

## RECUPERATION DE METHANOL PAR DISTILLATION SOLAIRE

BOUABDALLAH Mahmoud, MORA J. Claude  
ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS  
DE GABES

Compte tenu du coût croissant des solvants organiques, leur récupération et leur recyclage après usage devient une nécessité. Cette récupération se fait le plus souvent par distillation. L'opération est grosse consommatrice d'énergie thermique, en général à niveau énergétique moyen (80 C - 150 C). L'énergie solaire est donc susceptible de conduire à des économies énergétiques substantielles. C'est dans ce contexte que nous présentons un projet portant sur la récupération de méthanol utilisé pour le séchage. Cette étude, à propos d'un cas concret, peut bien sûr, être transposée moyennant quelques adaptations à d'autres types de solvants.

### 1. - POSITION DU PROBLEME :

Le matériel disponible à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès est constitué par :

- deux colonnes de distillation
- un évaporateur à film
- un évaporateur à double effet

Il s'agit de matériel, semi-industriel, prévu pour les enseignements pratiques. L'ensemble représente un investissement de l'ordre de 110 000 dinars compte tenu des annexes. Ce matériel doit être opérationnel en janvier 1980. Le couplage de ce matériel avec des capteurs solaires plans est prévu pour avril 1980.

La première étude qui doit être entreprise porte sur l'utilisation de ce matériel et principalement des colonnes de rectification pour la récupération solaire de solvants par distillation.

Une colonne de récupération de méthanol est en cours de fonctionnement et de production à l'institut du Génie Chimique de Toulouse. Il s'agit de purifier du méthanol contenant principalement de l'eau (10 % molaire). Le solvant, une fois purifié ne doit pas contenir plus de 1% d'eau, le résidu ne doit pas excéder 2% de méthanol. Les quantités annuelles traitées sont de 5.000 à 20.000 l an. Ce méthanol est utilisé pour le séchage de composants électroniques.

L'appareil est constitué par une colonne à garnissage en verre, de 30 cm de diamètre et de 8 m de haut. Elle est chauffée à l'électricité avec un thermofluide et fonctionne à pression atmosphérique. La colonne est utilisée en régime semi continu : 10 heures par jour et en moyenne 2 jours par semaine. Il s'agit donc d'un appareil utilisé dans une entreprise ne pratiquant pas le travail par poste 24h sur 24h.

### 2. — DISTILLATION ET ENERGIE SOLAIRE :

Industriellement la distillation est caractérisée par l'existence, en tête de colonne, d'un reflux. Celui-ci permet tout au long de la colonne un contact entre le gaz et le liquide et ainsi l'enrichissement de la vapeur en constituant le plus léger (méthanol) et l'appauvrissement du liquide. Pour un mélange binaire la séparation des deux constituants est ainsi théoriquement possible.

Du reflux dépend la hauteur de la colonne et la dépense énergétique. La hauteur de la colonne se caractérise par un nombre d'étages d'équilibre qui pour une valeur minimale du reflux est infini. La quantité de chaleur qu'il faut fournir au bouilleur est utilisée pour assurer la production mais également le reflux.

Dans le cas de l'utilisation d'une source énergétique classique (vapeur ou électricité), le coût de l'opé-

ration résulte de l'amortissement de la colonne et de la consommation énergétique. L'utilisation de l'énergie solaire revient, en première estimation, à remplacer la consommation énergétique par un amortissement : celui des capteurs solaires et de leurs annexes.

### 3. — ADAPTATION D'UNE COLONNE A L'ENERGIE SOLAIRE :

Pour l'exploitation avec l'énergie solaire deux types de solutions sont à envisager : un fonctionnement mixte énergie solaire et électricité ou un fonctionnement solaire seul. Dans le premier cas il s'agit d'un appoint énergétique qui permettra le minimum de modification. Le second conduit à revoir l'exploitation de manière plus complète et est à envisager plus particulièrement dans le Sud de la Tunisie.

Il faut noter qu'à pression atmosphérique le fonctionnement mixte est imposé dans le cas de l'équipement avec des capteurs solaires plans. Ceux-ci ne permettent pas pour l'instant de dépasser 80°C et par voie de conséquence une épuration suffisante d'un résidu. Une teneur en méthanol de 1 % correspond en effet à une température très voisine de 100°C, à la pression atmosphérique. Un fonctionnement sous vide permet d'adapter le niveau énergétique des capteurs plans au taux d'épuration voulu mais cette solution nécessite un ensemble de vide et une modification technologique de la colonne.

Des stockages d'énergie et de produit doivent être prévus pour les périodes d'ensoleillement insuffisant. Le stockage énergétique, sous forme de fluide chaud, permet un fonctionnement journalier sur une période plus large que la durée de l'ensoleillement et d'amortir les occultations solaires de courtes durées. Les stockages de produit en attente de traitement et de produit fini sont prévus pour faire face aux périodes nuageuses de plusieurs jours.

La solution retenue est la suivante : les capteurs plans pouvant s'adapter à des températures de l'ordre de 80 C, la distillation est menée en deux temps. Une première épuration est réalisée de telle sorte que la température du bouilleur de la colonne soit de 70 à 80°C. Ceci correspond environ à 30 % de méthanol dans le résidu. Ce résidu est stocké et traité avec de l'énergie électrique classique. La consommation énergétique correspondante est de 10 à 20 % de la consommation qui serait nécessaire sans capteurs solaires.

Si le solvant n'est pas d'un prix très élevé il peut être envisagé un traitement saisonnier, en été, lorsque les durées d'ensoleillement sont plus importantes. Il faut alors prévoir des stockages suffisants de produits. L'immobilisation correspondant à ces stockages doit être prise en compte pour l'estimation du coût de l'opération.

### 4. — ASPECT ECONOMIQUE :

- Les données économiques sont les suivantes :
  - avec l'électricité la consommation énergétique est de 600 DT/an.
  - le prix de la main d'œuvre est estimé à 300 DT/an
  - l'amortissement du matériel correspond à 8000 DT/an
  - la colonne fonctionne 100 jours an avec l'électricité seule.
- L'équipement avec l'énergie solaire est réalisable sur la base de :
  - 75 DT/m<sup>2</sup> de capteurs plans
  - 500 W/m<sup>2</sup> disponible et 6h par jour de soleil
  - 40 m<sup>2</sup> de capteur pour traiter 10.000 l/an.

L'amortissement du matériel est pris dans le contexte de l'exploitation d'une colonne déjà en fonctionnement avec l'énergie classique.

Ces conditions correspondent à l'utilisation des colonnes de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès qui

peuvent être ainsi rentabilisées par le traitement de solvant. L'amortissement peut être prévu sur une longue période (10 ans) compte tenu du fait qu'il s'agit de traiter des produits peu spécifiques et de grande diffusion. Le matériel demande, de plus peu d'entretien.

Il faut noter que du fait d'une base de six heures par jour de soleil, la colonne doit fonctionner 3 jours au lieu de 2 sans énergie solaire si un stockage énergétique n'est pas prévu. Dans le cas d'un fonctionnement en deux étapes il faut retraiter 15% du débit. Le stockage de ce débit doit correspondre à 7 jours afin de diminuer la manutention.

Un volant de solvant traité (15 jours), pour tenir compte des périodes nuageuses est prévu.

Dans l'état actuel de la technologie, les capteurs à concentration sont à écarter pour une installation immédiate du fait de leur coût trop élevé, ils sont, de plus, encore au stade du développement pré-industriel.

La figure 1 résume l'essentiel des résultats économiques. Il apparaît ainsi que, dans l'immédiat, l'énergie solaire conduit à un coût comparable à celui de l'énergie classique. Il n'en est plus de même si l'on tient compte de l'augmentation du prix énergétique. En se basant sur une augmentation moyenne de 10 % par an il est ainsi possible de réaliser des économies au bout de 5 à 7 ans (figure 2), (1).

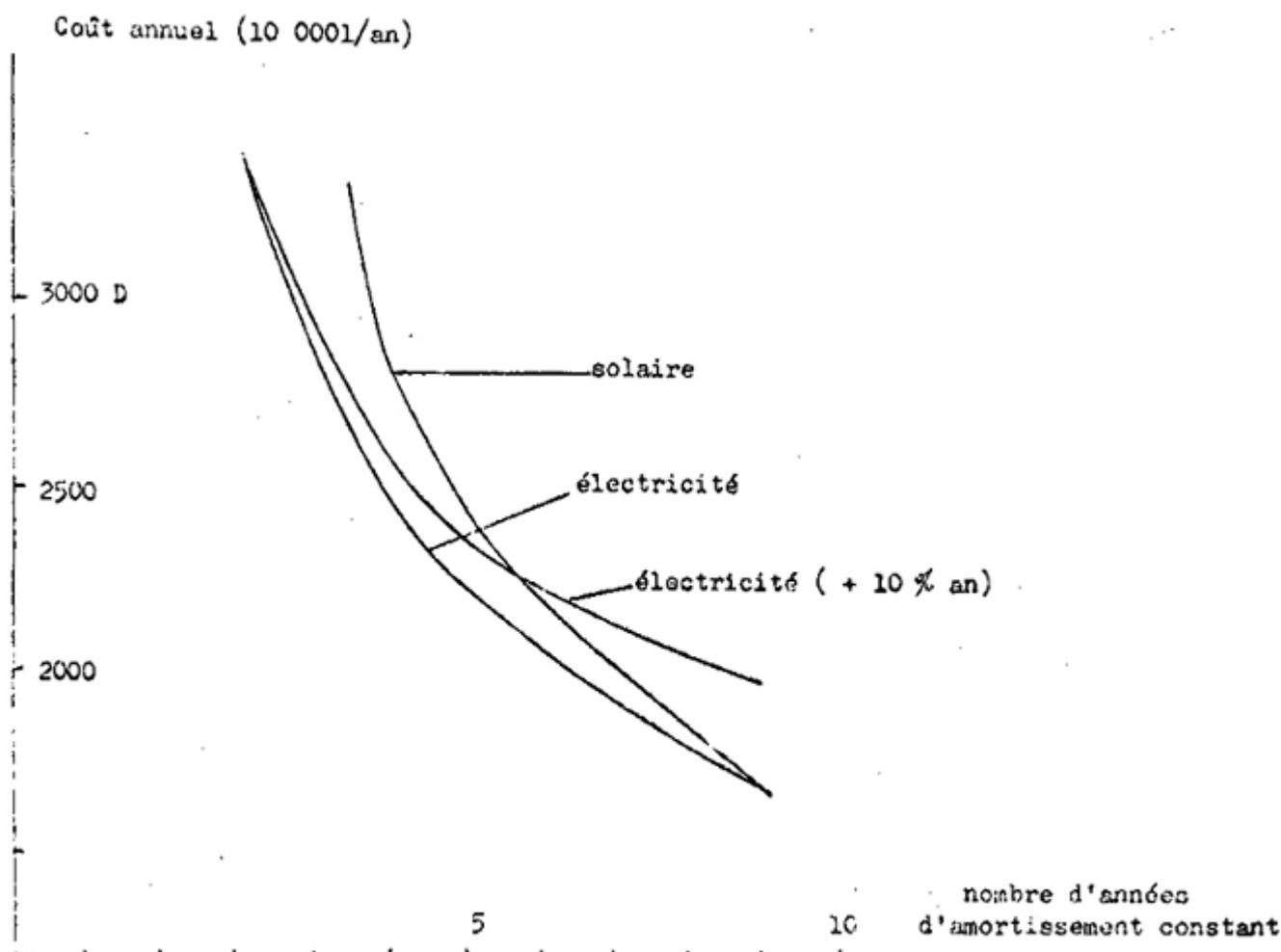


Figure 2 :- Durée d'amortissement

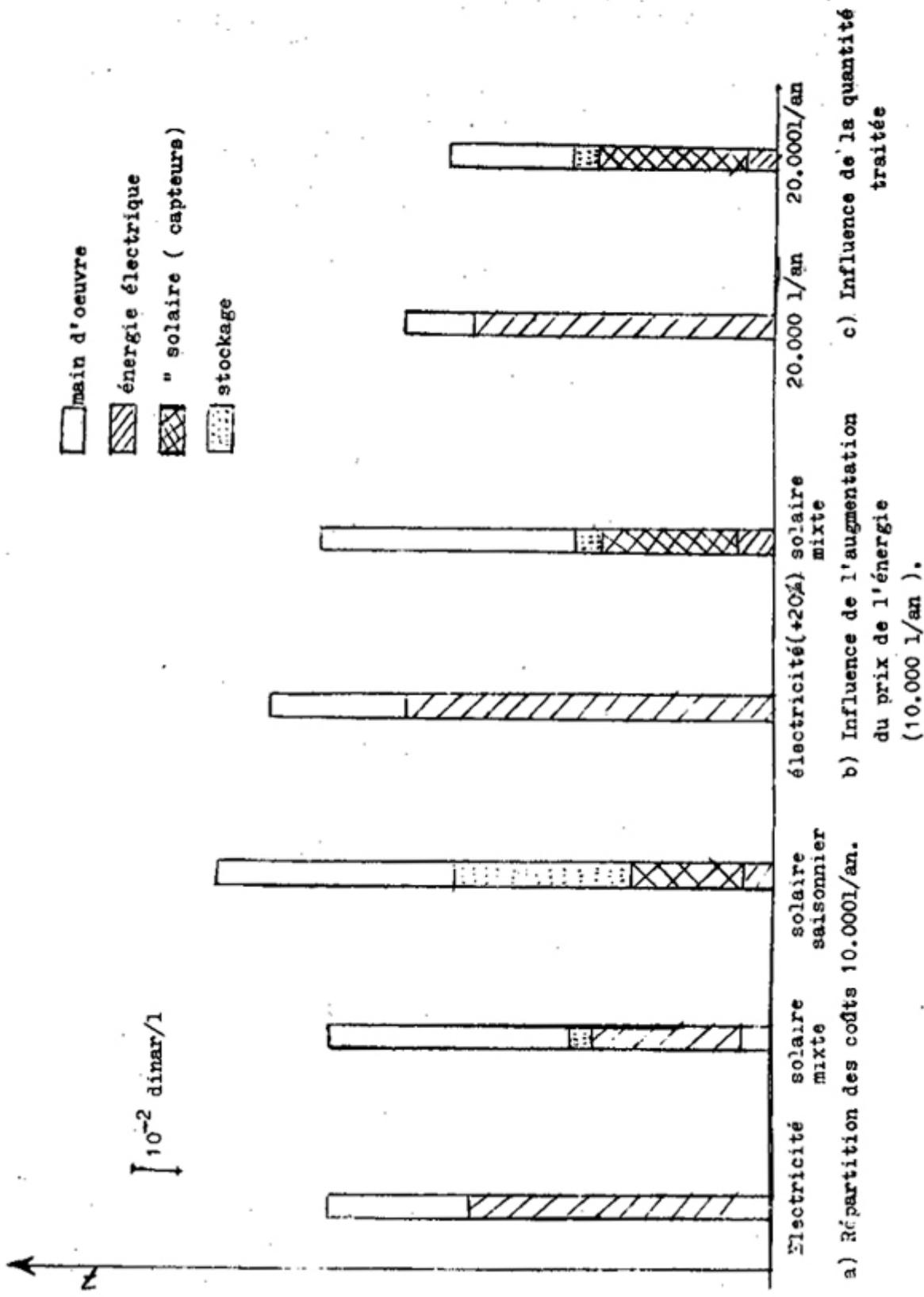


Fig 1 : Comparaison des coûts de traitement.

## 5. - COMPORTEMENT D'UNE COLONNE AVEC L'ENERGIE SOLAIRE :

Les colonnes de distillation chauffées avec de l'électricité ou de la vapeur ont un fonctionnement stable, les fluctuations d'alimentation sont prises en compte par la régulation. Avec l'énergie solaire, une simple régulation n'est pas suffisante pour assurer le fonctionnement. Il faut tenir compte des amplitudes plus grandes des perturbations : soleil voilé, passage de nuage, épuisement du stockage. Il convient donc d'avoir un appareillage permettant des arrêts et redémarrages fréquents et dont la zone de fonctionnement soit très large(2). Le but du travail de recherche porte sur l'étude du comportement d'une colonne de distillation de ce point de vue. Il s'agit pour une colonne donnée d'assurer la production malgré des variations d'ensoleillement.

Le facteur d'efficacité des plateaux dépend du fonctionnement hydrodynamique. L'échange de matière entre le gaz et le liquide résulte du bullage de la vapeur dans le liquide. Les variations journalières de l'ensoleillement : lever et coucher du soleil, passage de nuage, se traduisent par une puissance fournie au bouilleur inférieure à la puissance nominale. Malgré cela il convient en agissant principalement sur le reflux de garder des conditions de fonctionnement satisfaisantes en restant dans la zone de stabilité et ceci en tenant compte de la variation du facteur d'efficacité en fonction du débit de vapeur (3). Il s'agit donc d'étudier les réactions de la colonne à des variations de la puissance de chauffe.

### CONCLUSION :

Une première étude économique a permis de se rendre compte que l'utilisation de l'énergie solaire pour la récupération de solvants usagés peut être envisagée dès à présent. A court terme les capteurs plans doivent être utilisés moyennant un fonctionnement mixte du point de vue énergétique. C'est dans ce contexte que les installations pilotes de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès seront utilisées, une telle utilisation correspond à celle qui peut être faite dans une petite ou moyenne industrie. La nature intermittente de l'énergie solaire nécessite l'étude plus précise du comportement dynamique d'une colonne de rectification. C'est dans cette optique que sont menées les recherches.

### BIBLIOGRAPHIE :

1. BOUABDALLAH M. PREVOST M. MORA J.C. ; Colloque Internationale sur les Energies Nouvelles, Rabat, nov. 1978.
2. P. WUITHIER, Raffinage et Génie Chimique, T2, 1972, pp 1218, I.F.P.
3. KASTANEK et collab. Proc. Intern. Symp. Dist. 1969 ; Institute of Chemical Engineers, London.