



AMPHISALINES : le patrimoine intégré des eaux côtières, un potentiel de bassins et d'étangs solaires dans les territoires littoraux pour un développement durable sous climat méditerranéen

Jean-Louis PACITTO¹

1. Architecte DPLG Urbaniste, Président du GIS AMPHIBIA, Société d'architecture et d'urbanisme R et D et R et I en aménagement de l'espace et des territoires, 2111 Route de Nice, 83400 Hyères, France. jlpacitto@gmail.com

Résumé :

La nature des espaces aquatiques côtiers (étangs, lagunes, douces ou saumâtres, sebkhas, chotts et salines en friches ou en activité) et le développement des étangs solaires, conciliant durabilité environnementale et faisabilité économique dans une vision intégrée des espaces côtiers méditerranéens, ont été présentés dans plusieurs publications. Des applications d'étangs solaires ont déjà été réalisées en Israël, en Inde (RAMAKRISHNA & PANDEY, 2002), au Texas, en Australie, etc.. Le degré de maturité de la technologie a donc évolué du niveau "concept méthodologique de base" à celui de technologies de "composants ayant été testés en laboratoire ou à terre" (SABETTA *et al.*, 1985 ; KISHORE *et al.*, 1986 ; HUSEYIN *et al.*, 2005). Le prochain objectif sera d'atteindre le niveau "démonstration de modèles ou prototypes" entre terre et mer et insulaires dans le cadre d'opérations pilotes de valorisation multifonctionnelle de potentiels locaux (ressources naturelles et climatiques (soleil, vent, eau de mer, marées,...) et géologiques (étangs, sebkhas, chotts,..), et de traces d'activités économiques patrimoniales (salines, vestiges d'équipements de protection et d'aménagements côtiers, ...). Il s'agit ici de l'hybridation de ces potentiels à différentes échelles : caractère inépuisable des ressources (eau de mer et énergie solaire), phénomènes physiques (stratification naturelle des densités de salinité, intermittence des submersions,...) pour un développement de technologies "vertes" concourant à l'autonomie par des aménagements durables et intégrés sur le plan paysager, et pouvant donc présenter un caractère d'exemplarité, y compris pour les aménagements côtiers continentaux, et au-delà, insulaires et marins : exploitation des étangs ou dépressions géologiques (telles les sebkhas d'Abu Dhabi, FARES & FADHIL, 2005) adaptées sous forme de "bassins solaires", réaffectation partielle des salinières en friches ou en reconversion (salines de Sfax en Tunisie, GIS AMPHIBIA, 2011).

Mots-clés :

Etangs solaires à gradient de salinité – Stockage thermique solaire – Production électricité – Cycle Rankine – Production eau douce – Aquaculture – Changement climatique

1. Résumé du projet d'expérimentations

Il s'agit d'introduire ici la pratique expérimentale d'outils d'aménagement à gradient de salinité à l'occasion de projets côtiers durables de restructuration des espaces et de revalorisation par un process multifonctionnel. Ces projets serviront d'exemples pour l'aménagement de sites en fin d'activité ou en friches dans la mesure où ils présenteraient des conditions favorables (situation, profondeur, état des installations de protection et d'alimentation des équipements et bassins en place,..). Par rapport à des bassins qu'il faudrait créer ex nihilo, ils présentent l'avantage d'exister et leur valorisation, moins coûteuse donc, serait parfaitement possible (cf Universités El Paso, Ancona, Melbourne, ...).

Ces pratiques environnementales intégrées de projets côtiers et insulaires ouvrent des horizons de coopération pour la Méditerranée toute entière et au-delà (GIS AMPHIBIA, 2011).

Ces projets participent également d'une forme de reconquête territoriale et culturelle de zones dites "humides" à restaurer écologiquement par restructuration des espaces aménagés ou abandonnés et pollués par l'homme. Démontrer la durabilité environnementale et la faisabilité économique d'un concept intégré d'aménagement c'est aussi s'intéresser à la protection et à la défense, sinon à la réhabilitation et la restauration d'espaces affectés par le recul du trait côtier face au changement climatique (digues), et à l'avancée du biseau salé (nappes phréatiques).

On observe que l'ensemble des littoraux méditerranéens est particulièrement concerné par ces phénomènes, et donc ce sujet ouvre résolument à la coopération.

2. Objectifs et finalités du projet

L'introduction de technologies innovantes liées à la maîtrise de gradients de salinité (sur la base de recherches déjà riches en perspectives de développement et d'applications durables (PACITTO & JACQUEMIN, 2009), mis en cohérence de façon quasiment biomimétique avec les dynamiques environnementales et les processus productifs "naturels" assurant la biodiversité insulaire, y compris sur les lieux d'accueil traditionnels de l'exploitation salinière solaire (double tombolo de Hyères en France), offre de très grandes ouvertures de reproductibilité dans l'aménagement des territoires côtiers, continentaux et insulaires, sur l'ensemble du bassin méditerranéen.

3. Résumé des retombées économiques, industrielles, technologiques et scientifiques attendues

La chaleur solaire peut générer une électricité "verte", lutter contre l'avancée du biseau salé, -sinon arrêter sa propagation-, de la biomasse (algues), du carburant éthanol (STEPHEN *et al.*, 2003), lequel, produit depuis la biomasse, donne un carburant "vert" alternatif au pétrole.

Si la cogénération d'électricité et la désalinisation de l'eau est un principe bien accepté dans de nombreux pays, cette approche doit être prolongée pour optimiser la récupération des métaux depuis les sous-produits de la production de saumure. Le modèle de traitement des déchets doit être modifié afin de réaliser cet objectif, et la meilleure façon d'atteindre cet objectif est d'adapter la recherche théorique sur la récupération des ressources du saumure au pilotage du process, intégré à la production de l'eau potable, et, idéalement liée au principe de cogénération. La réalisation à l'échelle d'un domaine d'applications, serait en effet le symbole de la prise de conscience écologique de l'industrie du dessalement, ainsi qu'une contribution positive (à ce qui est maintenant un "surcoût") au problème de l'"élimination" des effluents salins. Un aperçu de certains travaux de recherche appliquée et d'expérimentations à petite échelle dans ce domaine dans différents pays donne une indication des avantages potentiels de cette approche. Il ne fait aucun doute que ces concepts, individuellement, ont été très approfondis (OUMI *et al.*, 2003 ; ANDREW *et al.*, 2000). Le défi consiste maintenant à lier le traitement des eaux salines, avec la production d'électricité, le dessalement, l'aquaculture, la production d'artemia, la concentration des saumures et la récupération des ressources minérales, comme un véritable système intégré. Etant donné la forte augmentation de la capacité des installations de dessalement prévues au cours des années à venir, il y a une urgence en matière de recherche développement sur la façon dont il convient de réaliser une meilleure intégration des différents processus, et en améliorer l'intelligence et l'efficacité globale.

4. Étangs solaires et friches salinières

Le système solaire de production industrielle de chaleur d'un étang est un encore système innovateur (même si des pionniers ont essaimé aux quatre coins du monde, les étangs solaires n'étant en théorie qu'une des déclinaisons du système ETM promu par Georges Claude en 1930), efficace en termes de coût, permettant la capture et le stockage de l'énergie solaire pour de multiples applications (RAMAKRISHNA & PANDEY, 2002 ; KISHORE *et al.*, 1986). Commercialiser une telle énergie renouvelable, qui tendrait à réduire la dépendance littorale sur les combustibles fossiles tout en stimulant la prospérité économique, nécessiterait un projet intégré de démonstration de dimension régionale méditerranéenne.

De l'expérimentation sur des sites exemplaires pourra naître un consortium inter-régional, transfrontalier, réunissant des partenaires des rives Sud et Nord de la Méditerranée (Universités, PMI/PME, Grands groupes, sociétés salinières, Collectivités territoriales) à même de mener un tel projet de RDI en utilisant des étangs solaires situés dans des contextes urbains littoraux différents, à partir d'anciennes salines ou de dépressions côtières (par exemple pour enrichir le projet durable de Sebkhah Tah au Maroc), îles comprises, pour capturer et stocker l'énergie solaire en utilisant l'eau des étangs, dont les températures peuvent atteindre jusqu'à 80/90°C. Un tel consortium

*La connaissance de la Mer :
un vecteur du développement durable en Méditerranée*

devrait pouvoir intégrer la chaleur des étangs non seulement dans le processus courant de la production du sel et de ses produits dérivés, mais aussi pour l'aquaculture, par exemple pour la production de crevettes de saumure pour l'alimentation.

L'installation d'étangs solaires permettrait la production de produits dérivés du sel à des coûts compétitifs et pour des usages liés à l'exploitation du tourisme (comme le domaine de la santé).

Les technologies solaires relatives au gradient de salinité permettraient de nombreuses valorisations : Energie pour actionner des unités de dessalement ; production d'eau douce pour les réseaux municipaux ; réceptacle de l'énergie produisant des déchets de saumures, concentration de la saumure ; source d'énergie supplémentaire pour pic de production d'énergie électrique ; alimentation de base pour destinations lointaines ; processus de chaleur pour la production de produits chimiques, de produits alimentaires, de textiles et autres produits industriels; chaleur basse température pour serres horticoles et agricoles en toutes saisons, bâtiments d'élevage; lieu de chauffage et de refroidissement des systèmes d'absorption ; applications d'aquaculture basse température ; surface d'eau de nettoyage : flux de retour d'irrigation, eaux usées salées, dessalement de rivière ou de fleuve ; systèmes de stockage d'énergie thermique dans les zones où la saumure est disponible pour créer des étangs et de l'énergie thermique : tours de refroidissement des systèmes de purge des centrales électriques ; systèmes de cogénération ; et d'autres applications à explorer en lien avec des développements littoraux liés au tourisme et à la santé, à la sécurité incendie (lutte feux de forêt,..)...

5. Innovation : concept/outils

Pour accompagner le changement de paradigme méditerranéen: après l'or blanc (le sel obtenu grâce à l'énergie solaire par évaporation de l'eau de mer), l'or bleu (l'eau douce obtenue par dessalement énergivore émetteur de GES), il s'agit ici d'introduire un concept innovant de mises en intelligence territoriale d'outils technologiques "verts" : des espaces de stockage thermique de type "étangs ou bassins solaires à gradient de salinité", suivant des recherches technologiques méritant des applications expérimentales in situ.

Ainsi cette exemplarité, toujours basée sur la richesse "salinière solaire", pourrait donner le signal d'un nouvel élan et d'une vocation renforcée pour des "productions salinières" nouvelle génération en Méditerranée, grâce à ce nouveau lien "naturel" fortement valorisé "entre eau et énergie" du fait de l'expérimentation et de l'exploitation sur son territoire de processus physiques (repérés par IFREMER dans les années 70), pour des productions renouvelables et un développement durable sur les espaces littoraux méditerranéens.

Des recherches pour "immerger" une grande partie des équipements techniques nécessaires au process ont été menées dans les laboratoires d'une Université partenaire de ce projet et permettront, contrairement à d'autres procédés plus "aériens", aux

"nouveaux paysages salicoles" ainsi créés de s'identifier au mieux à l'environnement patrimonial de type lagunaire et salinier existant.

Il en sera de même pour les bassins solaires qui pourraient être programmés sur les îles.

6. Résumé du contexte, valorisation.

Des étangs solaires ont déjà été installés, avec au moins 60 systèmes expérimentaux qui étaient construits à travers le monde, principalement visant la fourniture de chaleur à l'agriculture et à l'industrie. Il n'y a pas encore eu d'applications économiques ou environnementales de l'énergie solaire des étangs sur les rives Nord et Sud de la Méditerranée, ni sur les friches salinières, mais les technologies sont prêtes. En tant que concept, des friches salinières reconverties en étangs solaires seront d'autant plus attractives que le coût de leur construction et de leur maintenance sera très amoindri par rapport à l'augmentation des coûts de l'énergie conventionnelle, et qu'en tant que source et outil démultiplicateur de productions diversifiées, ce concept pourra être intégré à des opérations cohérentes d'aménagement durable du littoral.

En outre les étangs solaires offrent une forme d'énergie renouvelable qui est de plus en plus attrayante dans la mesure où les pays cherchent désormais à réduire les émissions de gaz à effet de serre. On s'attachera à estimer ce que la technologie est capable d'offrir dans une large gamme d'avantages sur de nombreuses régions littorales, notamment méditerranéennes, pour des applications éco-technologiques à échelle industrielle en milieu rural et périurbain littoral.

7. Insertion dans le contexte international

Sur le plan international de très nombreux sites côtiers, îles comprises, sont ou seront concernés par les expérimentations sur ce thème, notamment en matière d'autonomie pour la production d'énergie et celle d'eau douce. L'exemplarité pourra s'étendre à tout le linéaire côtier (GIS AMPHIBIA, 2011).

Certaines projections (universités australiennes et américaines) indiquent que le développement de la commercialisation de l'énergie solaire à partir des étangs salés des zones littorales et para-littorales (lacs salés australiens, texans, ...) permettrait de réduire très sensiblement les émissions de gaz à effet de serre et générerait des milliers de GWh par an d'électricité "verte".

Au niveau international, sur l'ensemble des littoraux, les économies seraient donc très importantes. Dans le même temps, les agriculteurs touchés par le biseau salé incorporant le solaire, les étangs seraient en mesure d'apporter de nouvelles "terres fertiles" pour une utilisation productive, énergétique et biologique, en cohérence et en complémentarité avec les espaces restaurés pour la protection de la biodiversité.

Nota : Ce sujet relatif à l'exemplarité d'une gestion intégrée de l'eau en région côtière sera porté au crédit de la politique menée par les municipalités concernées dans un rapport d'étape qui fera l'objet d'une communication au Forum mondial de l'Eau de mars 2012 à Marseille.

8. Références bibliographiques

PACITTO J.L., JACQUEMIN O. (2009). *AMPHISOLAR. Les salines, entre eau et énergie, de nouvelles "Routes du sel" pour l'Union de la Méditerranée*. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Hammamet, Tunisie, pp 323-326. doi:10.5150/cmcm.2009.079-4

SABETTA F., PACETTI M., PRINCIPI P. (1985). *An internal heat extraction system for solar Ponds*. Solar Energy. Vol.34 n° 4/5, pp 297-302. doi:10.1016/0038-092X(85)90042-8

FARES M.H., FADHIL N.S. (2005). *Assessment of water bodies and lagoons of coastal sabkhas of Abu Dhabi as potential sites for naturel salinity-gradient solar pond (SGSP)*. International Conference on Energy, Environment and Disasters (INCEED), Charlotte, USA.

GIS AMPHIBIA (Groupement d'intérêt scientifique PACITTO J.-L.) (2011). *GRADIENTS. Pour un réseau transfrontalier de pôles d'expérimentation d'une GIZC porteuse d'innovation et d'éco-stratégies grâce au patrimoine territorial et paysager de leurs eaux côtières (Egypte, Espagne, France, Grèce, Italie, Malte, Portugal, Tunisie)*. Priorité 1 Thème 3 Gestion intégrée des zones côtières, Programme IEVP CT Bassin Maritime Méditerranée, Projets stratégiques.

OUMI M., GUIWANI A., BELGHITH A. (2003). *Simulation of the control of a salt gradient Solar pond in the south of Tunisia*. Solar Energy. Vol 75, Issue 2, pp 95-101.

STEPHEN L., DIP A.S., DIP R. (2003). *The solar salt heat gradient pond with biomass for ethanol production as means to remediat salt-affected agricultural land*. Lucks S.F. pp 1-6.

RAMAKRISHNA G.R.M., PANDEY K.P. (2002). *Scope of fertiliser solar ponds in Indian agriculture*, Solar Energy, Vol 27, Issue 2, pp 117-126.

KISHORE V.V.N., GUINDHI M.R., RAO K.S. (1986). *Experimental and analytical studies of solar ponds systems with continuous heat extraction*. Solar Energy. Vol. 36, n° 3, pp 245-256. doi:10.1016/0038-092X(86)90140-4

HUSEYIN K., MEHMET O.A., KOHAN B., MARINA E.B., KARABUK T.E.F. (2005). *The theoretical and experimental investigation of temperature and salinity gradient in salt gradient solar ponds*. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Vol: 20, n° 1, pp 125-135.

ANDREW D.C., JEFFREY D.S., SIMON J.R., MARVIN D.S. (2000). *A model for simulating the performance of solar pond as supplemental heat rejecter with closed-loop ground-source heat pump systems*. American society of heating. Vol. 106, part 2, pp 107-121.