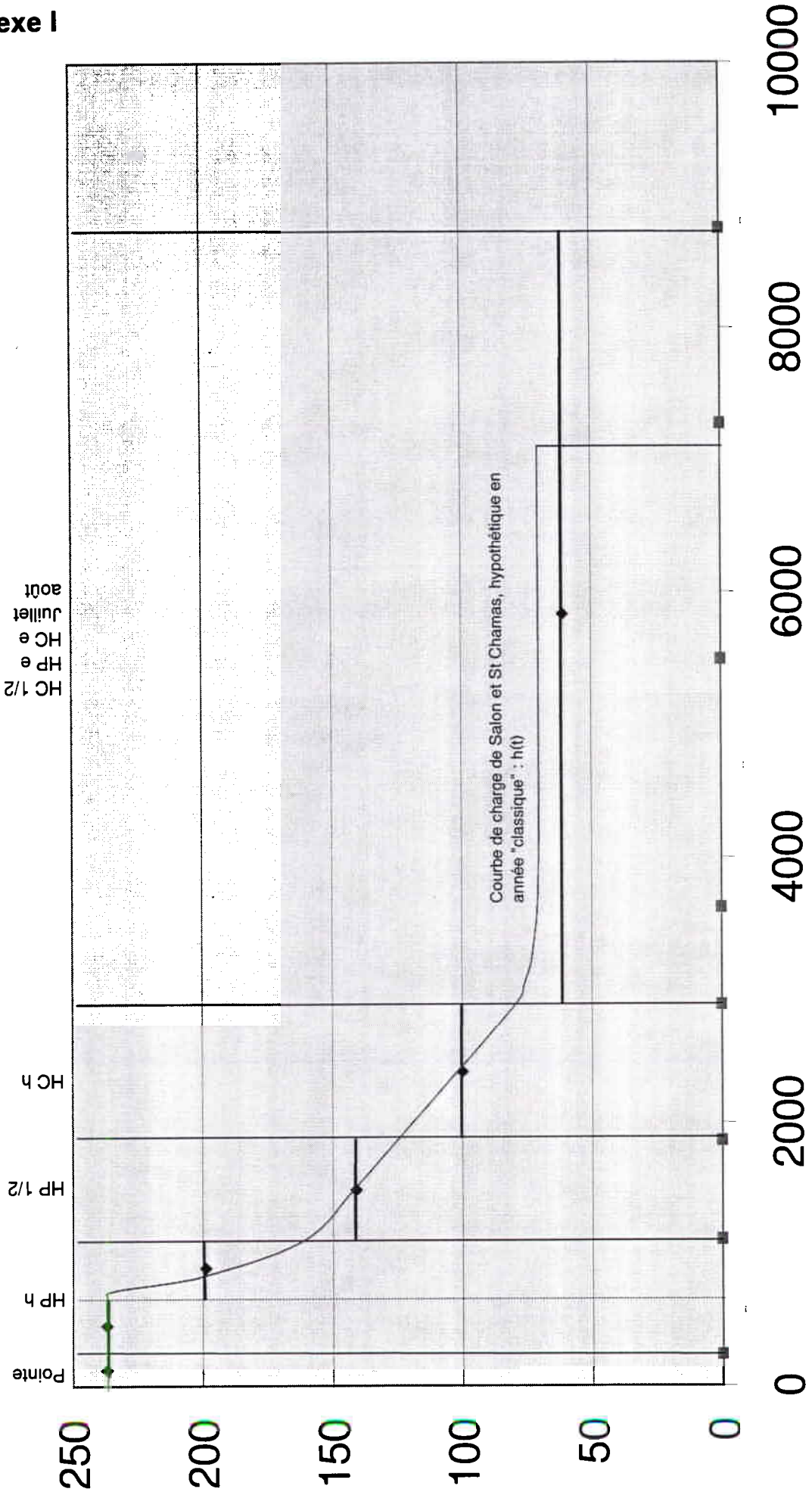


Annexe I

Puissance moyenne interannuelle (MW) à Salon et St-Chamas (sans contrainte)



## Annexe II

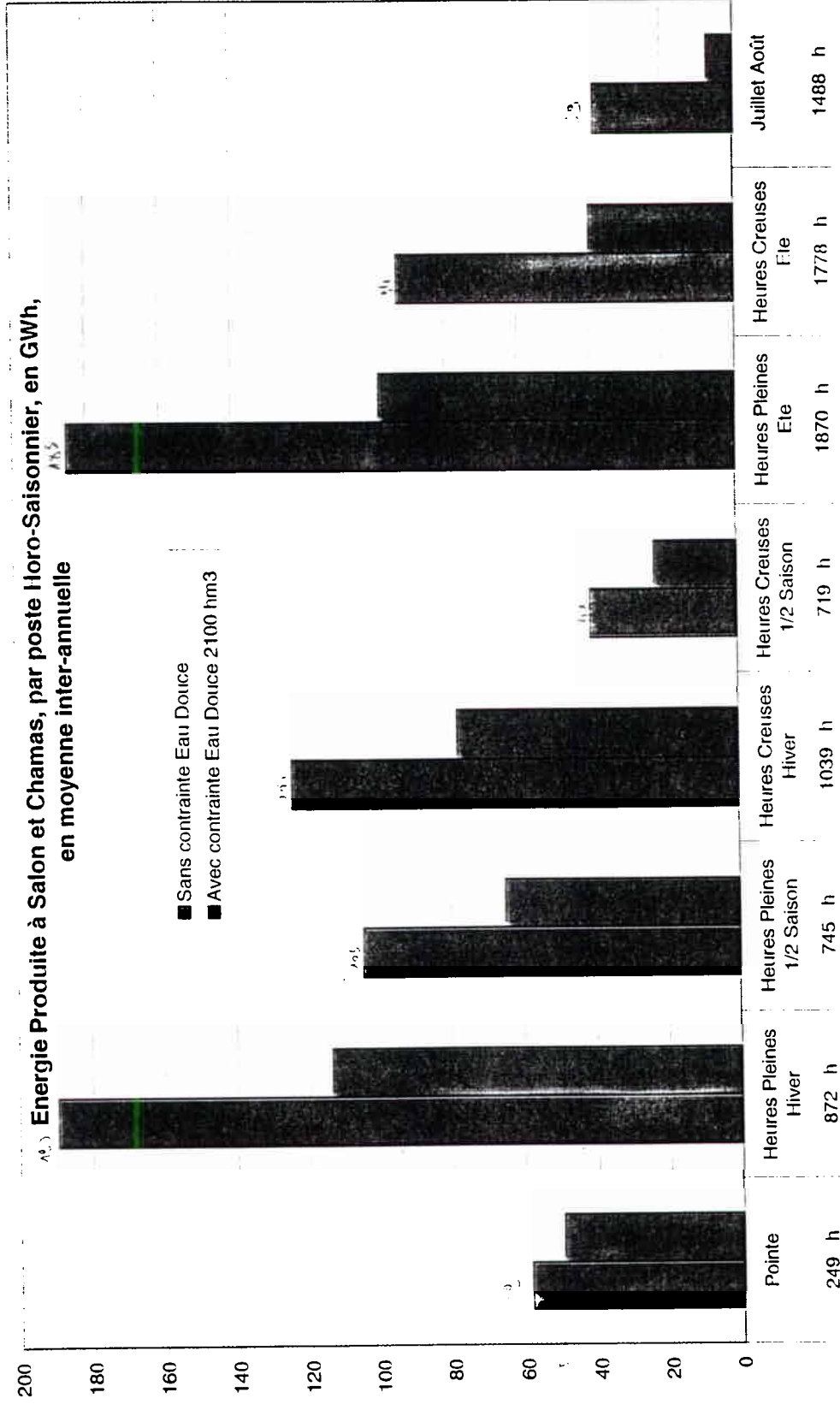
### Calcul du coût de contraintes sur les aménagements hydroélectriques de la Durance (Salon et St Chamas)

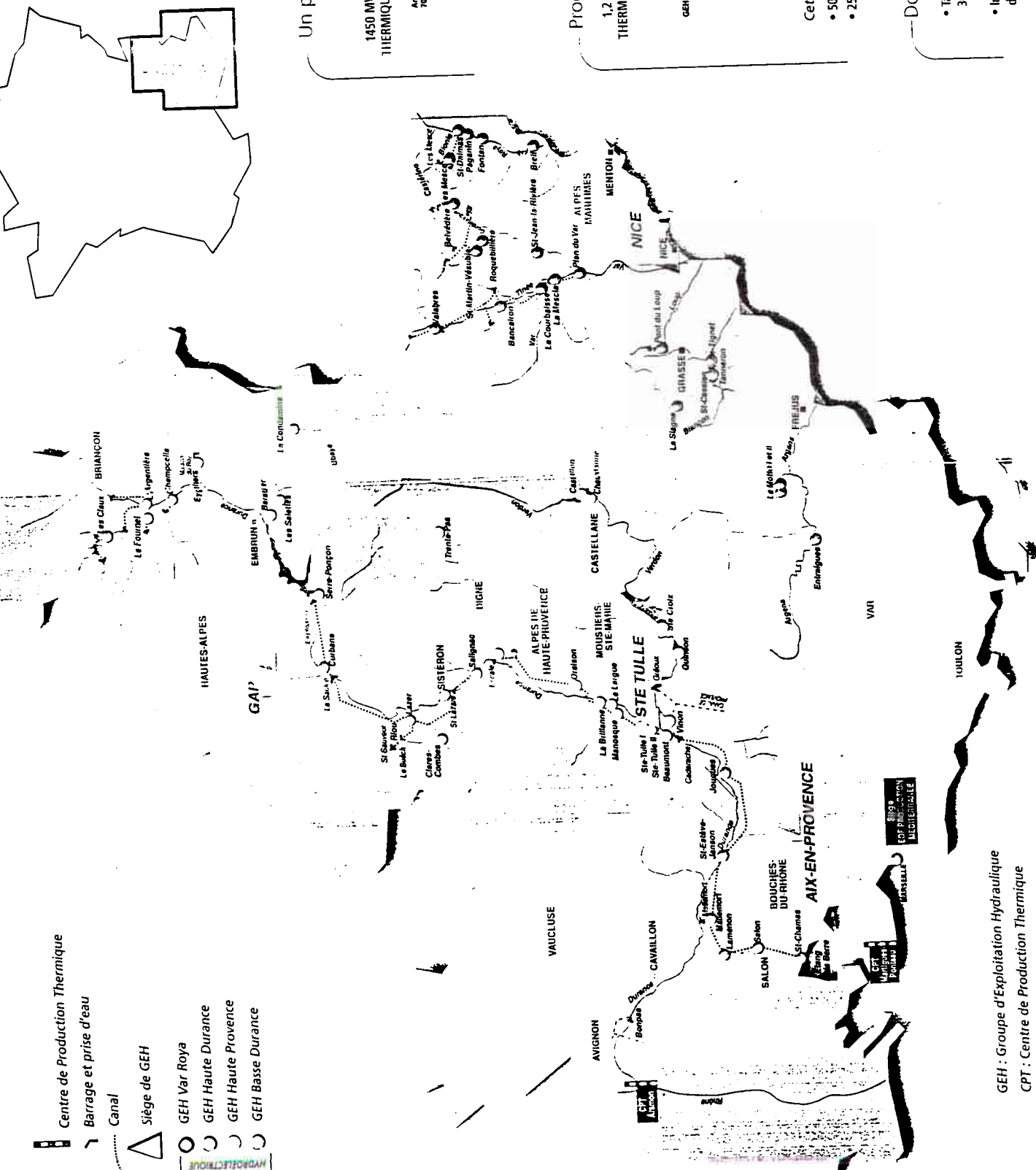
Coût  $C_H$  d'une diminution de la puissance maximale disponible de 1 MW (en M€)

| t1 \ t2 | 5000   | 6000   | 7000   | 8000   |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 400     | 0,0518 | 0,0521 | 0,0522 | 0,0526 |
| 700     | 0,0576 | 0,0579 | 0,0581 | 0,0586 |
| 1000    | 0,0642 | 0,0644 | 0,0645 | 0,0652 |
| 1300    | 0,0692 | 0,0692 | 0,0692 | 0,0700 |
| 1600    | 0,0692 | 0,0692 | 0,0692 | 0,0702 |
| 2000    | 0,0692 | 0,0692 | 0,0692 | 0,0705 |

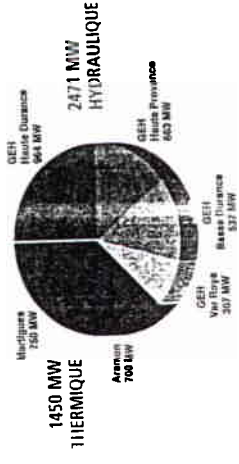
Coût  $C_v$  d'une diminution de la production annuelle de 1 GWh (en M€)

| t1 \ t2 | 5000   | 6000   | 7000   | 8000   |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 400     | 0,0195 | 0,0189 | 0,0184 | 0,0181 |
| 700     | 0,0183 | 0,0179 | 0,0176 | 0,0174 |
| 1000    | 0,0170 | 0,0168 | 0,0167 | 0,0166 |
| 1300    | 0,0160 | 0,0160 | 0,0160 | 0,0160 |
| 1600    | 0,0160 | 0,0160 | 0,0160 | 0,0160 |
| 2000    | 0,0160 | 0,0160 | 0,0160 | 0,0160 |

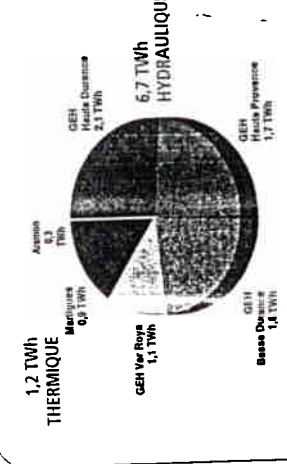




Un parc de 3921 MW



Production en 1999 : 8 TWh (Données)



Cette production représente :

- 50 % de l'électricité produite en région Paca (15,6 TWh)
- 25 % de la consommation régionale (30,2 TWh)

Données financières

- Taxes versés : de l'ordre de 300 millions de francs par an
- Investissements : de l'ordre de 30 à 40 millions de francs par an

GEH : Groupe d'Exploitation Hydraulique  
 CPT : Centre de Production Thermique  
 MW : Mégawatt (million de Watts)  
 TWh : Térawattheure (milliard de kilowattheures)

## Annexe V

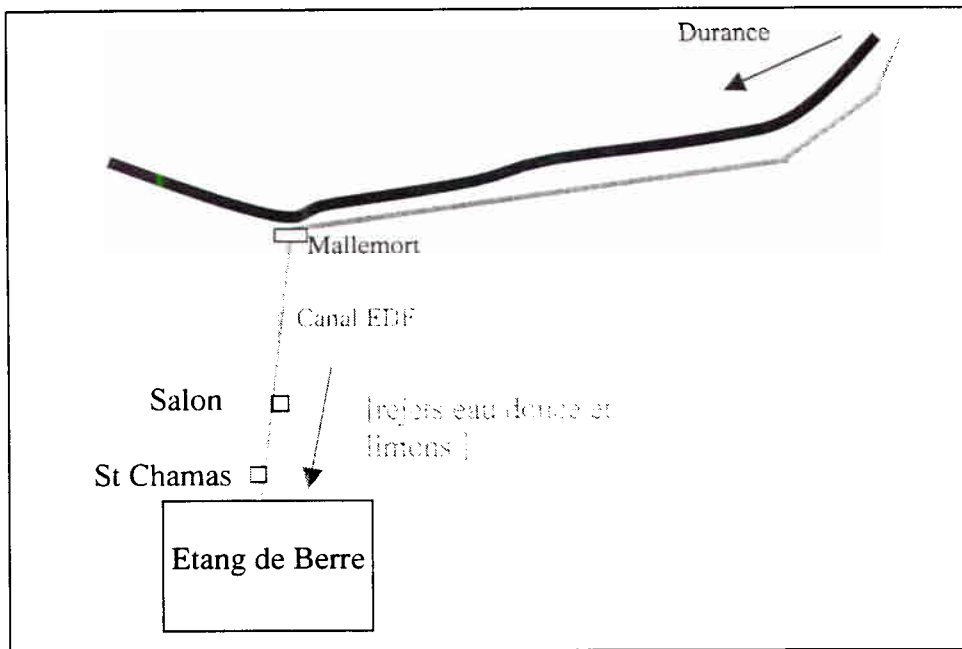
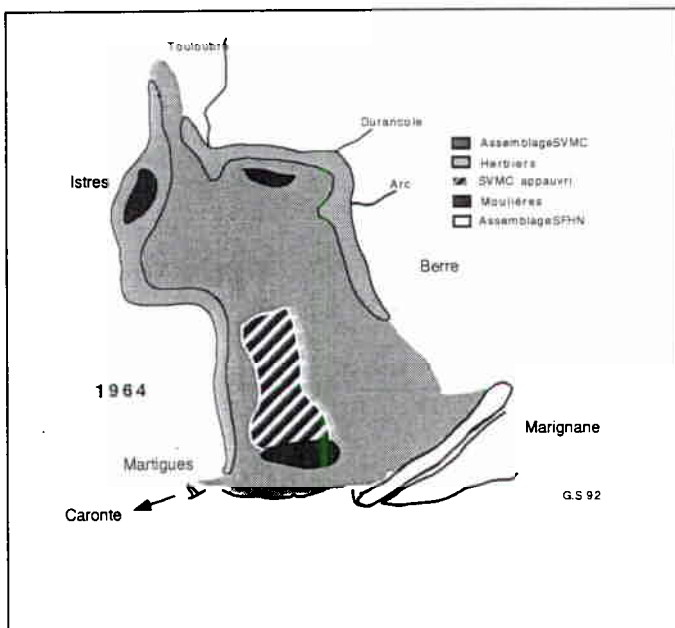
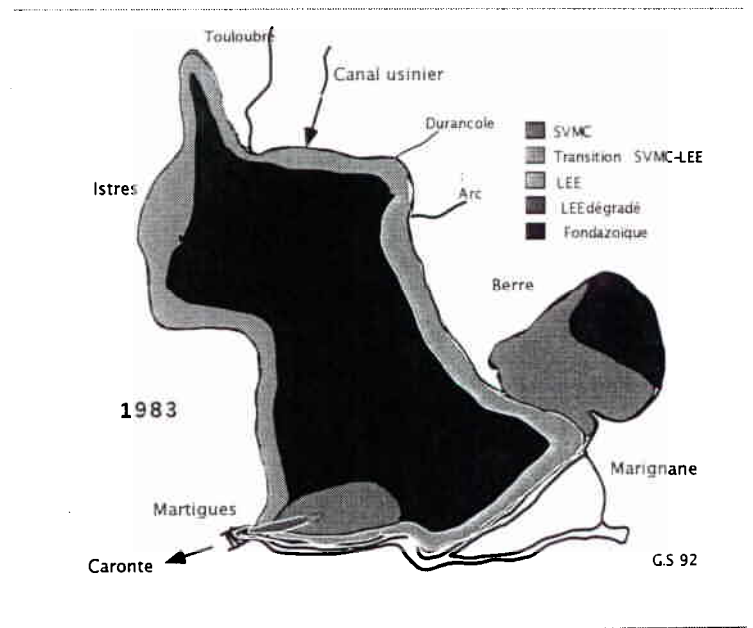


Schéma explicatif de la situation sur l'Etang de Berre



Caractéristiques écologiques de l'Etang en 1964  
(source : Faculté des Sciences de Luminy - M. Stora)



Caractéristiques écologiques de l'Etang en 1983  
(source : Faculté des Sciences de Luminy - M. Stora)

## Annexe VI

### Les projets à l'étude

L'étude sur la dérivation des rejets de la centrale EDF de Saint-Chamas fut annoncée publiquement par M. le préfet OLLIVIER lors de la réunion générale de constitution du GIPREB du 03/12/1999. La première phase d'étude des scénarios de dérivation des rejets EDF en aval de la centrale de Saint-Chamas s'est déroulée de juin à décembre 2000. De maîtrise d'ouvrage état, cofinancée par EDF, elle fut lancée en amont de la mise en place effective du GIP mais concertée avec les acteurs locaux en son sein.

Dix huit solutions ont été examinées selon une grille d'analyse commune permettant notamment d'estimer à dire d'experts leur faisabilité technique, les contraintes d'exploitation et de maintenance, leurs impacts sur les milieux traversés et récepteurs et leurs coûts d'investissement. Au terme de cette étude, cinq solutions ont été retenues, en fin d'année 2000, afin d'être approfondies en termes de faisabilité technique, d'impacts environnemental et de coût, pour différents dimensionnements afin de permettre éventuellement un panachage entre elles dans le but d'optimiser la solution qui devra répondre à l'objectif « zéro rejet, zéro contrainte ».

Ces solutions sont les suivantes :

- rejet au Rhône (Mas Thibert) par galerie + canal (solution A),
- rejet à l'embouchure du Rhône par galerie (solution B),
- rejet dans le Rhône à Barbentane par conduites en charge + arrêt du turbinage à Salon et Saint-Chamas (solution C),
- turbinage d'un tiers des débits, évacuation vers les canaux d'irrigation de Basse Durance selon leur possibilité, rejet du débit restant en Durance à Mallemort. Etude d'un ensemble de turbinage pompage (solution D),
- rejet en mer golfe de Fos par galerie (solution E).

La mission sur la Durance a souligné les très lourdes conséquences financières de ces projets : le coût de réalisation des ouvrages se situe approximativement entre 0,6 et 1,1 milliards d'euros. Par exemple, le rejet au Rhône par une galerie, puis un canal de plus de 100 m<sup>2</sup> de section dans la Crau aurait un coût de 0,63 milliard d'euros. Le rejet en mer dans le golfe de Fos par une galerie de 10 m de diamètre et 18 km de long aurait un coût de 0,70 milliard d'euros<sup>1</sup>.

Elle suggérait donc plutôt de fixer des objectifs globaux de réhabilitation écologique du système « Etang de Berre-Basse Durance »<sup>2</sup> et rappelait par ailleurs le nécessité de poursuivre la dépollution, urbaine et industrielle, provenant du pourtour de l'étang et mieux caractériser les autres sources de pollution, notamment d'origine diffuse.

---

<sup>1</sup> p.11-12 du « rapport Barthélémy-Prats »

<sup>2</sup> p.141-145 du « rapport IGE »

## Annexe VII : Test de sensibilité

Cette annexe reprend les calculs du V en modifiant l'hypothèse selon laquelle le plan Barnier conduit à un optimum économique, dans le champ des mesures modulant les rejets d'eau douce dans l'étang. Afin d'évaluer la sensibilité des résultats à un écart de cette hypothèse, deux nouvelles hypothèses sont testées successivement :

- l'optimum économique (pour lequel la fonction d'utilité collective est maximale) conduit à un taux de salinité moyen annuel de 10 ‰ dans l'étang de Berre ;
- l'optimum économique (pour lequel la fonction d'utilité collective est maximale) conduit à un taux de salinité moyen annuel de 30 ‰ dans l'étang de Berre.

On considère toujours, dans ces exemples, une fonction d'utilité collective  $W$  n'ayant pas de terme relatif à la variabilité infra-annuelle de la salinité :

$$W(S) = \alpha * \frac{S}{S_{marin}} \left( 2 - \frac{S}{S_{marin}} \right) - \text{coût}(S)$$

### 1. Cas où l'optimum économique conduit à un taux de salinité moyen annuel de 10 ‰ dans l'étang de Berre

Ceci revient à dire que la salinité moyenne annuelle qui maximise la fonction d'utilité  $W$  (c'est à dire pour laquelle  $\frac{\partial W}{\partial S} = 0$ ) est égale à 10 ‰.

Ainsi, on a :

$$\frac{\partial W}{\partial S}(10) = 0 = \frac{2\alpha}{S_{marin}} \left( 1 - \frac{10}{S_{marin}} \right) - \frac{\partial \text{coût}}{\partial S}(10)$$

D'où

$$\alpha = \frac{S_{marin}}{2 \left( 1 - \frac{10}{S_{marin}} \right)} * \frac{\partial \text{coût}}{\partial S}(10)$$

Avec, conformément aux calculs de la partie V.1,

$$\frac{\partial Cv}{\partial S}(10) = 0.77$$

Donc :

$$\alpha = \frac{S_{marin}}{2 \left( 1 - \frac{10}{S_{marin}} \right)} * 0.77$$

### Application numérique :

$S_{\text{marin}} = 37 \text{ ‰}$  (on considère ici que la valeur environnementale est maximale lorsque l'étang a un statut « halin marin »)

Alors  $\alpha = 19 \text{ M€ / an}$ .

Rappelons à ce stade que  $\alpha$  représente la valorisation économique de l'utilité que la société accorde à voir atteindre à l'étang un statut « halin marin ». Comme nous l'avons vu dans la partie V.1.2, un transfert de la valeur des aménités de l'étang de Thau à l'étang de Berre conduit à une valeur sensiblement plus élevée de  $\alpha$  :  $\alpha = 46 \text{ M€ / an}$ .

Il s'agit maintenant de savoir combien il est envisageable de dépenser pour un projet qui permet de restaurer le fonctionnement de l'étang de Berre. Pour cela, on raisonne dans un contexte où :

- l'objectif de bon fonctionnement physique de l'étang peut se résumer par l'obtention d'une salinité moyenne annuelle adéquate (non prise en compte du terme  $\beta \cdot \sigma^2$  dans la fonction d'utilité) ;
- il existe un seul instrument de pilotage des rejets d'eau douce, agissant sur le volume annuel rejeté (donc sur la salinité moyenne).

Dans ce contexte, la mesure permettant d'obtenir une salinité moyenne annuelle de 10 ‰ est optimale. La question est de savoir si les coûts des projets qui permettent de respecter l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte pour EDF » sont excessifs ou proportionnés aux avantages procurés, et si l'utilité collective tirée de ces projets est supérieure à celle qui serait obtenue par la mesure permettant la salinité de 10 ‰.

Considérons donc la valeur de l'utilité collective actuelle, sous contrainte de la mesure permettant une salinité moyenne  $S$  de 10 ‰, avec  $S_{\text{marin}} = 37 \text{ ‰}$  :

$$U = \alpha * \frac{S}{S_{\text{marin}}} \left( 2 - \frac{S}{S_{\text{marin}}} \right) - \text{coût}(S)$$

avec  $\text{coût}(S)$  le coût pour EDF de la mesure abaissant le taux de salinité de l'étang à 10 ‰. Par application d'une simple règle de trois, un rejet annuel de 2,1 milliards de  $\text{m}^3$  d'eau douce dans l'étang (plan Barnier) faisant chuter la salinité moyenne de 32 à 20 ‰, une salinité de 10 ‰ correspond à un rejet annuel d'eau douce dans l'étang de 3,85 milliards de  $\text{m}^3$ . Ainsi, par analogie avec les calculs de la partie V.1,

$$\text{coût}(S) = 3.85 * 10^9 * 0.266 * 0.167 * 10^{-7} = 17 \text{ M€ / an}$$

Ans :

$$- U_{10 \text{ ‰}} = 19 * \frac{10}{37} \left( 2 - \frac{10}{37} \right) - 17 = - 7.9 \text{ M€ / an pour } \alpha = 19 \text{ M€}$$

$$- U_{10 \text{ ‰}} = 46 * \frac{10}{37} \left( 2 - \frac{10}{37} \right) - 17 = 4.4 \text{ M€ / an pour } \alpha = 46 \text{ M€}$$



En outre la réalisation de l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte » (ayant pour conséquence une salinité moyenne  $S_{0/0}$  voisine de 32 ‰), dont l'annuité issue de l'investissement et des coûts d'entretien est notée  $coût_{0/0}$ , induirait une utilité collective égale à :

$$- U_{0/0} = \alpha * \frac{S_{0-0}}{S_{marin}} \left( 2 - \frac{S_{0/0}}{S_{marin}} \right) - coût_{0/0} = 19 * \frac{32}{37} \left( 2 - \frac{32}{37} \right) - coût_{0/0} = 19.1 - coût_{0/0}$$

pour  $\alpha = 19$  M€

$$- U_{0/0} = \alpha * \frac{S_{0-0}}{S_{marin}} \left( 2 - \frac{S_{0/0}}{S_{marin}} \right) - coût_{0/0} = 46 * \frac{32}{37} \left( 2 - \frac{32}{37} \right) - coût_{0/0} = 45 - coût_{0/0}$$

pour  $\alpha = 46$  M€.

Pour que l'utilité collective soit au moins aussi élevée après réalisation de l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte » que sous la mesure permettant d'obtenir une salinité de 10 ‰, il faut :

$U_{0/0} \geq U_{10\%}$  c'est à dire :

- $coût_{0/0} \leq 19.1 - U_{10\%}$  pour  $\alpha=19$  M€, soit  $coût_{0/0} \leq 27$  M€
- $coût_{0/0} \leq 45 - U_{10\%}$  pour  $\alpha=46$  M€, soit  $coût_{0/0} \leq 41$  M€

**Il est donc nécessaire que l'annuité issue de la réalisation de cet objectif soit inférieure à 41 M€ / an.**

En tenant compte d'un taux d'actualisation de 8 % et d'un taux d'anticipation de 3 % (permettant de tenir compte du renouvellement et de l'entretien de l'ouvrage), l'investissement I permettant la réalisation de l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte » doit donc être inférieur à :

$$I = 41 * \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(1 + 0.08 + 0.03)^i} = 41 * \frac{1}{1 - \frac{1}{1.11}} = 409 \text{ M€.}$$

## 2. Cas où l'optimum économique conduit à un taux de salinité moyen annuel de 30 ‰ dans l'étang de Berre

Ceci revient à dire que la salinité moyenne annuelle qui maximise la fonction d'utilité W (c'est à dire pour laquelle  $\frac{\partial W}{\partial S} = 0$ ) est égale à 30 ‰.

Ainsi, on a :

$$\frac{\partial W}{\partial S}(30) = 0 = \frac{2\alpha}{S_{marin}} \left( 1 - \frac{30}{S_{marin}} \right) - \frac{\partial coût}{\partial S}(30)$$

D'où

$$\alpha = \frac{S_{marin}}{2 \left( 1 - \frac{30}{S_{marin}} \right)} * \frac{\partial coût}{\partial S}(30)$$

Avec, conformément aux calculs de la partie V.1,

$$\frac{\partial C_v}{\partial S}(30) = 0.77$$

Donc :

$$\alpha = \frac{S_{\text{marin}}}{2 \left( 1 - \frac{30}{S_{\text{marin}}} \right)} * 0.77$$

#### Application numérique :

$S_{\text{marin}} = 37 \text{ ‰}$  (on considère ici que la valeur environnementale est maximale lorsque l'étang a un statut « halin marin »)

Alors  $\alpha = 75 \text{ M€ / an.}$

Rappelons à ce stade que  $\alpha$  représente la valorisation économique de l'utilité que la société accorde à voir atteindre à l'étang un statut « halin marin ». Comme nous l'avons vu dans la partie V.1.2, un transfert de la valeur des aménités de l'étang de Thau à l'étang de Berre conduit à une valeur sensiblement plus élevée de  $\alpha$  :  $\alpha = 46 \text{ M€ / an.}$

Il s'agit maintenant de savoir combien il est envisageable de dépenser pour un projet qui permet de restaurer le fonctionnement de l'étang de Berre. Pour cela, on raisonne dans un contexte où :

- l'objectif de bon fonctionnement physique de l'étang peut se résumer par l'obtention d'une salinité moyenne annuelle adéquate (non prise en compte du terme  $\beta * \sigma^2$  dans la fonction d'utilité) ;
- il existe un seul instrument de pilotage des rejets d'eau douce, agissant sur le volume annuel rejeté (donc sur la salinité moyenne).

Dans ce contexte, la mesure permettant d'obtenir une salinité moyenne annuelle de 10 ‰ est optimale. La question est de savoir si les coûts des projets qui permettent de respecter l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte pour EDF » sont excessifs ou proportionnés aux avantages procurés, et si l'utilité collective tirée de ces projets est supérieure à celle qui serait obtenue par la mesure permettant la salinité de 30 ‰.

Considérons donc la valeur de l'utilité collective actuelle, sous contrainte de la mesure permettant une salinité moyenne  $S$  de 30 ‰, avec  $S_{\text{marin}} = 37 \text{ ‰}$  :

$$U = \alpha * \frac{S}{S_{\text{marin}}} \left( 2 - \frac{S}{S_{\text{marin}}} \right) - \text{coût}(S)$$

avec  $\text{coût}(S)$  le coût pour EDF de la mesure abaissant le taux de salinité de l'étang à 30 ‰. Par application d'une simple règle de trois, un rejet annuel de 2,1 milliards de  $\text{m}^3$  d'eau douce dans l'étang (plan Barnier) faisant chuter la salinité moyenne de 32 à 20 ‰, une salinité de 30 ‰ correspond à un rejet annuel d'eau douce dans l'étang de 0.35 milliards de  $\text{m}^3$ . Ainsi, par analogie avec les calculs de la partie V.1,

$$\text{coût}(S) = 0.35 * 10^9 * 0.266 * 0.167 * 10^{-7} = 1.55 \text{ M€ / an}$$

Ansi :

$$- U_{30\%} = 75 * \frac{30}{37} \left( 2 - \frac{30}{37} \right) - 1.55 = 71 \text{ M€ / an pour } \alpha = 75 \text{ M€}$$

$$- U_{30\%} = 46 * \frac{30}{37} \left( 2 - \frac{30}{37} \right) - 1.55 = 43 \text{ M€/an pour } \alpha = 46 \text{ M€}$$

En outre la réalisation de l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte » (ayant pour conséquence une salinité moyenne  $S_{0/0}$  voisine de 32 ‰), dont l'annuité issue de l'investissement et des coûts d'entretien est notée  $\text{coût}_{0/0}$ , induirait une utilité collective égale à :

$$- U_{0/0} = \alpha * \frac{S_{0-0}}{S_{\text{marin}}} \left( 2 - \frac{S_{0/0}}{S_{\text{marin}}} \right) - \text{coût}_{0/0} = 75 * \frac{32}{37} \left( 2 - \frac{32}{37} \right) - \text{coût}_{0/0} = 73.5 - \text{coût}_{0/0}$$

pour  $\alpha = 75 \text{ M€}$

$$- U_{0/0} = \alpha * \frac{S_{0-0}}{S_{\text{marin}}} \left( 2 - \frac{S_{0/0}}{S_{\text{marin}}} \right) - \text{coût}_{0/0} = 46 * \frac{32}{37} \left( 2 - \frac{32}{37} \right) - \text{coût}_{0/0} = 45 - \text{coût}_{0/0}$$

pour  $\alpha = 46 \text{ M€}$ .

Pour que l'utilité collective soit au moins aussi élevée après réalisation de l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte » que sous la mesure permettant d'obtenir une salinité de 30 ‰, il faut :

$U_{0/0} \geq U_{30\%}$  c'est à dire :

- $\text{coût}_{0/0} \leq 73.5 - U_{30\%}$  pour  $\alpha=75 \text{ M€}$ , soit  $\text{coût}_{0/0} \leq 2.7 \text{ M€}$
- $\text{coût}_{0/0} \leq 45 - U_{30\%}$  pour  $\alpha=46 \text{ M€}$ , soit  $\text{coût}_{0/0} \leq 2.2 \text{ M€}$

**Il est donc nécessaire que l'annuité issue de la réalisation de cet objectif soit inférieure à 2.7 M€ / an.**

En tenant compte d'un taux d'actualisation de 8 % et d'un taux d'anticipation de 3 % (permettant de tenir compte du renouvellement et de l'entretien de l'ouvrage), l'investissement  $I$  permettant la réalisation de l'objectif « 0 rejet, 0 contrainte » doit donc être inférieur à :

$$I = 2.7 * \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(1 + 0.08 + 0.03)^i} = 41 * \frac{1}{1 - \frac{1}{1.11}} = 27 \text{ M€}.$$