesse.
- Médecine : physiothérapie, coloscopie pour néoplasie colorectale, pédiatrie, chirurgie prothétique
- Énergie : Formation sur le thermosolaire et photovoltaïque, projet Soleflex.
- Sports : Comité international des Jeux Olympiques de la Méditerranée, trekking.
- Psychologie : Congrès européen de Psychologie, médiation, autisme.

TRADUCTION EN TANT QUE PRESTATAIRE INDÉPENDANTE

- Depuis 2001 : traductions juridiques, économiques, techniques, scientifiques et assermentées pour différentes entreprises espagnoles et internationales (Inboca SL, Azafatas Alhambra SL, SL TI SWIFT, Word Works SL, Armaris Traduction SARL, Merrill Brink internationales, RR Donnelley).

DOMAINES DE SPÉCIALISATION

- Protection de l'environnement et des aires protégées : projet MAIA (documents de travail, site internet), prairies marines, aires marines protégées, parcs naturels.
- Documents juridiques, financiers et économiques, politiques d'entreprise et traductions assermentées : acte et statuts de constitution ; dossiers de procès ; jugement ; contrats ; documents académiques ; certificats ; procurations ; casiers judiciaires ; certificats de naissance et de décès ; règlements et procédures internes, états financiers (fonds d'investissement M&G, placements Fidelity).
- Médecine : informations thérapeutiques (lymphœdème, stents de la carotide) ; documents sur les instruments médicaux (Amsco Century, Radionics) ; notices médicamenteuses (Viagra) ; études de validation (Kedrion) ; interprétation à des congrès sur la thérapie physique, la chirurgie crânienne et les infections respiratoires.
- Documents de l'UE : documents, ébauches de projet, rapports et questionnaires.
- Traduction littéraire : catalogues de musées, biographies.

TRADUCTION EN INTERNE

- Traductrice-analyste chez Area25 Informática y Telecomunicaciones S.Coop.And. Grenade, Espagne. (traduction des sites Internet et des interfaces), 2002-2003.

- Traducteur junior stagiaire chez Armaris Traduction, agence de traduction. Toulon, (France), 1999.



Fig. 23. Salle de cours avec cabine d'interprétation de l'anglais vers le français

5. PARTICIPANTS

Les 19 personnes suivantes (dont 6 de pays du MENA) ont assisté et participé activement au cours.

Algérie	
M. Abdelaziz Lardjoun Ministère des Ressources en Eau Potable Sous-Directeur Tél. +213 771 11 20 79, +213 663 707 797 azizlardjoun@yahoo.fr a_lardjoun@mre.dz	M. Nacer Riad Bendaoud Association Écologique de Boumerdes Président Tél. +213 771 59 43 53, +213 550 88 80 53 rmb_algerie@yahoo.fr
M. Nasser Eddine Chekired ADE (Algérienne des Eaux) Chef de Département Tél. +213 770 89 35 02 nchekired@yahoo.fr	Mme Hanane Abu-Rideh Centre de l'Énergie Renouvelable Tél. +213 555 72 57 28 h_aburideh@yahoo.fr
Jordanie	
M. Tal'at Al Dabbas Ministère de l'environnement Directeur de Balqaa Tél. +962 65 56 01 13, +962 799 53 49 01 talataldabbas@hotmail.com	M. Ibrahim Alshakhanbeh Ministère des eaux et de l'irrigation Ingénieur, chef de projet Tél. +962 772 47 79 24 ibrahim_alshakhanbeh@MWI.gov.jo alshakhanbeh@hotmail.com
M. Mohammed Aldwairi Ministère de l'Eau et de l'Irrigation Ingénieur, chef de projet	M. Mehyar Munqeth Eco Peace/foEME Président

Tél. +962 795 22 80 44 mohammad.aldwairi@mwi.gov.jo Mohammad778@gmail.com	Tél. +962 65 86 66 03, +962 79 55 44 84 77 munqeth@foeme.org
Liban	
M. Nizar Abou Darwich Ministère de l'Énergie et de l'Eau Responsable du service de l'équipement électrique Tél. +961 156 50 75, +961 323 31 35 nizaraboudarwich@hotmail.com	M. Imad Menhem Ministère de l'Énergie et de l'Eau Ingénieur Tél. +961 156 74 12 i_menhem@hotmail.com
Melle Sabine Ghosn Ministère de l'Environnement Experte Environnement Tél. +961 197 65 55 (ext 519) s.ghosn@moe.gov.lb	
Maroc	
M. Abderraouf Benabou Direction de l'Électricité et de l'Énergie renouvelable, Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Responsable, Division de l'électricité et du développement rural Tél. +212 537 68 87 69, +212 641 99 38 74 a.benabou@mem.gov.ma	Melle Siham Laraichi Ministère délégué du Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargée de l'Eau Ingénieur d'Etat Tél. +212 537 77 86 90, +212 675 53 34 95 siham.laraichi@gmail.com laraichi@water.gov.ma
Palestine	
M. Rebhy El Sheikh Autorité palestinienne de l'eau Chef Adjoint Tél. +972 82 82 74 09, +972 599 26 71 03 relsheikh@pwa-gpmu.org	M. Hussein Alnabih Autorité palestinienne de l'énergie Directeur Général – Énergie et Electricité Tél. +970 22 98 61 91, +970 599 73 35 20 h_alnabih@hotmail.com husseinnabih@gmail.com
M. Sadi Ali Autorité palestinienne de l'eau Tél. +972 82 82 74 09	
Tunisie	
M. Abderrahman Ouasli Ministère de L'Agriculture Bureau de la Planification et des Équilibres Tél. +216 71 78 12 47, +216 98 64 55 08 waslyab@yahoo.fr	M. Ferid Skiker Ministère de L'Agriculture Chef de Service de la Production Tél. +216 58 30 51 73, +216 98 31 73 29 skiker.ferid@voila.fr

Melle Awatef Messai Ministère du Changement d'Environnement Ingénieure en chef Tél. +216 70 72 86 44, +216 91 66 62 06 awatef.messai@yahoo.fr	
--	--

6. ACTIVITÉS SOCIALES

Les frais d'inscription incluait tous les frais d'hébergement, de restauration, de transport et de visite depuis l'arrivée du participant à l'hôtel prévu pour l'événement (Hôtel Tryp Indalo Almería). Le cours intensif a été complété par un nombre important d'événements sociaux qui permettaient aux personnes de faire connaissance (aussi bien les participants entre eux que les participants avec les professeurs). Hormis le jour de l'arrivée et les derniers jours (juste avant le départ), les deux dîners de détente ont été programmés en dehors de l'hôtel. L'un de ces deux dîners a eu lieu dans un restaurant à tapas typiquement andalou, situé à une courte distance de l'hôtel et, le second, dans un restaurant de fruits de mer en bord de mer (dans ce cas-là, le transport a eu lieu en bus).



Fig. 24. Photos des deux dîners en extérieur

Tous les déjeuners ont été organisés à l'hôtel afin de gagner du temps pour la suite du cours. La seule exception a été le dernier jour en raison de la visite à PSA (situé à Tabernas, à environ 35 km d'Almería). Après la visite technique et de travail, le groupe est allé déjeuner dans un restaurant connu à proximité, où les certificats de participation ont été distribués aux participants.



Fig. 25. Remise des certificats de participation (dernier repas dans le village de Tabernas)

Une fois de retour de la visite, les professeurs ont fait leurs adieux. Le reste de l'après-midi a été mis à profit pour essayer de virer l'argent aux participants (malheureusement, tous ne l'ont pas obtenu.).



Fig. 26. Dernière photo de groupe avec Mme Miriam Balaban dans le hall de l'hôtel

7. CONCLUSION. CONNAISSANCES ET MATÉRIELS ACQUIS

À la fin du cours tous les participants ont reçu les informations suivantes :

- Une analyse complète de la situation technologique actuelle (composants principaux et caractéristiques de performance) et du développement mondial de toutes les technologies en énergie solaire pour la production d'énergie (photovoltaïque et CSP).
- Un examen complet de la situation technologique actuelle et du développement dans le monde entier des technologies solaires pour la collecte de l'énergie thermique et sa fourniture dans toute la gamme de températures :
 - Capteurs plats (basse température)
 - Récepteurs cylindro-paraboliques et capteurs linéaires de Fresnel (température moyenne)
 - Tours solaires (capteur central) (haute température)

- Une analyse complète des technologies de dessalement, conventionnelles et innovantes, adaptées au couplage à l'énergie solaire.
- Une analyse complète des coûts d'approvisionnement en électricité/énergie et de production de l'eau dans le cadre de la mise en œuvre des technologies conventionnelles et des technologies énergétiques solaires.

À l'issue du cours, on considère que les participants peuvent comprendre :

- Comment le stockage thermique peut convertir l'énergie solaire incontrôlable en une énergie totalement fiable, continue et distribuable.
- Pourquoi la puissance nominale installée ne devrait jamais être utilisée pour comparer différentes installations d'énergie renouvelable.
- Pourquoi, malgré la forte réduction des coûts de l'énergie photovoltaïque, cette technologie ne peut pas résoudre tous les problèmes lorsqu'il s'agit de dessalement solaire.
- Toutes les raisons et les arguments qui justifient le besoin de développer des technologies de dessalement solaire adaptées et rentables.

Et enfin, on considère aussi que les participants peuvent apprendre (ou ils peuvent le faire aisément à l'aide des matériels fournis) :

- Comment concevoir et évaluer les performances des champs de capteurs solaires statiques pour fournir de la chaleur à basse température pour les technologies particulières de dessalement thermique.
- Comment calculer et concevoir des champs de capteurs cylindro-paraboliques solaires pour fournir de la chaleur aux procédés de dessalement thermique DEM ou MSF.
- Comment concevoir et mesurer des champs solaires photovoltaïques pour les applications de dessalement d'eau de mer par osmose inverse.
- Comment choisir une technologie parmi les différentes technologies photovoltaïques pour des projets particuliers.
- Comment évaluer le coût de l'eau des différents procédés de dessalement lorsqu'ils sont impulsés par l'énergie solaire.