MONOGRAPHIE COMPARATIVE DE DEUX INSTALLATIONS DE POMPAGE D'EAU DE MER : COMPLEXE CHIMIQUE DE SAFI (MAROC) ET COMPLEXE D'ENGRAIS PHOSPHATÉS D'ANNABA (ALGÉRIE)

par M. CANDRÉA

Directeur à la Société d'Engineering
Krebs et C^{ie}, Paris

L'augmentation de la production agricole dans le monde entier et notamment celle des Pays en voie de développement, a provoqué dernièrement une croissance accentuée de la consommation d'engrais chimiques et, de ce fait, la nécessité de construire plusieurs grands ensembles industriels et, en particulier, d'engrais phosphatés.

La fabrication de ces engrais est basée sur l'extraction chimique du phosphore à partir de minerai naturel dont la teneur en état brut se situe aux alentours de 30 %.

Il n'y a pas lieu de développer, dans le cadre de cette communication, les particularités des différents procédés de fabrication des engrais phosphatés. Je me limiterai donc à énoncer celui mis en œuvre dans les deux complexes industriels, objet de la présente monographie comparative, à savoir :

- le complexe d'engrais de Safi au Maroc;
- et celui d'Annaba en Algérie.

Dans les deux cas il s'agit d'attaquer le phosphate de roc avec l'acide sulfurique pour en extraire l'acide phosphorique qui, après concentration par évaporation sous vide, sert à la production des engrais granulés de formules plus ou moins complexes.

Ce procédé de fabrication par voie humide se caractérise essentiellement par une importante consommation d'eau utilisée, d'une part pour les différentes opérations de refroidissement, d'autre part pour le lavage des effluents gazeux (fluor) ainsi que l'évacuation des effluents solides (gypse).

Cette consommation importante d'eau a donc déter-

miné l'implantation de ces grands ensembles industriels au bord de la mer et, en même temps à proximité de Ports maritimes capables d'assurer le transit des matières premières et produits finis.

L'objet de la présente communication est donc de présenter les solutions techniques qui ont été adoptées pour résoudre le problème de l'alimentation en eau de mer de ces deux complexes industriels de capacité comparable et qui se situent parmi les plus grands construits à ce jour dans cet hémisphère du monde.

Dans le but de réduire au minimum les besoins en eau douce industrielle généralement déficitaire dans ces Pays, l'objectif principal était donc, dans les deux cas, de concevoir certaines installations capables de fonctionner à l'eau de mer.

Il s'agit en particulier :

- des installations de réfrigération dans l'atelier de fabrication d'acide sulfurique;
- des installations de condensation des turbines à vapeur (utilisant la vapeur de récupération de chaleur de l'installation d'acide sulfurique) ainsi que les échangeurs de refroidissement des alternateurs et des circuits d'huile des turbines;
- des installations de lavage des gaz des ateliers d'acide phosphorique et d'engrais;
- de la dilution et l'évacuation du gypse résiduaire de la fabrication d'acide phosphorique, etc.

L'ensemble de ces installations à l'eau de mer utilise à Safi 12 000 m³/h, le pompage et la distribution se réa-

lisant à deux niveaux de pression différents selon les paramètres requis à l'utilisation.

Cette consommation de 12 000 m³/h conçue en circuit ouvert tient compte d'une température de l'eau de mer d'environ 18° à la prise d'eau.

La consommation d'eau douce industrielle a pu être réduite à seulement 500 m³/h utilisés spécialement comme eau d'appoint des chaudières, eau de Process et eau potable.

Le souci d'optimiser les installations de pompage et de prise d'eau de mer et de réaliser une réduction du coût d'investissement, tout en diminuant les frais d'exploitation notamment dus à la consommation d'énergie électrique, nous a amenés à examiner les possibilités de réduire les débits initiaux et ce, en étudiant des solutions appropriées de recycler une partie de l'eau.

Nous avons donc mis au point des schémas qui nous permettent de repomper une partie de l'eau de mer qui a servi en première utilisation à des opérations de réfrigération, pour la réutiliser une deuxième fois — légèrement réchauffée — dans les installations de lavage des gaz d'assainissement des ateliers et d'évacuation des effluents.

Ces schémas ont été mis en œuvre dans le cadre de la construction du complexe d'engrais phosphatés d'Annaba où, malgré la température sensiblement supérieure de l'eau à la prise (28 °C au lieu de 18 °C) la consommation globale a pu être réduite de 12 000 m³/h à 8 000 m³/h et ceci pour une production d'engrais plus grande qu'à Safi.

Ces nouveaux schémas nous ont également permis de réduire la consommation totale d'eau douce à environ 400 m³/h à Annaba au lieu de 500 m³/h à Safi.

Il est évident que la conception de certains appareils des ateliers de fabrication a dû subir des adaptations constructives par rapport à ce qui aurait pu être installé dans les conditions d'exploitation habituelle sans recyclage, en particulier en ce qui concerne le choix des matériaux résistant à la corrosion.

Les calculs économiques ont toutefois justifié l'opportunité de ces mesures qui finalement ont abouti à :

- une diminution du coût de l'investissement de l'ensemble prise, pompage et distribution d'eau de mer (environ 15 %);
- un bilan énergétique global optimum, la consommation de l'ensemble station de pompage et pompes de recyclage se situant à Annaba à 35 % en dessous de la consommation d'énergie électrique de Safi.

Dans le cadre de ces mesures optimales il faut tenir compte, en plus, que la conduite de refoulement de la station de pompage est d'environ 3 km à Annaba et seulement 400 m à Safi et que les installations de lavage des effluents gazeux sont plus conséquentes à Annaba qu'à Safi et ce, afin de respecter les prescriptions sanitaires dernièrement entrées en vigueur, qui sont plus sévères en matière de protection de l'environnement.

Les considérations énoncées précédemment, qui ont trouvé une application économique pour le cas d'Annaba, ne sont pas obligatoirement applicables à d'autres usines, même si elles sont de dimension identique.

Chaque cas présente ses particularités et le problème des utilités en général, et celui de l'utilisation rationnelle de l'eau en particulier, doivent faire l'objet d'une étude poussée en matière de rentabilité des investissements en fonction des caractéristiques du site (température ambiante, hygrométrie) et du coût d'exploitation (prix de l'énergie électrique, salaires et coefficients de l'amortissement des investissements).

En ce qui concerne les prises d'eau ainsi que la conception générale des stations de pompage, les deux cas Safi

et Annaba ont dû être résolus dans des conditions tout à fait différentes.

A Safi (Maroc), nous avons été confrontés pour l'implantation de la prise d'eau à deux variantes possibles :

- la première : une prise d'eau au droit du complexe où la côte est sensiblement rectiligne, bordée d'une plate-forme rocheuse en roche calcaire alvéolaire à une dizaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, s'arrêtant de façon abrupte et plus ou moins découpée sur celle-ci;
- la deuxième : éloigner la prise d'eau vers une zone de la côte, d'un niveau sensiblement plus bas que la première mais où, à marée basse, la présence de sable et d'algues était nettement visible.

Pour éviter le risque d'ensabler la prise d'eau et les installations de pompage, nous n'avons pas hésité à retenir la première variante, tout en sachant que la réalisation était obligatoirement plus coûteuse mais certainement payante, compte tenu de la sécurité d'exploitation qui primait à toute autre considération économique.

Nous nous sommes finalement arrêtés à un endroit à l'abri d'un embryon de crique où la roche en surplomb se terminait dans une grotte au fond d'un petit chenal naturel. A l'intérieur de cette grotte, nous n'avons trouvé aucun dépôt de sable.

L'emplacement choisi nous a cependant posé d'autres problèmes qui ont été solutionnés par la nature des ouvrages réalisés.

Il s'agit notamment de l'exposition de cette prise d'eau aux houles dont les caractéristiques au large sont particulièrement importantes :

- période maxi : 18 s;
- amplitude double : 5 m, exceptionnellement même de 7 à 9 m.

La houle déferle à 300 ou 400 m du rivage et le ressac qui accompagne ce déferlement provoque des brisants qui exercent sur le rivage une pression de choc pouvant atteindre 5 kg/cm².

Compte tenu de cette disposition des lieux ainsi que des possibilités pratiques d'exécution, spécialement du fait qu'à marée basse et par tempête la houle du large se transforme en lames brisantes déferlant beaucoup d'énergie, la solution retenue a consisté à réaliser la station de pompage comportant un bassin ayant un plan d'eau de surface suffisante et, entre celui-ci et la mer, à réaliser un bassin amortisseur en forme de « haricot », celui-ci relié à la mer par un tunnel pratiqué dans la roche.

Pour éviter le risque que cette prise d'eau soit dénoyée entre deux lames successives à marée basse et par grande tempête, le bassin amortisseur a été conçu avec une capacité suffisante pour emmagasiner la quantité d'eau voulue de façon à assurer le débit permanent de la station de pompage.

Compte tenu des surfaces totales des deux bassins :

- 180 m² pour le bassin amortisseur;
- 140 m² pour la station de pompage;

et des sections de passage prévues pour les orifices de communication, l'amplitude des vagues résiduelles dans la station de pompage n'a pas dépassé 0,50 m et ceci pendant les plus fortes houles enregistrées depuis la mise en service en 1965.

Un soin particulier a été accordé à l'établissement du seuil de l'orifice de prise d'eau afin de s'écarter le plus possible des fonds pour éviter l'entraînement éventuel du

1/

2/

3/

4/

5/

6/

1/ Vue générale de la cote de Safi.

2/ Vue rapprochée de l'entrée de la prise d'eau de Safi.

3/ Brisants par grosse mer (Safi).

4/ Prise d'eau. Détail du bassin (Safi).

5/ Ensemble du complexe chimique de Safi.

6/ Ensemble du complexe d'Engrais et du port d'Annaba.

sable, tout en assurant l'alimentation en eau aux marées les plus basses.

Si l'ensemble des précautions prises pour éviter la pénétration de sable dans la prise d'eau a été suffisant, nous n'avons pu empêcher des amenées spectaculaires d'algues, en particulier pendant les périodes de tempêtes à marée basse d'équinoxe.

Les mesures prises à cet effet se sont avérées efficaces. L'installation d'un dégrilleur automatique en amont de la grille fixe ayant permis de continuer l'exploitation de la prise d'eau, même dans les périodes d'invasions très importantes telles que constatées en 1966 et 1967.

Du point de vue constructif, la station de pompage a été conçue de manière à pouvoir assurer le débit total avec deux pompes en service, une troisième en réserve, le bassin d'aspiration de ces pompes étant protégé par deux grilles tournantes à mailles très serrées (2,5 mm) dimensionnées chacune pour le débit total. Un indicateur de perte de charge permet la mise en lavage de l'une des grilles.

Le réseau de distribution étant relativement court, environ 1 km y compris la distribution intérieure vers les ateliers consommateurs, il a été prévu que pour la quantité d'eau requise à une pression supérieure qui ne représentait qu'environ 10 % des débits totaux, un jeu de trois pompes supplémentaires soit installé dans la station même, deux en service, une en réserve, et, de ce fait, d'avoir deux réseaux indépendants à des niveaux de pression différents.

L'étude du régime transitoire du réseau de distribution nous a également amenés à prévoir une cheminée d'équilibre implantée immédiatement en aval du refoulement des pompes basse pression, cheminée qui nous a permis de maintenir une pression constante de ce réseau, quelles que soient les fluctuations de débit aux différents points de consommation.

L'exploitation continue pendant plus de six ans de cette installation nous a donné entière satisfaction et nous sommes arrivés à la conclusion que toutes les précautions prises pour assurer en premier lieu la sécurité de l'exploitation ont été justifiées.

L'expérience acquise pendant cette exploitation prolongée nous a permis de constater que l'utilisation d'eau de mer dans cette catégorie d'industrie chimique est parfaitement valable à condition d'éviter l'entraînement de suspensions dans les circuits de fabrication, ce qui a été le cas pour le sable et les algues.

Par contre, il s'est avéré que le problème des coquillages, et en particulier la prolifération des naissains non arrêtés par les mailles de la grille tournante, ont causé des difficultés d'exploitation notamment dans les échangeurs de chaleur à tubulure de faible dimension, qui ont subi des incrustations assez importantes.

Il a pu être remédié à cette situation, d'une part par l'installation, en amont de certains équipements spécialement vulnérables, de dispositifs mécaniques « pièges à moules » nettoyables en marche, ainsi que des filtres à tambour rotatif sous pression et arrêtant des corps en suspension de plus de 500 microns, et, d'autre part, moyennant des chlorationes par choc réalisées périodiquement mais à des fréquences variables dans la station de pompage.

L'installation de Safi n'ayant pas été conçue pour une telle chloration, ces opérations n'ont pu être réalisées que par des moyens de fortune. Cette expérience nous a cependant déterminés de prévoir l'équipement nécessaire dans toutes les installations réalisées depuis.

La prise d'eau pour le complexe d'engrais phosphatés d'Annaba (Algérie), et en particulier la localisation de

cette prise, nous a posé d'autres problèmes que je vais essayer d'énoncer ci-après.

Le terrain sur lequel est situé ce complexe se trouve à proximité d'une plage (environ 500 m), pratiquement enserré entre le débouché de deux rivières qui, en temps de crue, sont chargées de quantités considérables de sédiments constitués par un limon marneux arraché aux terrains meubles, pouvant aller jusqu'à 4 à 5 km au large. Il y a d'ailleurs lieu de préciser que la crue centenaire de l'Oued Seybouse était de l'ordre de 2 000 m³/s.

D'autre part, le fond de 6 ou 8 m nécessaire pour la réalisation d'une prise d'eau n'a pu être mesuré qu'à une distance d'environ un kilomètre du rivage, sans tenir compte du relèvement probable de ce fond sableux après la déviation d'une des deux rivières (Oued Seybouse), en amont du complexe par rapport aux courants sous-marins.

Il fallait également tenir compte du fait que l'évacuation des eaux résiduaires acides partiellement chargées de matières solides (gypse) ne pouvait se faire raisonnablement qu'à l'endroit de cette plage et, de ce fait, nous avons été contraints de nous éloigner avec la prise d'eau afin d'éviter le recyclage de ces eaux polluées et chargées.

Une enquête très minutieuse des lieux et la consultation des statistiques — dans la mesure où l'on pouvait en disposer — nous ont fait comprendre qu'il était prudent de chercher une implantation pour la prise d'eau ailleurs qu'à l'endroit de la plage en face du complexe.

Sans avoir eu la possibilité d'effectuer des relevés systématiques nous avons pu obtenir des renseignements au sujet du régime des houles qui, environ 80 jours par an, présentaient des creux moyens de deux à trois mètres.

Par grands vents nord-ouest et nord, la houle déferle furieusement sur cette plage qui devient impraticable du fait des rouleaux entraînant le sable du fond et se brisant sauvagement à une distance de plusieurs centaines de mètres du rivage.

Ceci nous a permis de conclure que même dans l'état du site — avant déviation de l'Oued Seybouse et avant le rejet des effluents résiduaires du complexe — une prise d'eau à cet endroit ne pouvait nous laisser espérer de pomper autre chose que de l'eau très sableuse.

La région d'Annaba étant située dans une zone fortement sismique (8° Richter), nous n'avons pas eu le droit d'exclure entièrement la possibilité de lames de fond telles que rencontrées dans la zone de la Sicile et de Pantellaria où l'indice de sismicité est de 10° Richter.

Ces considérations nous ont amenés à étudier une prise d'eau portuaire située à environ 3 km du complexe.

Notre premier choix de réaliser cette prise dans l'avant-port de la grande darse a dû être abandonné en raison des impératifs d'exploitation du port autonome d'Annaba et, notamment, à cause du projet d'extension future de ce port.

Cette localisation nous aurait permis de disposer d'une eau non chargée, à une température maxi de 25 °C ce qui, pour l'utilisation industrielle prévue, présentait des avantages indéniables.

Nous avons donc dû nous replier vers la petite darse du port qui, malheureusement, reçoit les eaux usées de l'agglomération d'Annaba et où la température de l'eau se situe déjà aux environs de 28 °C.

La pollution de l'eau dans cette petite darse est encore plus accentuée du fait de rejets de navires et de retombées inévitables de poussières de minerais à l'endroit du quai de chargement du minerai de fer de l'Ouenza et de phosphates du Djebel Onk.

Le seul endroit possible de localiser notre prise d'eau était donc celle définie par l'Administration portuaire, à

savoir à environ 300 m de la prise existante pour la centrale thermique actuelle d'Annaba, en cours d'extension.

L'expérience d'exploitation de la centrale existante nous a déterminés de prendre certaines précautions dont il y a lieu d'en énoncer quelques-unes :

- prévoir une installation de chloration discontinue pour être à l'abri d'une gêne provoquée par des petites moules dont la prolifération de naissains de coquillages est très favorable à l'endroit du quai Sud de cette petite darse;
- prévoir l'installation d'un équipement de dégrillage très efficace pour éviter la pénétration d'algues dont le développement est également favorisé;
- prévoir des grilles tournantes munies de mailles assez fines, capables de retenir certaines variétés d'algues moussues et coquillages de faibles dimensions.

Malgré l'augmentation considérable de la longueur de la conduite de refoulement et malgré les équipements supplémentaires qui ont dû être prévus pour parer aux difficultés rencontrées par la centrale en matière de coquillages et algues, nous avons considéré que la prise d'eau, telle que finalement implantée, présentait une solution satisfaisante pour l'alimentation continue du complexe, le problème de la température plus élevée pouvant être finalement résolu par une augmentation correspondante du débit et des surfaces d'échanges des appareils utilisateurs.

Cette décision a été évidemment renforcée par le fait que la crainte d'invasion de sable et d'algues de grosse taille était pratiquement nulle et que nous avons pu éliminer ainsi les inconvénients dus au voisinage des débouchés des oueds et des effluents du complexe.

En ce qui concerne la réalisation de l'ouvrage, nous avons dû tenir compte des prescriptions administratives du Port autonome d'Annaba, à savoir : réaliser un caniveau sous-terrain d'environ 20 m de longueur entre la prise au quai et la station de pompage proprement dite et ce, afin d'assurer la circulation normale des équipements portuaires.

Pour mémoire, je voudrais également préciser que la réalisation de la prise et de la station de pompage a présenté des difficultés particulières qui nous ont amenés à réaliser autour de l'ouvrage des murs moulés en bento-nite armée dans le sol, à une profondeur d'environ 25 m, pour assurer la possibilité de terrasser à sec.

La réalisation de la conduite depuis le port jusqu'au site, sur une longueur de plus de 3 km, a dû être étudiée avec un soin particulier du fait même des différents obstacles rencontrés sur le tracé, obstacles qui ont imposé dans plusieurs cas la création de points hauts par siphons supérieurs.

D'autre part, le franchissement de l'ancienne embouchure de l'Oued Seybouse et la nouvelle embouchure de l'Oued Boudjimah sur une longueur de presque 500 m l'une et 50 m l'autre, a imposé la réalisation de pieux barrettes coulés jusqu'au bon sol et ce, pour empêcher d'éventuels tassements de la conduite.

Pour la protection de ce réseau de distribution nous avons également prévu une cheminée d'équilibre qui assume les deux rôles suivants :

- effectuer par déversement la différence entre le débit permanent de pompage et de débit consommé par le complexe, tout en assurant une pression constante sur le réseau de distribution au site;
- assurer une fonction de protection contre les coups de bélier dus à une éventuelle disjonction simultanée des pompes principales en service ou au démarrage de la station de pompage après un arrêt prolongé.

En ce qui concerne la distribution intérieure de l'eau de mer vers les ateliers de consommation, il a été prévu, tel qu'indiqué antérieurement, que des débits importants d'eau évacuée des circuits de réfrigération, en l'occurrence de l'atelier d'acide sulfurique et de la centrale électrique, soient réutilisés et, à cet effet, des pompes de recyclage à débit et pression adéquates de la deuxième utilisation ont été installées à demeure.

D'autre part, l'eau utilisée pour le lavage des effluents gazeux de la fabrication d'acide phosphorique est partiellement réutilisée par repompage pour diluer et évacuer le gypse résiduaire après filtration de l'acide phosphorique.

Finalement, un autre jeu de pompes de recyclage a été prévu pour la réutilisation partielle des eaux de réfrigération pour l'assainissement des effluents de séchage des engrais, pour celles des formules où le lavage permet l'utilisation de l'eau (cas du super-phosphate triple).

Pour les autres formules avec composants azotés (ammoniac ou nitrate), le lavage de ces effluents se faisant avec l'acide phosphorique afin de récupérer les vapeurs incondensables de ces composants.

Chaque cas de réutilisation d'eau de mer a, bien entendu, posé des problèmes de température, saturation en sels et capacité d'absorption et de dilution des différents effluents gazeux ou solides.

L'utilisation à cet effet de l'eau de mer a impliqué, par surcroît, une étude particulière en ce qui concerne le choix des matériaux des différentes installations pour éviter tout risque de corrosion dû spécialement à la teneur en chlore qui, dans le cadre des réactions chimiques du Process, donne naissance à de l'acide chlorhydrique et de l'acide fluosilicique.

Dans ce qui précède, j'ai essayé de comparer les deux installations d'alimentation en eau de mer pour les complexes industriels de Safi et Annaba, de nature et capacité similaires, en mettant l'accent spécialement sur les problèmes du choix de la prise d'eau, de l'équipement des stations de pompage et des mesures techniques et économiques prises pour réduire d'éventuelles perturbations dans le fonctionnement continu.

Je crois utile de préciser, à cette occasion, qu'un autre facteur essentiel est intervenu et doit intervenir obligatoirement dans l'étude de ces installations. Il s'agit notamment du prix de revient de l'énergie électrique qui, en cours d'exploitation, peut être déterminant pour le choix d'une solution technique.

Dans le cas du complexe de Safi (Maroc), l'énergie électrique est produite par une centrale intégrée dans le complexe, sans interconnexion avec le réseau.

Dans ces conditions, il était très important de limiter les consommations d'énergie électrique au strict nécessaire, impératif qui était, entre autre, déterminant pour le choix de l'implantation de la prise d'eau de mer aussi près que possible du site et de réduire ainsi au minimum les conduites de refoulement et de réseau de distribution.

Par contre, en Algérie, du fait du coût très réduit du combustible (fuel et gaz naturel), le tarif de distribution de l'énergie électrique est relativement bas et a donc une pondération très faible sur le prix de revient de l'exploitation.

Dans ces conditions, l'éloignement jusqu'à plus de 3 km du site de la prise d'eau de mer, et la consommation supplémentaire d'énergie électrique qui s'en déduit, était finalement un facteur secondaire par rapport aux autres avantages de sécurité d'exploitation que nous avons recherchés.

Cet aspect énergétique nous a d'ailleurs offert la possibilité de faire fonctionner la station de pompage avec

deux pompes en service à plein débit, quel que soit le niveau de consommation, en admettant un écoulement permanent plus ou moins important à travers la cheminée d'équilibre.

A l'appui des comparaisons des deux cas : Safi et Annaba, il est permis de tirer la conclusion que l'utilisation de l'eau de mer dans l'industrie chimique est acquise et que, compte tenu des consommations relativement importantes, il est à prévoir que les usines d'engrais chimiques de grande capacité seront toujours implantées en bordure de mer.

Les projets de nouvelles usines d'engrais deviennent de plus en plus importants et, en particulier, dans les pays producteurs de minerai de phosphate. Des appels d'offres ont été lancés et des projets sont en cours d'études pour une usine d'engrais de dimensions semblables à celle d'Annaba pour la Tunisie où l'utilisation de l'eau de mer est un des paramètres obligatoires du Cahier des charges et la réduction à un minimum de l'utilisation d'eau douce un facteur déterminant pour l'appréciation du procédé proposé.

Dans ce cas particulier il est même prévu que l'eau d'appoint pour les chaudières, l'eau potable et une partie

de l'eau industrielle de Process soient produites par distillation de l'eau de mer.

Le doublement du complexe d'engrais phosphatés d'Annaba est déjà prévu à partir de l'année 1972 et pour ce qui concerne le Maroc, une nouvelle usine deux fois plus grande que le complexe actuel de Safi est prévue pour être construite à Safi même, dans les années 1972/1974.

Des ensembles industriels de grande importance se construisent ou sont en projet en Amérique du Sud, au Mexique, en Turquie, aux Indes, etc., et dans tous les cas des problèmes plus ou moins importants se posent au sujet de l'utilisation économique de l'eau de mer et de la réalisation de prises d'eau correspondantes.

Il est donc de la plus haute importance que les Sociétés d'engineering qualifiées dans la construction des usines chimiques, ainsi que celles qui s'occupent spécialement des problèmes hydrotechniques collaborent de près pour l'étude de la réalisation de ces projets, d'autant plus que sur le marché international la compétition entre les différentes entreprises est de plus en plus serrée tant en ce qui concerne les solutions techniques proposées, qu'en ce qui concerne le prix des investissements et le coût des exploitations.

Discussion

Président : M. J. DE CHESSE

M. le Président remercie M. CANDRÉA qui en décrivant deux équipements destinés à des industries chimiques a clairement mis en lumière l'influence du site sur les dispositions de la prise d'eau.

Il ouvre ensuite la discussion.

Les réfrigérants atmosphériques sont-ils utilisables dans le cas de complexes chimiques analogues à ceux décrits, demande M. BERGERON ? On travaillerait alors en circuit fermé avec des débits d'appoint et de purge modérés. Pourrait-on traiter ces purges pour éliminer les polluants chimiques ?

La réfrigération en circuit fermé est possible sous certains climats répond M. CANDRÉA, mais dans les deux cas décrits le régime des températures et de l'humidité atmosphérique est peu favorable à cette solution; les températures maxima sont de l'ordre de 40° pendant plusieurs semaines. A Safi, la température moyenne de l'eau de mer était de 18 °C contre 28 °C à Annaba. Même en tolérant un échauffement maximum de 20 °C, on est conduit pour un système de

réfrigération en circuit fermé à des surfaces d'échange très importantes dont le coût est prohibitif pour de petits groupes de 10 000 kW.

M. BERGERON souligne que dans les exemples décrits par M. CANDRÉA les effluents rejetés imposent des contraintes particulières.

En effet, confirme M. CANDRÉA, le choix de l'implantation du rejet pose souvent des problèmes difficiles pour assurer une parfaite sécurité d'exploitation : élimination du recyclage de l'eau, des matières en suspension, des algues, des moules, etc. Mais le site optimum d'une usine chimique dépend d'autres critères que celui de l'alimentation en eau : acheminement des matières premières, proximité d'une ville pouvant fournir de la main d'œuvre (sans subir trop de nuisances de la part de l'usine chimique), port ou gare d'expédition du produit fabriqué, etc. Au total, dit M. CANDRÉA, je n'ai jamais rencontré un usinier disant : j'ai choisi ce site parce qu'il présentait des conditions particulièrement favorables pour l'établissement d'une prise d'eau.