



HAL
open science

Essais sur la production de l'hydrogène solaire par électrolyse de l'eau

Romdhane Ben Slama

► **To cite this version:**

Romdhane Ben Slama. Essais sur la production de l'hydrogène solaire par électrolyse de l'eau. JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00164392

HAL Id: hal-00164392

<https://hal.science/hal-00164392>

Submitted on 29 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ESSAIS SUR LA PRODUCTION DE L'HYDROGENE SOLAIRE PAR ELECTROLYSE DE L'EAU

Romdhane BEN SLAMA

Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de Gabès.

Route de Médenine 6029 GABES

Romdhane.benslama@issatgb.rnu.tn

Résumé : L'intérêt accru aux combustibles nécessite la diversification de leur approvisionnement, et ce, surtout à une époque où le prix du baril a doublé en trois ans pour atteindre un record de 75 \$/baril. Ce papier présente un début de travail sur la production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau. Le courant nécessaire est fourni par un module photovoltaïque. Les expériences ont permis de déterminer les paramètres à optimiser pour des meilleures performances : il s'agit de la salinité de la solution, la tension et le courant d'alimentation, le type de montage série ou parallèle.

Mots clés : Hydrogène – électrolyse – photovoltaïque.

1. INTRODUCTION

L'hydrogène est le combustible du futur. Sa production est actuellement assurée principalement par reformage du gaz naturel [1]. L'électrolyse de l'eau est bien connue, mais elle ne peut être rentable sur le plan économique que si l'électricité nécessaire est d'origine renouvelable (solaire, éolien...) [2]. Certains envisagent aussi sa production grâce à l'électricité nucléaire durant les heures creuses; c'est donc une sorte de stockage de l'énergie. Quant à son usage, il peut être soit comme combustible pour les moteurs thermiques, soit pour produire l'électricité par les piles à combustible [3]. Ces derniers auront un rôle à jouer dans les transports futurs suite à l'épuisement du pétrole.

2. DESCRIPTION DE LA MAQUETTE

Elle comprend un ou plusieurs électrolyseurs montés en série ou en parallèle, un générateur photovoltaïque ainsi que voltmètre et ampèremètre.

2.1. L'électrolyseur

Dans nos essais, l'électrolyseur est relié directement au module photovoltaïque dont la tension est d'environ 18 V. Cependant, on peut monter plusieurs électrolyseurs en série ou en parallèle. La tension minimale de dissociation de l'hydrogène de l'oxygène dans la molécule d'eau est de 1,18 à 1,23 V. On de l'eau avec une salinité allant jusqu'à 200 g/l pour que la solution devienne bien conductrice. Les électrodes sont en graphite durant les essais. Les gaz générés (hydrogène et oxygène) sont récupérés dans des tubes à essais de volume 47 cm³.

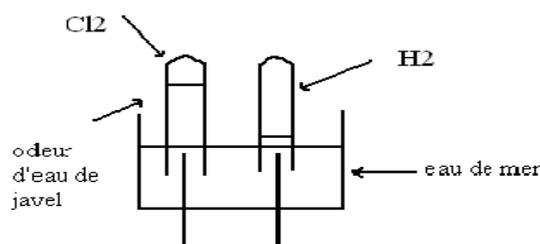


Figure1 : Schéma de l'électrolyseur

A la cathode (borne négative), se produit une réaction de réduction; de l'hydrogène est recueilli selon la réaction suivante: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{H}^-$

A l'anode (borne positive), se produit plutôt une réaction d'oxydation; de l'oxygène est recueilli selon la réaction suivante: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{e} + 4 \text{H}^+$

Dans le cas d'une solution salée, du chlore est récupéré au niveau de l'anode en même temps que l'oxygène (son odeur et sa couleur en sont très caractéristiques).

2.2. Module photovoltaïque

Il est constitué de 36 cellules en silicium polycristallin, débitant un courant nominal de 3,4 A sous une tension nominale de 16,2 V.

Quand le courant demandé est trop élevé, la tension délivrée par le module diminue comme le montre la courbe caractéristique mesurée suivante :

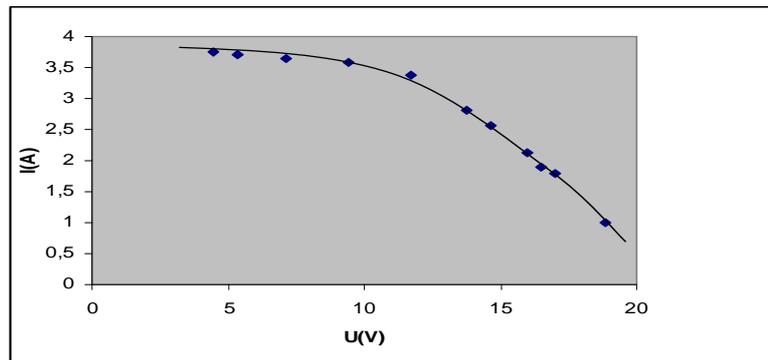


Figure 2 : Courbe caractéristique du module photovoltaïque.

2.3. Paramètres de calcul

- Débit volumique d'hydrogène : $Q=V/t$

V: volume du tube à essai = 47 cm³. t: temps de remplissage du tube (s).

- Puissance absorbée par l'électrolyseur : $P_a = U \cdot I$
- Puissance utile de l'électrolyseur : $P_u = PCI \cdot Q \cdot \rho$

Avec PCI : le Pouvoir Calorifique Inférieur de l'hydrogène (199.910⁶ J/Kg)

ρ : étant le masse volumique de l'hydrogène (0.09 Kg/m³)

- Energie électrique consommée : $W = P_a \cdot t$ en (J)

- Rendement utile : $\eta_U = PCI \cdot \frac{V}{P_{ab} \cdot t} \cdot \rho$

- Rendement solaire : $\eta_{solaire} = PCI \cdot \rho \cdot \frac{V}{P_{générateur} \cdot t}$

Avec la puissance du générateur : $P_{générateur} = U_{nom} \cdot I_{nom} = 15 \cdot 3,4 = 51 \text{ W}$

Energie consommée par unité de volume : $W/V = P_{ab} \cdot t / V = P_{ab}/Q$ (J/cm³)

$W/V = P_{ab} \cdot t \cdot 22,4 / V$ (kJ/mol)

Avec: Pen Watts, t en seconde et V en cm³.

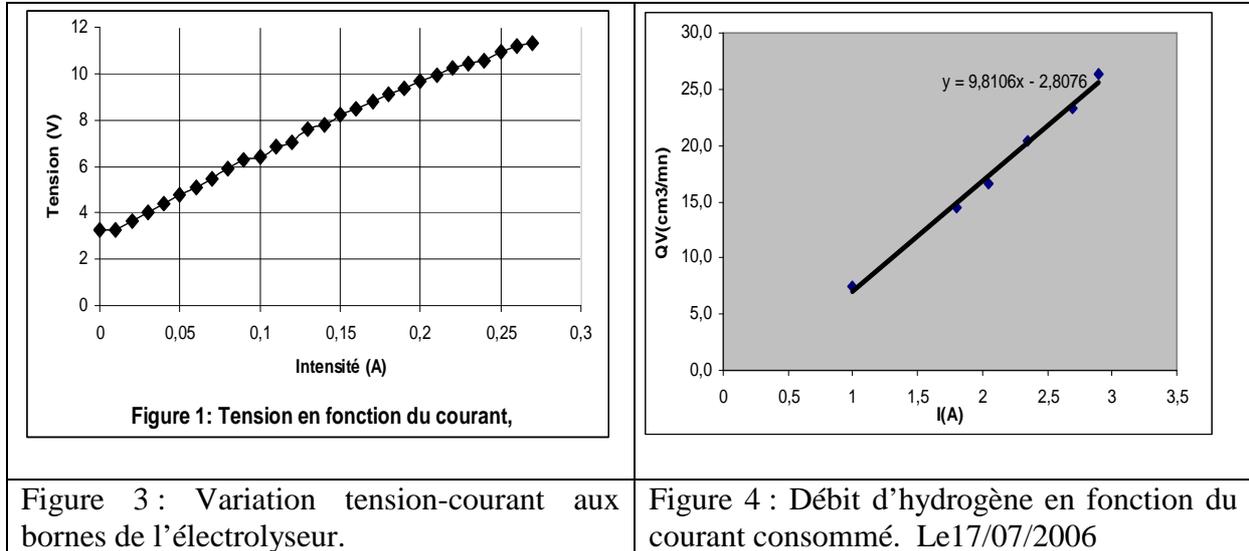
3. ESSAIS D'ELECTROLYSE ET RESULTATS

Le montage comprend le panneau photovoltaïque, l'électrolyseur, l'ampèremètre et le voltmètre.

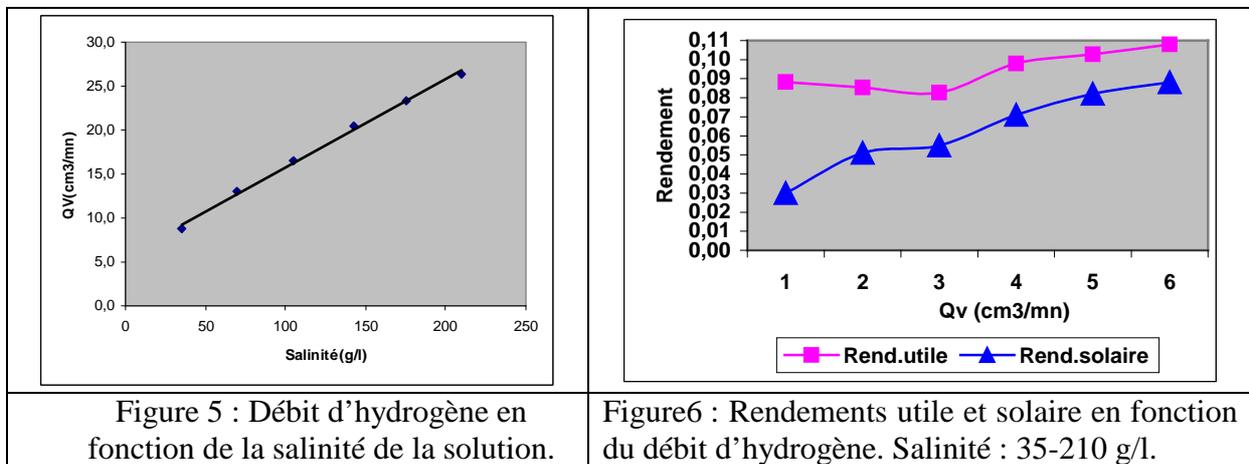
3.1. Un seul électrolyseur

Un électrolyseur consomme un courant qui dépend de la tension à ses bornes comme le montre la fig 4 effectuée à l'aide d'un générateur de tension au laboratoire.

On observe qu'à 3 Volt, l'électrolyse débute avec une consommation électrique croissante. De même pour un électrolyseur, le débit d'hydrogène est directement proportionnel au courant, et donc à la tension entre ses bornes (fig.4).



La figure 5 montre l'influence positive de la salinité sur le débit d'hydrogène produit suite à l'amélioration de la conductivité dans la solution. Le rendement est fonction du débit d'hydrogène produit, mais la figure 6 montre qu'il est au mieux égale à 10 %.



Par les montages série et parallèle, voyons si l'on peut améliorer les performances de l'électrolyse solaire c'est-à-dire le débit d'hydrogène produit et le rendement de la conversion.

3.2. Montage série

Pour la figure 7, la chute du débit quand le nombre d'électrolyseurs augmente est due à ce que la source de courant est un module photovoltaïque qui délivre un courant qui n'est pas constant mais qui dépend de la tension selon une courbe caractéristique (fig.2). Et, comme le montage des électrolyseurs est en série, la tension aux bornes de chacun d'eux correspond à celle du module divisée par leur nombre. La courbe de la figure 8 se présente à l'opposé de la précédente. Comme, quand le nombre d'électrolyseurs augmente, la tension aux bornes diminue, il s'en suit que la puissance consommée diminue et ainsi le rendement utile va

augmenter. Le fait de placer les électrolyseurs en série n'est en somme pas intéressant car le débit chute comme le montre la figure 7.

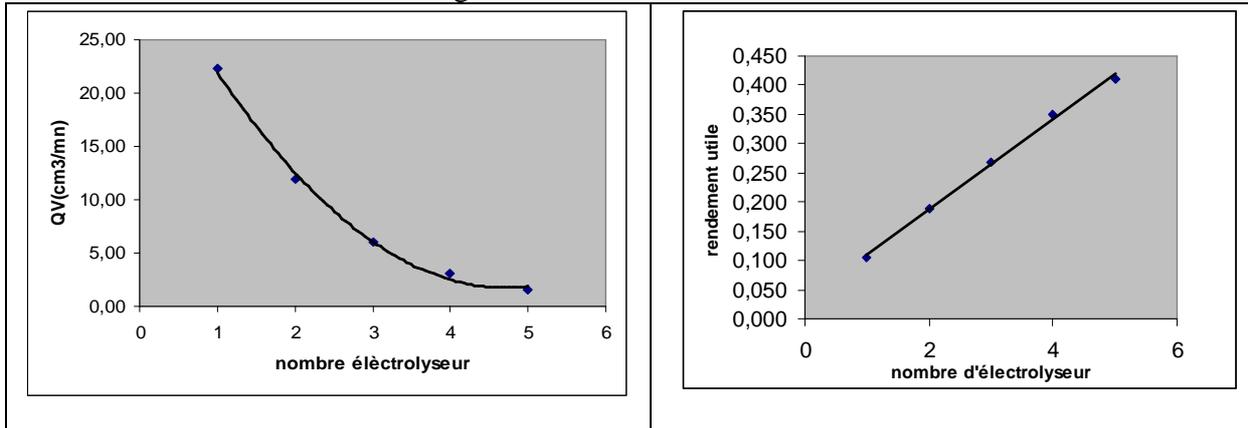


Figure 7 : Variation du débit d'hydrogène en fonction du nombre d'électrolyseurs montés en série. Salinité (200g). Le 24/7/06.

Figure 8 : Rendement utile en fonction du nombre d'électrolyseurs. Salinité (200g/l). Montage en série. Le 24/7/06.

La figure 9 montre l'évolution du rendement solaire, calculé sur la base de la puissance nominale délivrée par le module photovoltaïque, ce qui paraît plus réaliste que le rendement utile. La variation de ce rendement est comme celle du débit: donc inutile d'augmenter le nombre d'électrolyseurs en série. En fonction du nombre d'électrolyseurs, l'énergie dépensée par unité de volume diminue (fig.10).

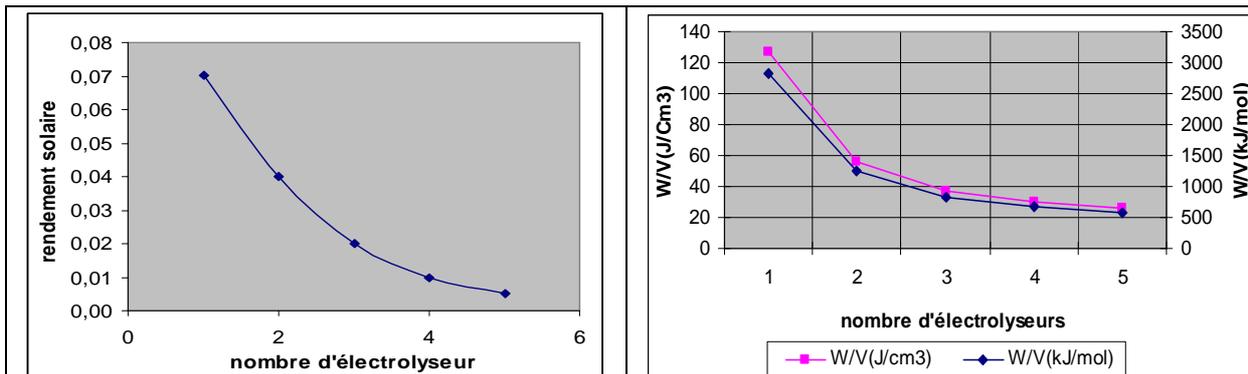


Figure 9 : Rendement solaire en fonction du nombre d'électrolyseurs. Salinité (200g/l).

Figure 10 : Energie consommée par unité de volume. Salinité (200g/l). Le 24/07/06

3.3. Montage parallèle des électrolyseurs

Les électrolyseurs montés en parallèle sont alimentés par le courant d'origine photovoltaïque. C'est l'eau de mer qui a été utilisé lors de ce montage. Contrairement au montage série, ici le rendement utile reste constant et le rendement solaire augmente car la tension reste constante dans un montage parallèle ce qui favorise l'électrolyse de l'eau, et donc la production d'hydrogène ; le débit se multiplie par le nombre d'électrolyseurs.

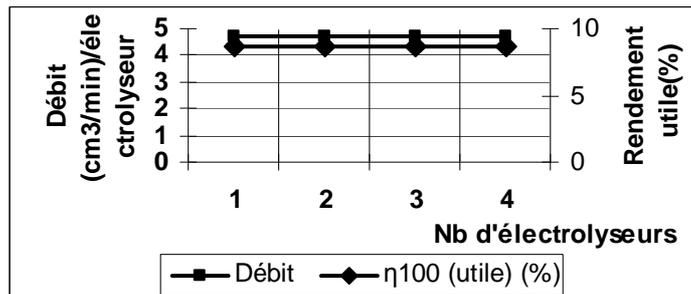


Figure 11 : Rendement utile et débit unitaire en fonction du nombre d'électrolyseurs.

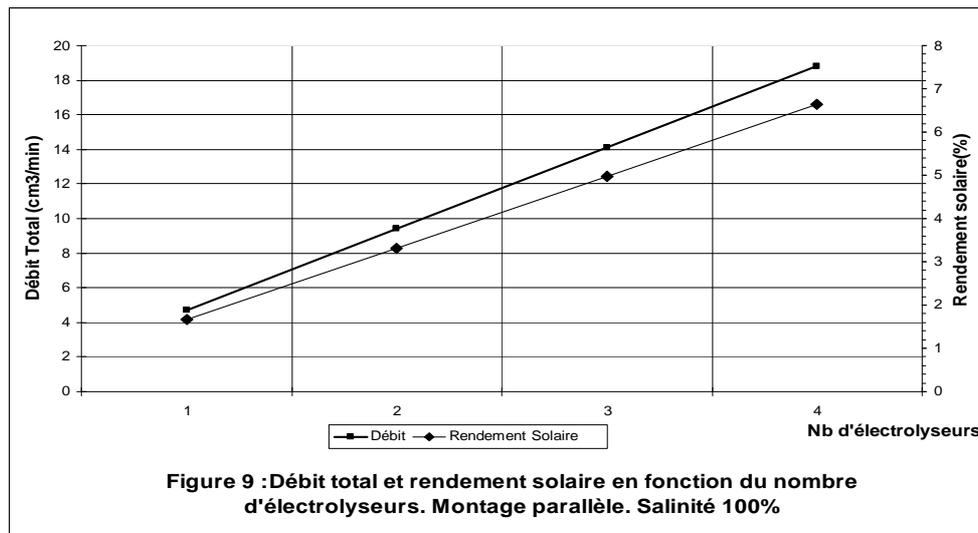


Figure 12 : Débit total et rendement solaire en fonction du nombre d'électrolyseurs.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

C'est par les énergies renouvelables que la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau devient rentable. La présente étude de faisabilité montre qu'il est possible de produire de l'hydrogène à partir de l'énergie solaire. Si le facteur le plus important est le débit (plus que le rendement utile et même solaire), c'est le montage en parallèle des électrolyseurs qui permet de multiplier la quantité d'hydrogène produite en fonction du nombre d'électrolyseurs, alors que c'est à l'inverse pour le montage en série. En fait, le facteur tension aux bornes de l'électrolyseur est le plus fondamental. En conséquence, chaque point de mesure (U,I) doit figurer nécessairement sur la courbe caractéristique du module photovoltaïque, qui rappelons le n'est pas linéaire (voir fig.2).

Nomenclature

| | | | |
|-------------------------------------|----------------|--|------------------|
| Cp : chaleur massique de l'eau | J/kg/°C | W : Energie cédée au compresseur | J |
| Lv : Chaleur latente d'évaporation | J/kg | η : rendement | |
| m : masse d'eau évaporée | Kg | ϕ : densité de flux solaire | W/m ² |
| mt : masse totale de l'eau du dist. | kg | ΔT : Elévation de temp. de l'eau | °C |
| P : puissance électrique du comp. | W | Indices : | |
| S : surface de captation | m ² | Cond : condenseur | |
| T : Température | °C | Evap : évaporateur | |

Références:

- [1] W.Hartumut, K.Gerhard, Génie électrochimie - Principe et procédure. Dunod 1999.
- [2] www.monjuju.chez-alice.fr/electrovhimie.htm
- [3] Revue Clefs CEA France N°44
- [4] A.BOUDHIR, W.SOUAI , Etude de faisabilité de la production de l'Hydrogène par électrolyse de l'eau et l'énergie solaire, PFE, Départ. G.Electromécanique, ISSATG, juin 2006.
- [5] K.TABBABI, Z.BELMANNOUNI, L'Hydrogène solaire par l'électrolyse de l'eau. Stage d'été, Dép.Chimie Industrielle, ISSATG, juillet 2006.