

**Conférence de consensus sur le débit du Rhône à
Beaucaire pour la crue de Décembre 2003**


CONTRIBUTION CNR



Pont de Beaucaire-Tarascon PK 269.60 – photo prise le 3 décembre 2003

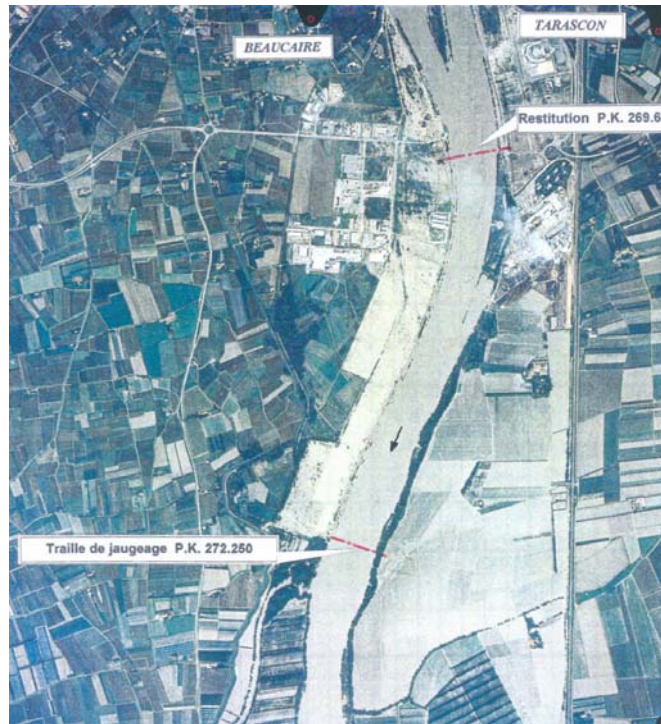
ANNEXE VII

Evolution des fonds en aval de Beaucaire – Hydrographie

 <p>Compagnie Nationale du Rhône</p> <p>DPFI-PF-Labo Date: 15 juin 2005</p>	<p>COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE Direction du Patrimoine Fluvial et Industriel Département Patrimoine Fluvial Laboratoire Hydraulique - Mesures 4 rue de Chalon sur Saône 69007 LYON</p> <p>Tél. : 04.78.61.60.00 - Télécopie : 04.78.58.69.38</p> <p>Siège Social : 2 rue Bonin - 69316 LYON CEDEX 04</p>
--	--

DPFI – DPF Laboratoire

Hydrographie



Evolution des fonds du Rhône en aval de Beaucaire



Compagnie Nationale du Rhône

DPFI-PF Labo 05-142d
avril 2005

COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE **Direction du Patrimoine Fluvial et Industriel**

Département Patrimoine Fluvial
Laboratoire Hydraulique - Mesures
4 rue de Chalon sur Saône
69007 LYON

Tél. : 04.78.61.60.00 - Télécopie : 04.78.58.69.38

Siège Social : 2 rue Bonin - 69316 LYON CEDEX 04

Evolution des fonds du Rhône en aval de Beaucaire

Client **DPFI - DPF**

Interlocuteur M. KHALADI

Contrat n°




Date Demande du 18 janvier 2005

Titre Evolution des fonds du Rhône à l'aval de Beaucaire

Unité réalisatrice **COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE**
Département Patrimoine Fluvial
Laboratoire Hydraulique - Mesures
4, Rue de Chalon sur Saône
69007 LYON

Rapport **DPFI-PFL 05-142d**

Contrôle qualité

	Nom	Date	Signature
Réalisé par	P. RICHARD	18 02 05	
Vérifié par	Y. SCOTTI	3.06.05	
Approuvé par	Y. SCOTTI	3.06.05	

Historique du document

Indice	Date	Désignation de la révision
a	28/02/05	Corrections mineures
b	03/03/05	Critiques des données
c	11/03/05	Complément calcul cubature pour les berges
d	30/03/05	Prise en compte de la campagne FM de fév. 05

SOMMAIRE et ANNEXES

1. CONTEXTE ET DEMANDE.....	4
2. METHODOLOGIE.....	4
3. DONNEES DISPONIBLES	4
4. EXPLOITATION DES DONNEES	4
5. SYNTHESE.....	4

ANNEXE A : Comparaison des campagnes 1974 et 1988 (vedettes)

ANNEXE B : Comparaison des campagnes 1988 et 1994 (vedettes)

ANNEXE C : Comparaison des campagnes 1994 et 1999 (vedettes)

ANNEXE D : Comparaison des campagnes 1974 et 1999 (vedettes)

ANNEXE E : Comparaison des campagnes 1998 et 2002 du FM

ANNEXE F : Comparaison des campagnes 2002 et 2005 du FM

1. CONTEXTE ET DEMANDE

Dans le cadre de l'évaluation des débits à Beaucaire, DPFI souhaite connaître l'évolution dans le temps des fonds du Rhône en aval de la station de mesure (entre la restitution et le défluent). Il s'agit de déterminer l'influence que pourrait avoir l'évolution des fonds sur la variation des niveaux au droit de la station de Beaucaire. Cette question est de plus en plus récurrente et nécessite une réponse "rapide".

Il s'agit de fournir un bilan global et profil par profil des délais-remblais dans le secteur (restitution-défluent) en utilisant l'ensemble des campagnes disponibles issues de la base de données Bathy, du FM et des archives CNR.

2. METHODOLOGIE

L'étude consiste à comparer les campagnes de mesures disponibles pour connaître l'évolution des fonds du Rhône à l'aval de Beaucaire.

Entre Beaucaire et Arles, on distingue essentiellement 2 secteurs :

- de la restitution (PK 269) au PK 275, zone dont l'évolution des fonds n'est pas influencée par des dragages,
- entre les PK275 et PK 282, zone soumis à des dragages fréquents (227 000 m³ entre 1998 et 2002).

Nous intéresserons plus particulièrement aux 6 km à l'aval de la station de Beaucaire, c'est-à-dire entre les PK 269 et 275 ; au delà du PK 275, les fonds du Rhône influence dans une moindre mesure les niveaux d'eau à la station de mesure de Beaucaire. Une carte du secteur est fournie page suivante.

3. DONNEES DISPONIBLES

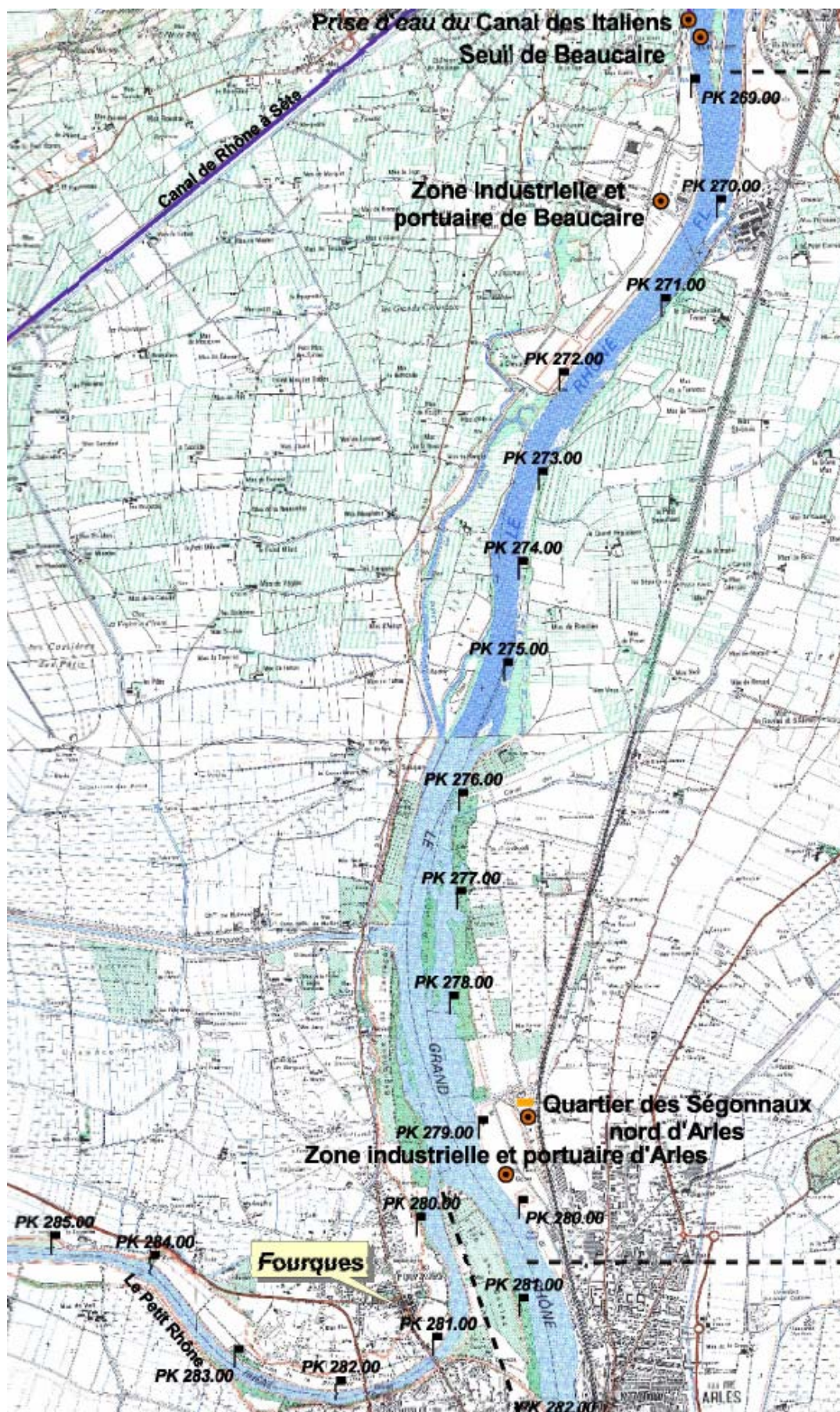
Données issues du Frédéric Mistral (MNT des fonds):

La dernière campagne de mesure du bief complet de Palier d'Arles a été réalisée entre mars et octobre 2002. Les campagnes précédentes sur le secteur datent de 1998 et 1996. Elles couvrent l'ensemble du Bief hydraulique du Palier d'Arles entre les ouvrages de Vallabrègues et la mer Méditerranée. La campagne de 1996 nécessite un travail non négligeable de récupération des données, aussi elle n'est pas prise en compte dans la présente analyse.

Un levé entre les ouvrages de Vallabrègues et le PK 272 a été réalisé en 1999, dans le cadre de la surveillance des dragages compensatoires situés à l'aval du nouveau pont de Beaucaire.

Un levé bathymétrique a été également réalisé en février 2005 entre les PK 276 et 282 pour les besoins de l'étude modèle réduit du secteur du défluent, envisagée au laboratoire de Gerland en 2006.

Carte du secteur d'étude



Données issues de la vedette hydrographique de la DR d'Avignon :

De nombreuses campagnes de mesures sont disponibles : 1974 à l'issue des travaux de l'aménagement du Palier d'Arles, 1988, 1994, 1999. Elles se composent d'un profil en travers tous les 100 m couvrant plus ou moins le secteur d'étude.

Critique des données bathymétriques :

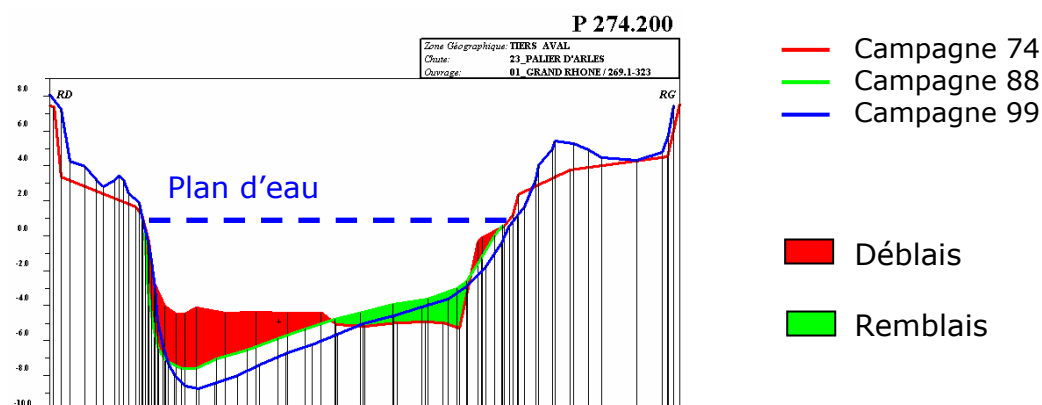
On distingue deux types de profil en travers :

- profil complet : lit mineur accessible avec la vedette + berge,
- profil concernant uniquement le lit mineur, sans complément de berge.

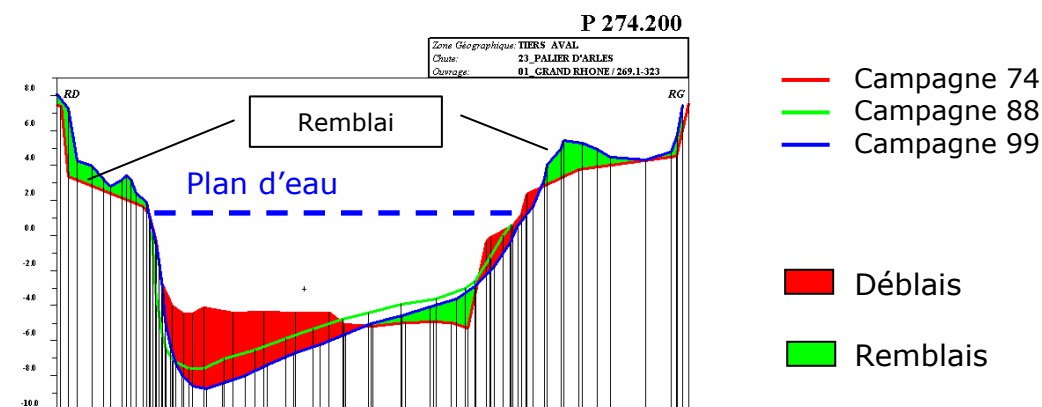
Les campagnes 1974 et 1999 couvrent le lit mineur et les berges. Les campagnes 1988 et 1994 concernent le lit mineur. Ainsi la comparaison de profil lit mineur introduit un biais dans le sens ou l'évolution des zones inaccessibles aux vedettes n'est pas prise en compte.

L'exemple suivant permet d'illustrer la situation : au droit du PK 274.200, les campagnes 1974 (rouge) et 1999 (bleu) couvrent le profil complet. La campagne 1988 (vert) concerne le lit mineur.

○ **déblais-remblais entre les campagnes 1974 et 1988 :**



○ **déblais-remblais entre les campagnes 1974 et 1999 :**



Entre 1974 et 1999, les remblais observés en berge sont pris en compte dans le calcul de cubature, alors que d'éventuelles évolutions des berges entre 1974 et 1988 ne sont pas représentées.

Bibliographie :

- Territoire Rhône - Etude Globale : Histoire de l'aménagement du Palier d'Arles, Propagation des crues dans le Delta, Etude du transport solide
- CNR - Surveillance du lit du Rhône au moyen du FM – Palier d'Arles – 2002
- CNR - Amélioration du mouillage dans la zone du défluent – 2000

Les archives CNR ont été consultées pour compléter éventuellement les données bathymétriques. Les informations trouvées concernent essentiellement les opérations de dragages du secteur à savoir PK 275-282. Une campagne de profils en travers de 1964 a été retrouvée, mais elle reste difficilement exploitable compte tenu de leur forme papier. De plus, elle concerne un secteur restreint au droit d'Arles : du PK 279.800 au PK 281.500.

4. EXPLOITATION DES DONNEES

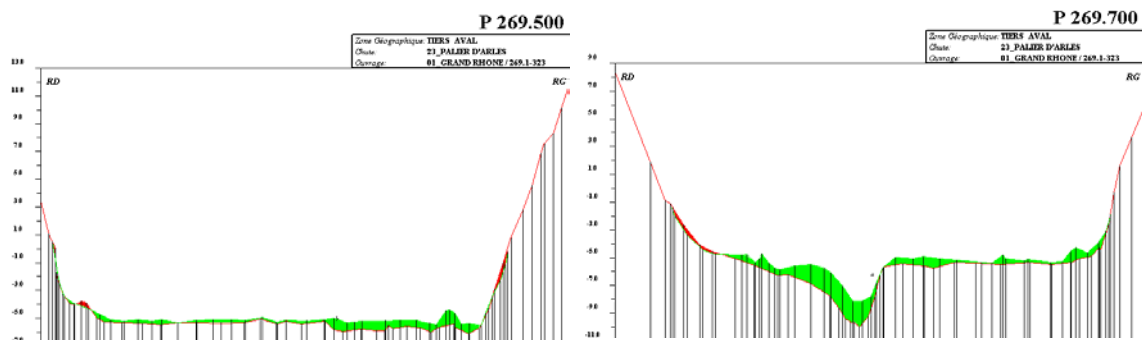
Exploitation des données issues de la base BATHY :

Comparaison des campagnes 1974 – 1988 (14 ans)

L'aménagement du bief de Palier d'Arles s'est achevé en 1973. Entre 1974 et 1988, le lit mineur du Rhône s'est dégradé globalement de 987 000 m³ entre Beaucaire et Arles, comme le montre les histogrammes déblais-remblais en annexe A. L'enfoncement moyen du tronçon est de 38 cm entre les PK 269.100 et 281.500 ($987\ 000 / (12\ 800 \times 200) = 0.38\text{ m}$).

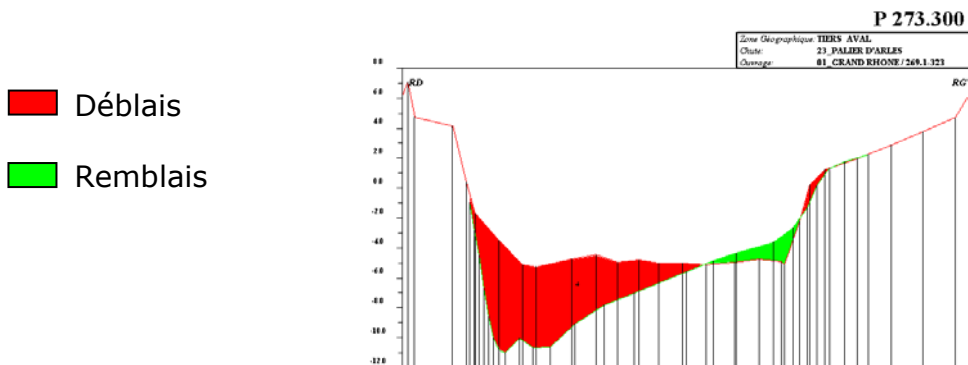
Toutefois, à l'aval direct de la restitution où le Rhône atteint 400 m de large, le tronçon du PK 269.100 au 270.000 s'est engraisé de 57 700 m³ à l'image des profils ci- dessous :

(soit $57\ 700 / (7\ 000 \times 400) = 24\text{ cm}$ d'exhaussement moyen)



Dans la même proportion, les fonds se sont engraisés entre les PK 277.100 et 277.300 au niveau de la prise d'eau BRL, de 71 000 m³.

Les déficits de matériaux centrés sur les PK 273.300 et 274.400 s'expliquent par une forte érosion de l'extrados de la courbe du Rhône comme le montre ci après le déblai sur le profil en travers au PK273.300, avec des fonds atteignant (-11 mNGFortho).



A l'aval de Beaucaire et sur 6 km, le dégrèvement du Rhône est de 570 000 m³, soit un enfouissement moyen de 47 cm (= 570 000/(6000x200)).

Comparaison des campagnes 1988 – 1994 (6 ans)

Entre 1988 et 1994, les fonds semblent se stabiliser : le bilan remblais-déblais est nul sur le tronçon du PK 269.100 à 274.300. Il est de nouveau sur le tronçon 274.300 à 275.700 (cf. annexe B).

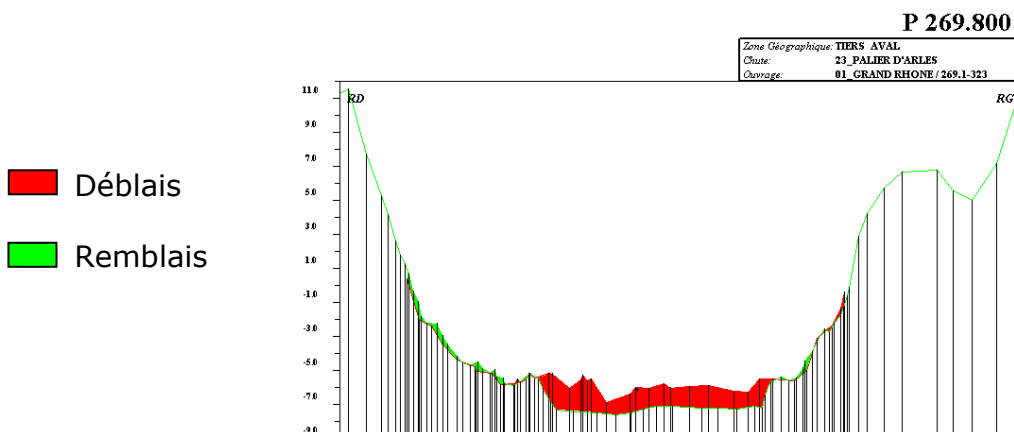
Au final sur 10 km environ entre Beaucaire et Arles, la balance déblais-remblais est de +67 500 m³, soit un exhaussement moyen de 3 cm, ce qui reste du même ordre de grandeur que l'incertitude liée à la mesure.

Comparaison des campagnes 1994 – 1999 (5 ans)

Globalement le bilan remblais-déblais est proche de zéro entre Beaucaire et le PK279.000 entre 1994 et 1999. L'annexe C le montre très clairement.

Cependant les tendances suivantes se dégagent :

- un remblaiement de 12 500 m³ apparaît à l'aval direct de la restitution entre les PK 269.100 et PK269.500.
- les dragages compensatoires du nouveau pont de Beaucaire (80 000 m³) sont mis en évidence. Les travaux ont été réalisés entre 1997 et 1998 entre les PK 269.650 et 270.000 :



- entre les PK 269.500 et 278.100 (8.5 km), le tronçon se dégrave de 250 000 m³, soit un enfoncement moyen de 15 cm environ.

- Il semblerait que les 250 000 m³ précédents se retrouvent entre les PK 278 et 279, comme le montre bien l'annexe C.

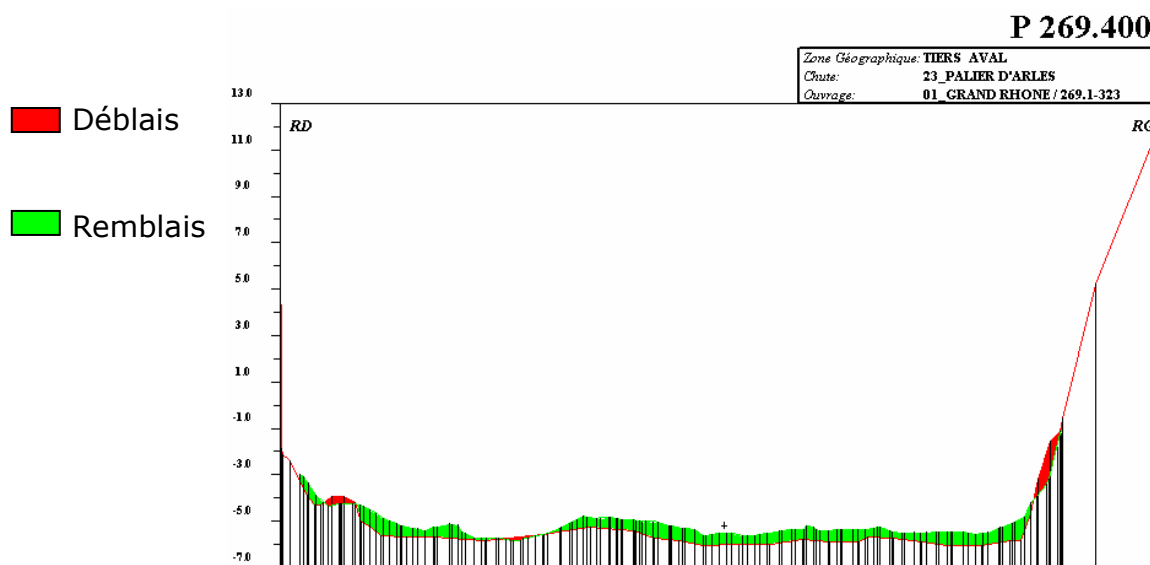
Au final sur 10 km environ entre Beaucaire et Arles, la balance déblais-remblais est de +94 000 m³, soit un exhaussement moyen de 5 cm (94 000/(10 000 x 200)), ce qui reste du même ordre de grandeur que l'incertitude liée à la mesure.

Comparaison des campagnes 1974 – 1999 (25 ans)

En 25 années après la mise en service, le tronçon de Rhône (lit mineur + berge) entre la restitution de Beaucaire (PK269) et Arles (PK281.5) s'est dégravé de 385 000 m³, soit un enfoncement moyen de 15 cm (=385000/(12800x200)).

Les bilans déblais remblais sont fournis en annexe D.

Il est à noter que le tronçon compris entre les PK 269.100 et 269.600 s'est tout de même engravé de 80 000 m³, soit un exhaussement moyen des fonds de 40 cm (=80000/(575x350)). Le profil ci-dessous le montre clairement :



Ce tronçon correspond à la restitution de l'aménagement de Vallabrègues. La largeur moyenne du Rhône est de 350 m et les fonds sont à la cote (-5 à -6 mNGFortho).

Plus à l'aval, le tronçon de Rhône entre les PK 269.600 et 275.000 s'est dégravé de 615 000 m³, soit un enfoncement moyen de 56 cm (=615000/(5450x200)).

Entre les PK 275.000 et 281.500, le volume d'engravement est de 150 000 m³ sur 7 km, soit un exhaussement moyen de 10 cm (=150000/(7000x200)).

Pour rappel, les bilans sédimentaires entre les campagnes entre Arles et Beaucaire sont les suivants :

1974 - 1988 : - 987 000 m³ de déblais en lit mineur

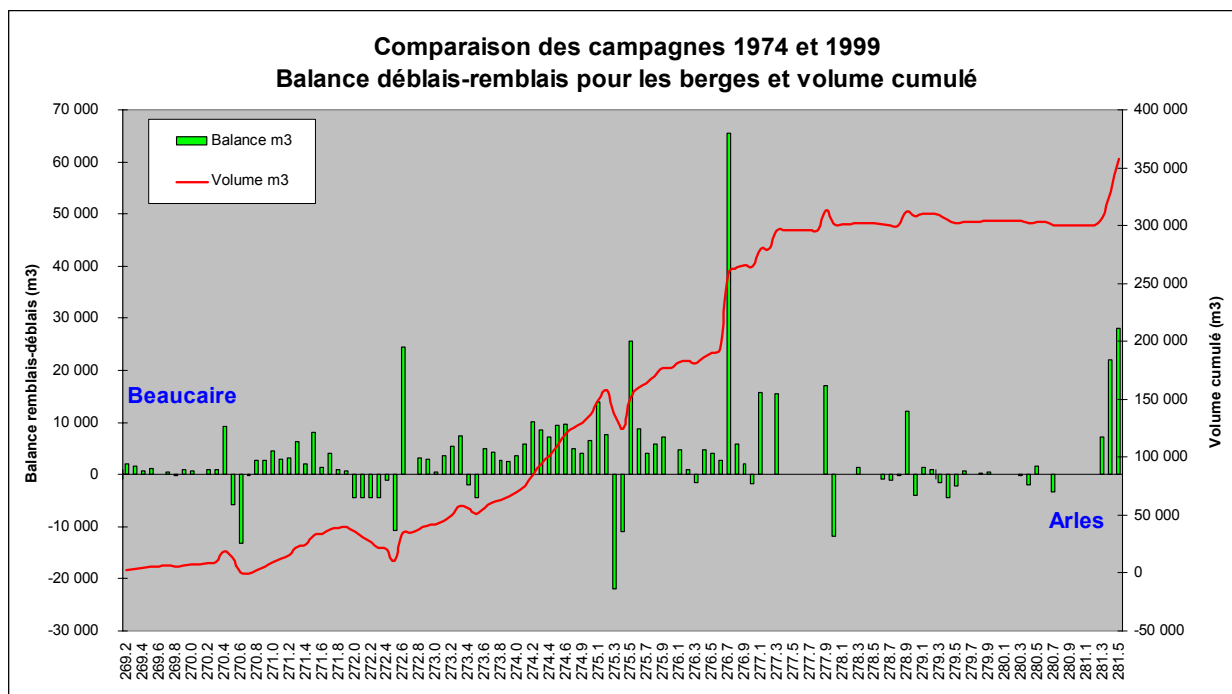
1988 - 1994 : + 67 500 m³ de remblais en lit mineur

1994 - 1999 : + 94 000 m³ de remblais en lit mineur

soit un bilan entre 1974 et 1999 de - **825 500 m³** pour le lit mineur.

La comparaison entre 74 et 99 qui concerne le lit mineur et les berges donne un bilan de - 385 000 m³.

Le calcul de cubature pour les berges entre 74 et 99 fait apparaître un bilan de + 360 000 m³, comme le montre le graphique ci-dessous :



soit au final - 825 500 m³ + 360 000 m³ = - 465 500 m³ du même ordre de grandeur que le bilan de - 385 000 m³.

Il est donc possible de préciser pour le bilan entre 1974 et 1999 que le lit mineur s'est globalement dégradé de 800 000 m³ environ alors que les berges ont fait l'objet d'un remblai de l'ordre de 400 000 m³.

Utilisation des données issues du FM (annexe E et F) :

L'examen et analyse des cartes différentielles entre les campagnes 1998 et 2002 amènent les remarques suivantes (cf. annexe E) :

- le bilan déblais remblais du canal de fuite de Vallabrègues est quasi nul.
- en ce qui concerne le Rhône entre les PK 268.500 et 275, un déficit de 110 000 m³ est mis en évidence soit un enfoncement moyen de 10 cm.
- la tendance à l'enfoncement de la zone comprise entre les PK 269 et 269.500 s'inverse et fait place à un enfoncement moyen des fonds de 6 cm du secteur de la restitution.
- pour le Rhône entre les PK 275 et 281.5, un déficit de 270 000 m³ apparaît, soit un enfoncement moyen de 22 cm. Il faut noter que 227 000 m³ ont été dragués entre 1998 et 2002 sur ce tronçon.

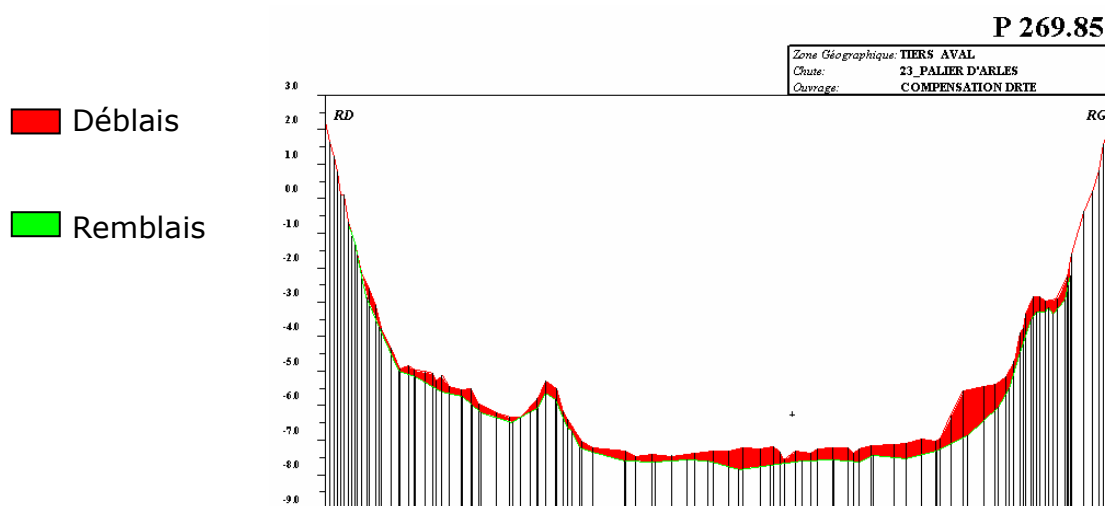
Entre Beaucaire et Arles, un déficit de 380 000 m³ apparaît, soit un enfoncement moyen de 16 cm sur le tronçon entre 1998 et 2002.

Concernant l'évolution des fonds entre mars 2002 et février 2005 pour le secteur compris entre les PK 276 et 282, le bilan déblais-remblais est négatif et le déficit en matériaux atteint 273 000 m³. Il correspond essentiellement à un creusement des fosses existantes (RD 276.300, RD 278.400 et RD 281.500). Il faut préciser également que 237 500 m³ de graviers ont été dragués dans le chenal navigable sur la période.

Evolution de la fosse à l'aval du pont de Beaucaire (PK269.600)

Entre 1997 et 1998 un dragage compensatoire a été réalisé entre les PK 269.700 et 270.00. Cette forme fait l'objet d'un suivi régulier depuis 1998.

L'examen des différents levés montre que les fonds ont tendance à se creuser. Entre 1998 et 2004, sur 800 m entre les PK 269.300 et 270.0 un dégrèvement de 62 000 m³ est mesuré, ce qui correspond à un enfoncement moyen de 30 cm (= 62 000 / (900 m x 250 m)). Le profil ci dessous le met bien en évidence (comparaison du levé 1998 et 2004):



5. SYNTHÈSE

En synthèse, il apparaît que le tronçon de Rhône entre Beaucaire et Arles s'est globalement dégradé de 385 000 m³ entre 1974 et 1999.

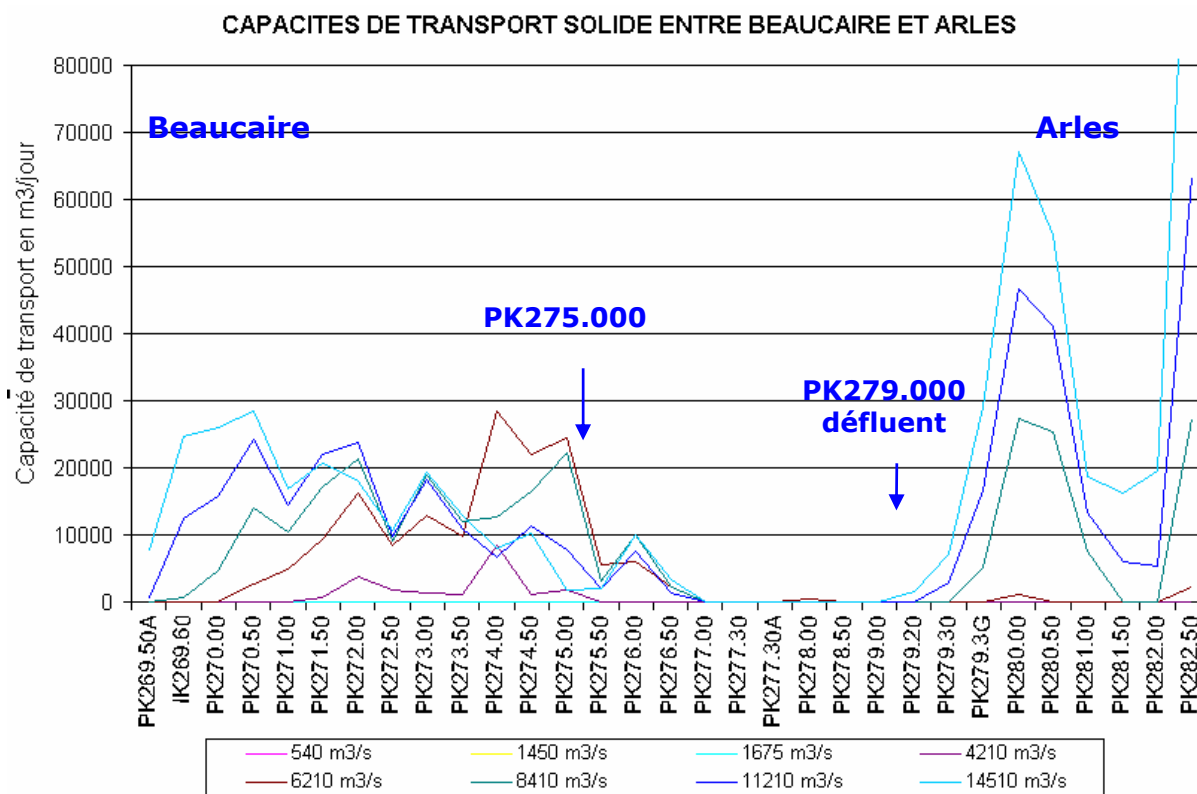
Les différentes campagnes montrent les tendances suivantes :

- engrèvement de la restitution (PK 269.100 à 269.600) jusqu'en 1999 puis inversement de la tendance entre 1998 et 2002,
- dégrèvement systématique entre le PK 269.600 et 275,
- relative stabilité du tronçon dragué fréquemment entre le PK 275 et Arles.
- entre 74 et 99, le lit mineur s'est globalement dégradé de 800 000 m³ environ alors que les berges ont fait l'objet d'un remblai de l'ordre de 400 000 m³.

L'enfoncement du lit mineur se poursuit entre 1998 et 2002 (-380 000 m³ entre Beaucaire et Arles). Cette tendance se confirme sur le secteur du défluent entre 2002 et 2005 avec un déficit de 273 000 m³.

Le Rhône semble se charger en matériaux entre Beaucaire et le PK 275, puis les matériaux se déposent ensuite à l'aval du PK 275.

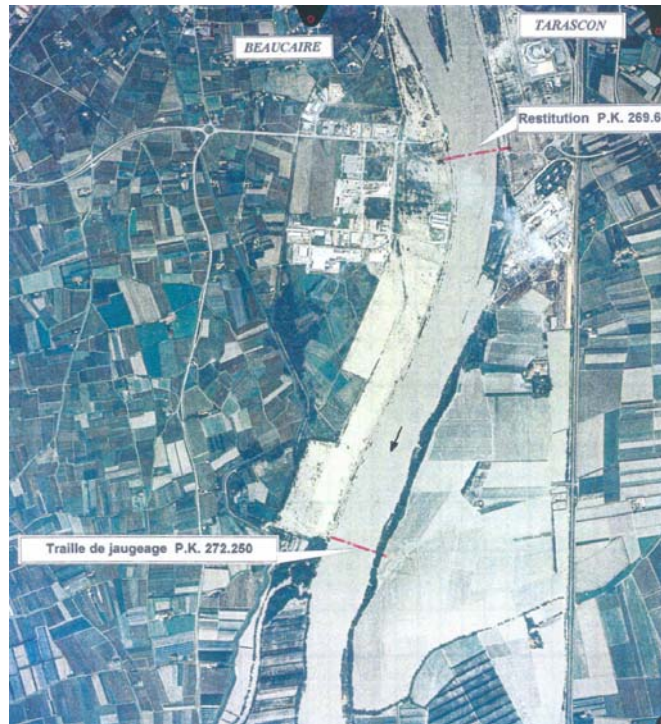
Le graphique suivant le confirme. Il montre la capacité de transport solide entre Arles et Beaucaire :



Document issu de l'étude CNR de 2000 concernant l'amélioration du mouillage dans le secteur du défluent (calcul du transport solide capable au moyen de crue 7).

DPFI – DPF Laboratoire

Hydrographie



Evolution des fonds du Rhône en aval de Beaucaire

ANNEXES

- ANNEXE A** : Comparaison des campagnes 1974 et 1988 (vedettes)
- ANNEXE B** : Comparaison des campagnes 1988 et 1994 (vedettes)
- ANNEXE C** : Comparaison des campagnes 1994 et 1999 (vedettes)
- ANNEXE D** : Comparaison des campagnes 1974 et 1999 (vedettes)
- ANNEXE E** : Comparaison des campagnes 1998 et 2002 du FM
- ANNEXE F** : Comparaison des campagnes 2002 et 2005 du FM



Compagnie Nationale du Rhône

DPFI-PF Labo 05-142d
avril 2005

COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE **Direction du Patrimoine Fluvial et Industriel**

Département Patrimoine Fluvial
Laboratoire Hydraulique - Mesures
4 rue de Chalon sur Saône
69007 LYON

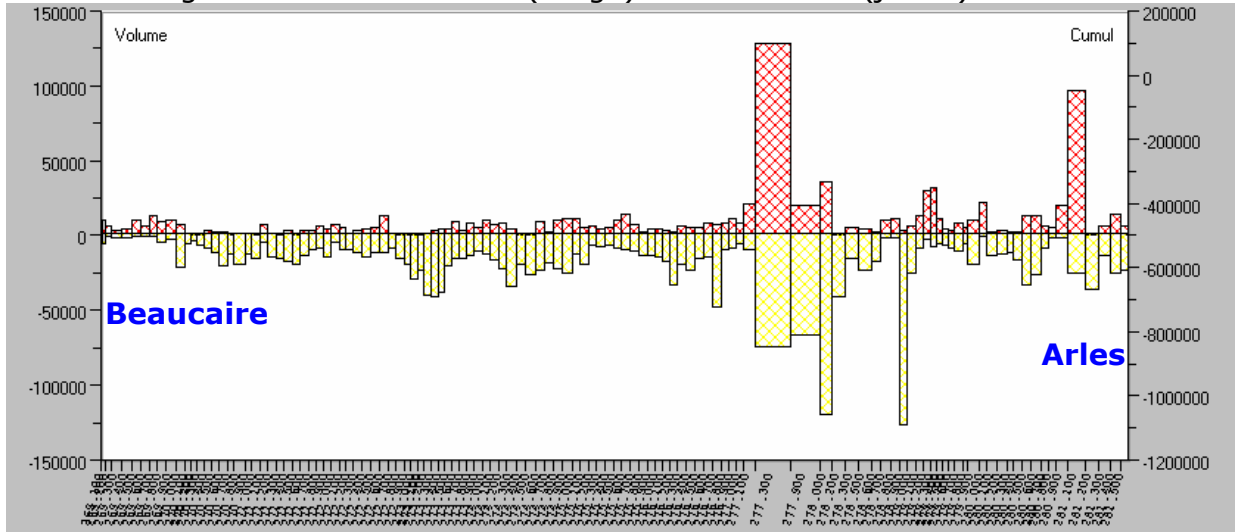
Tél. : 04.78.61.60.00 - Télécopie : 04.78.58.69.38

Siège Social : 2 rue Bonin - 69316 LYON CEDEX 04

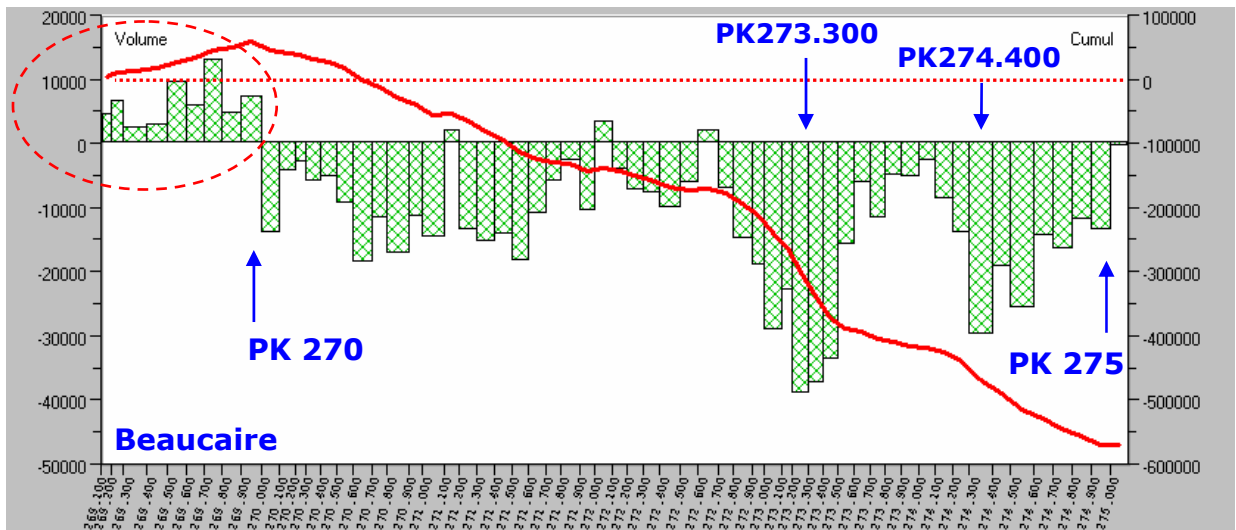
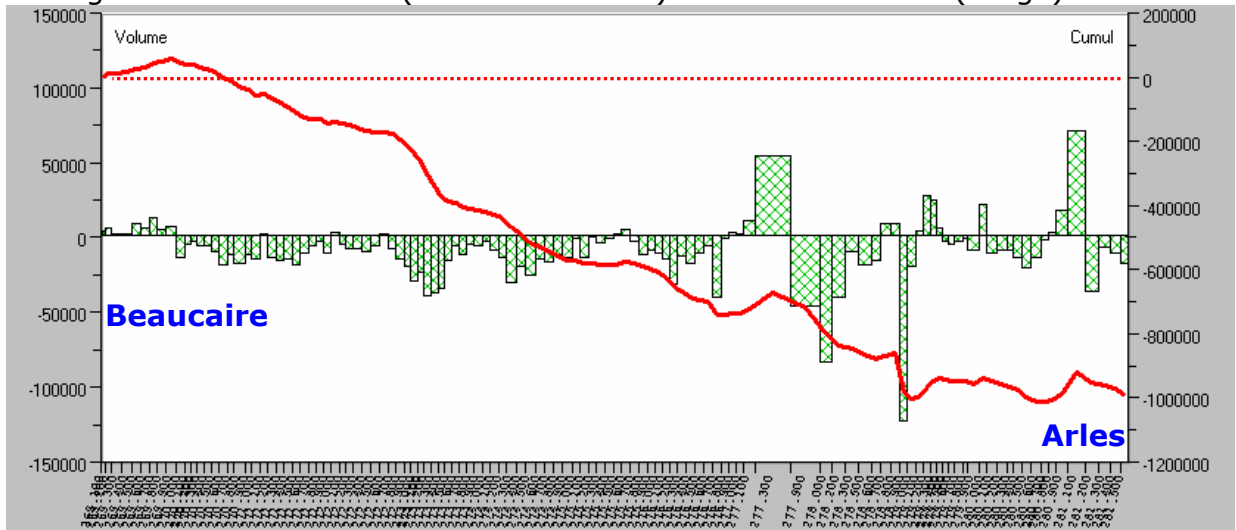
ANNEXE A

Comparaison des campagnes 1974 et 1988 entre les PK 269.100 et 281.500
(à partir des profils vedettes)

Histogrammes des remblais (rouge) et des déblais (jaune) en m³



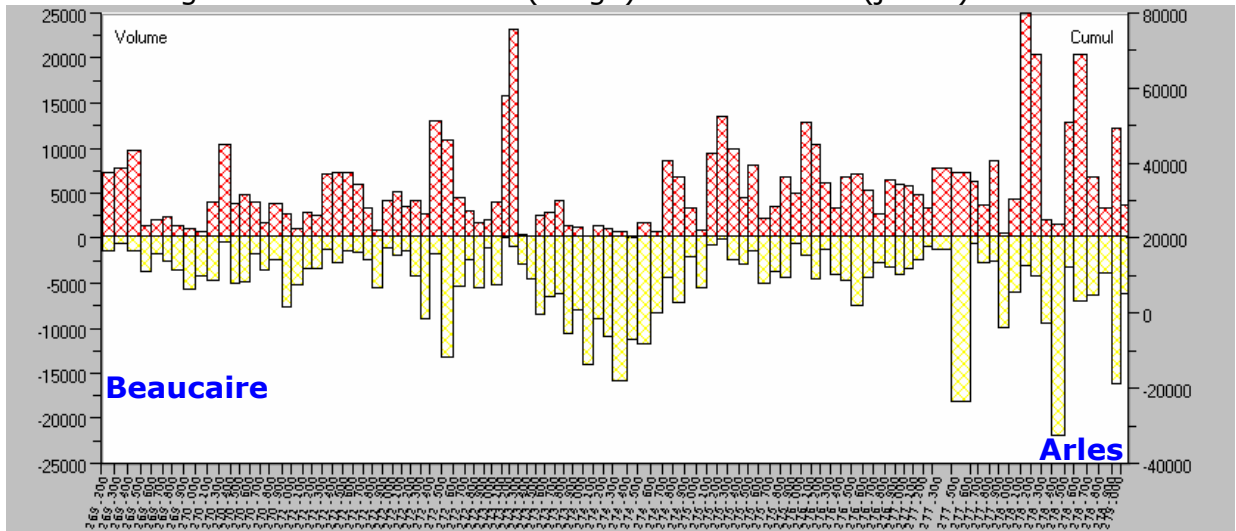
Histogrammes du volume (remblais-déblais) et volume cumulé (rouge) en m³



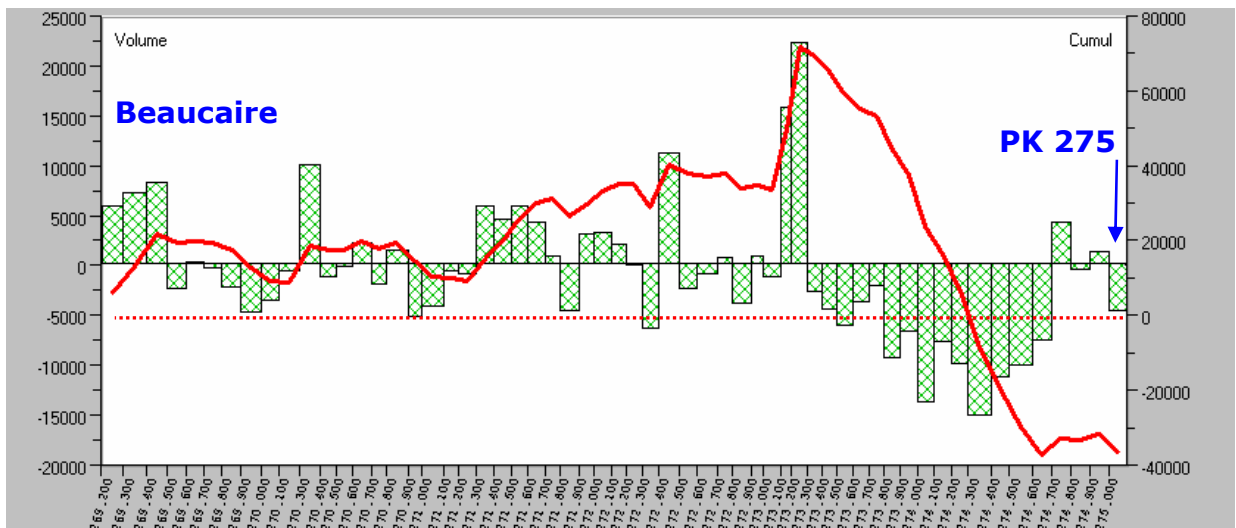
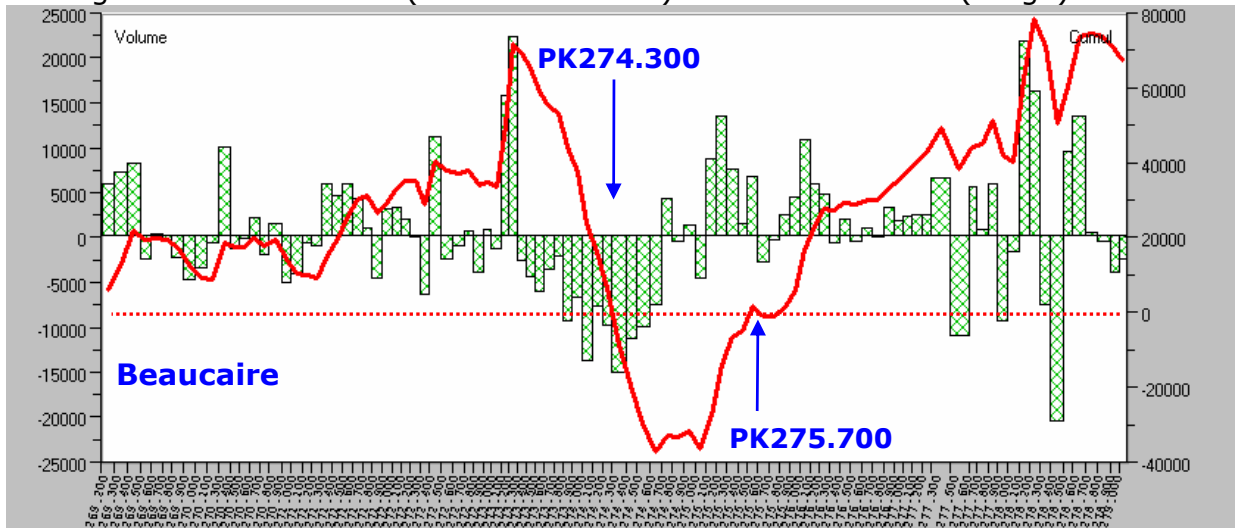
ANNEXE B

Comparaison des campagnes 1988 et 1994 entre les PK 269.100 et 279.000
(à partir des profils vedettes)

Histogrammes des remblais (rouge) et des déblais (jaune) en m³



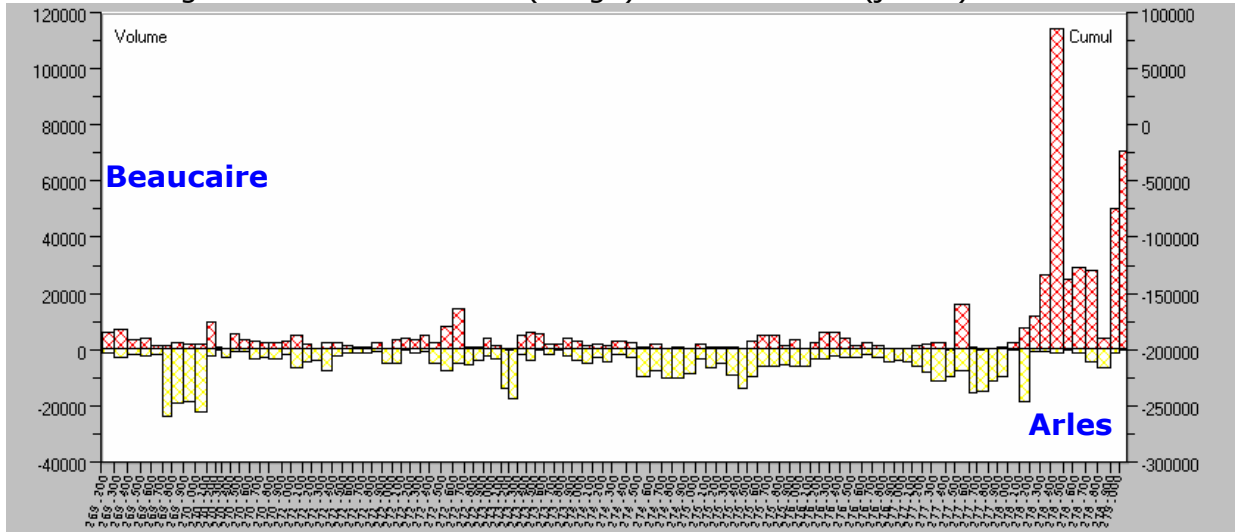
Histogrammes du volume (remblais-déblais) et volume cumulé (rouge) en m³



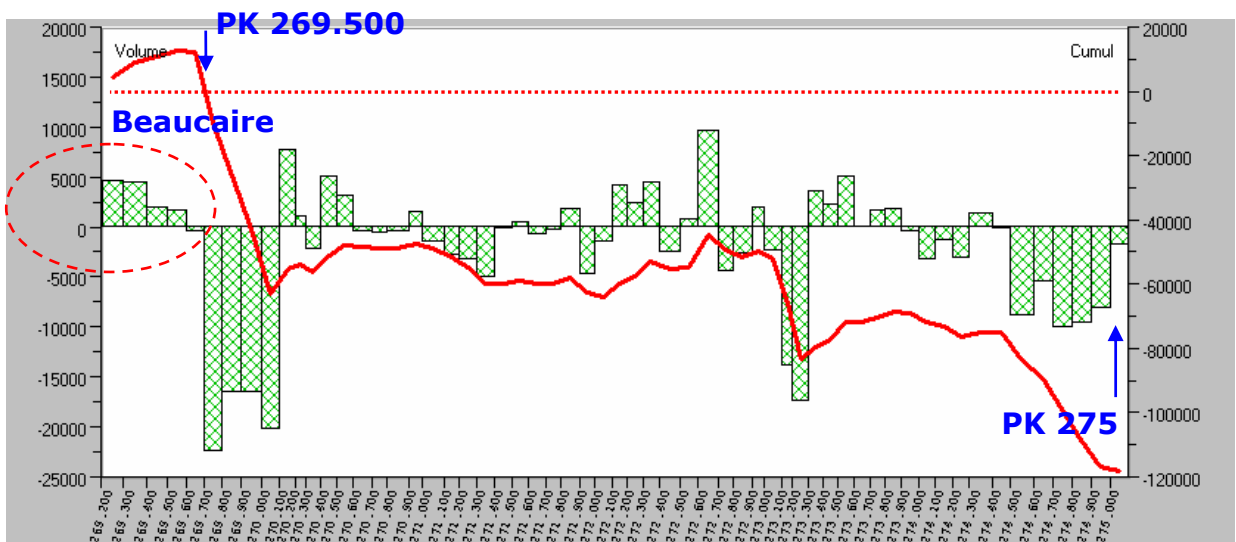
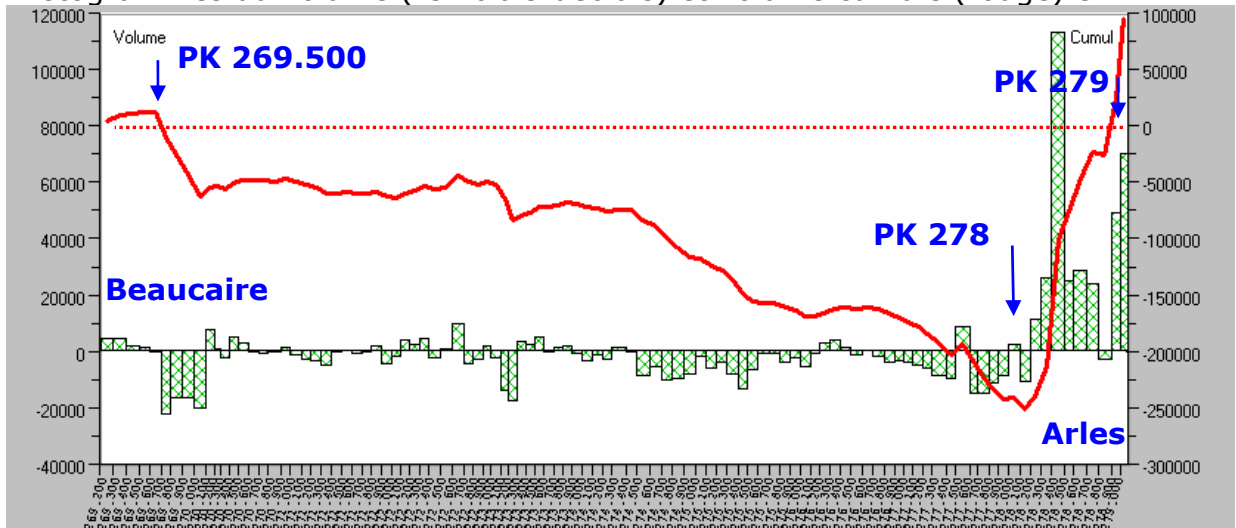
ANNEXE C

Comparaison des campagnes 1994 et 1999 entre les PK 269.100 et 279.000
(à partir des profils vedettes)

Histogrammes des remblais (rouge) et des déblais (jaune) en m³



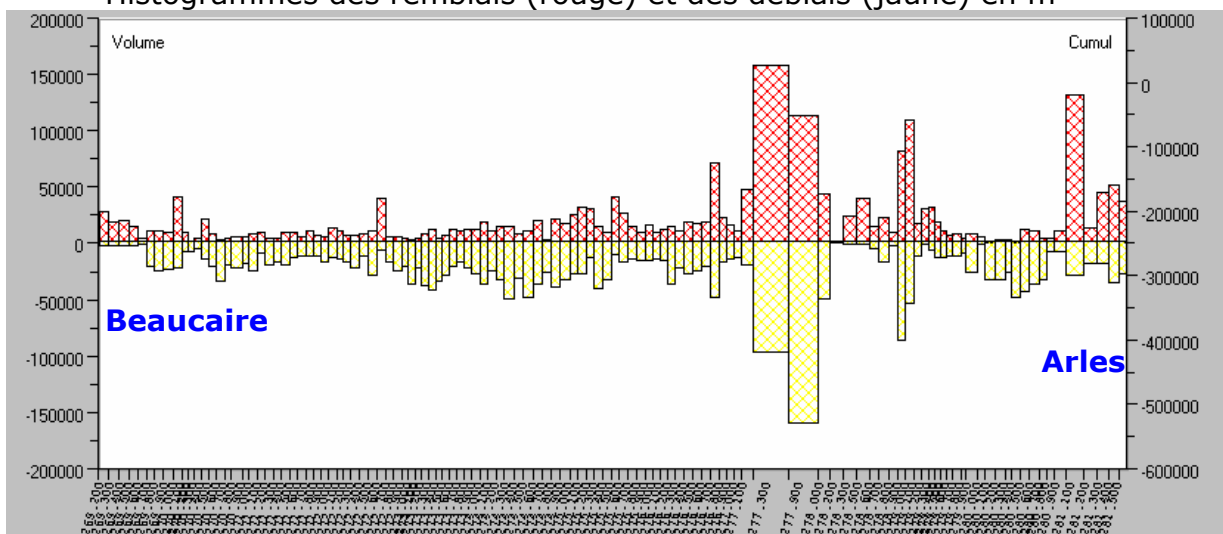
Histogrammes du volume (remblais-déblais) et volume cumulé (rouge) en m³



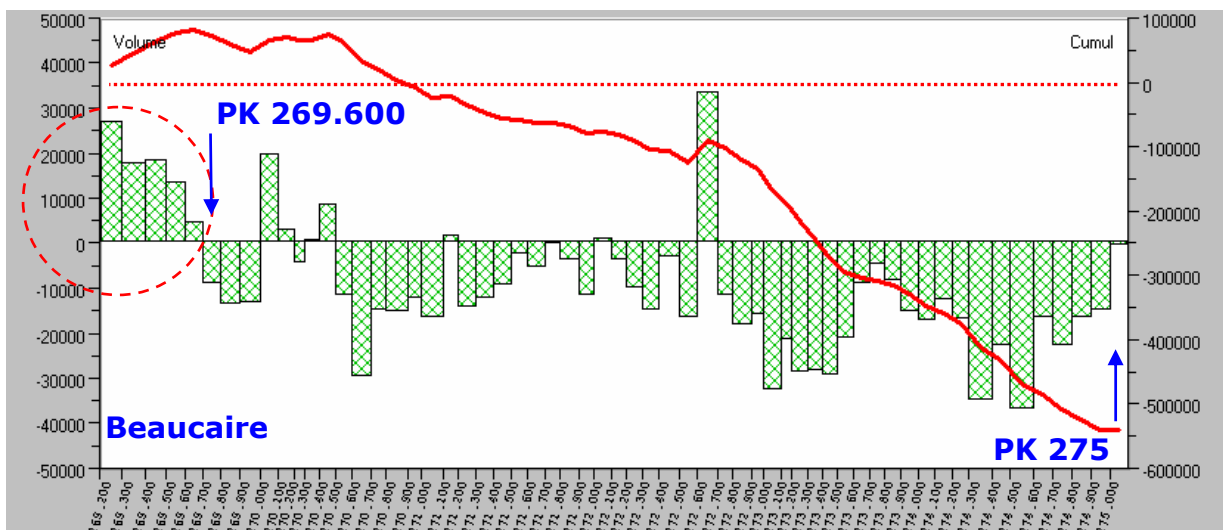
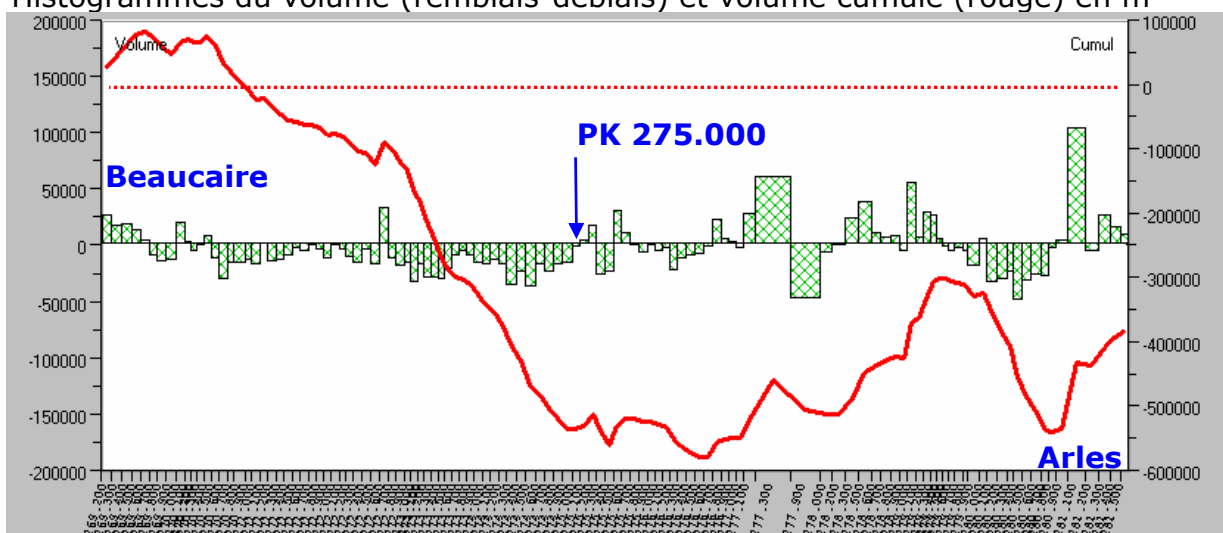
ANNEXE D

Comparaison des campagnes 1974 et 1999 entre les PK 269.100 et 281.500
(à partir des profils vedettes)

Histogrammes des remblais (rouge) et des déblais (jaune) en m³

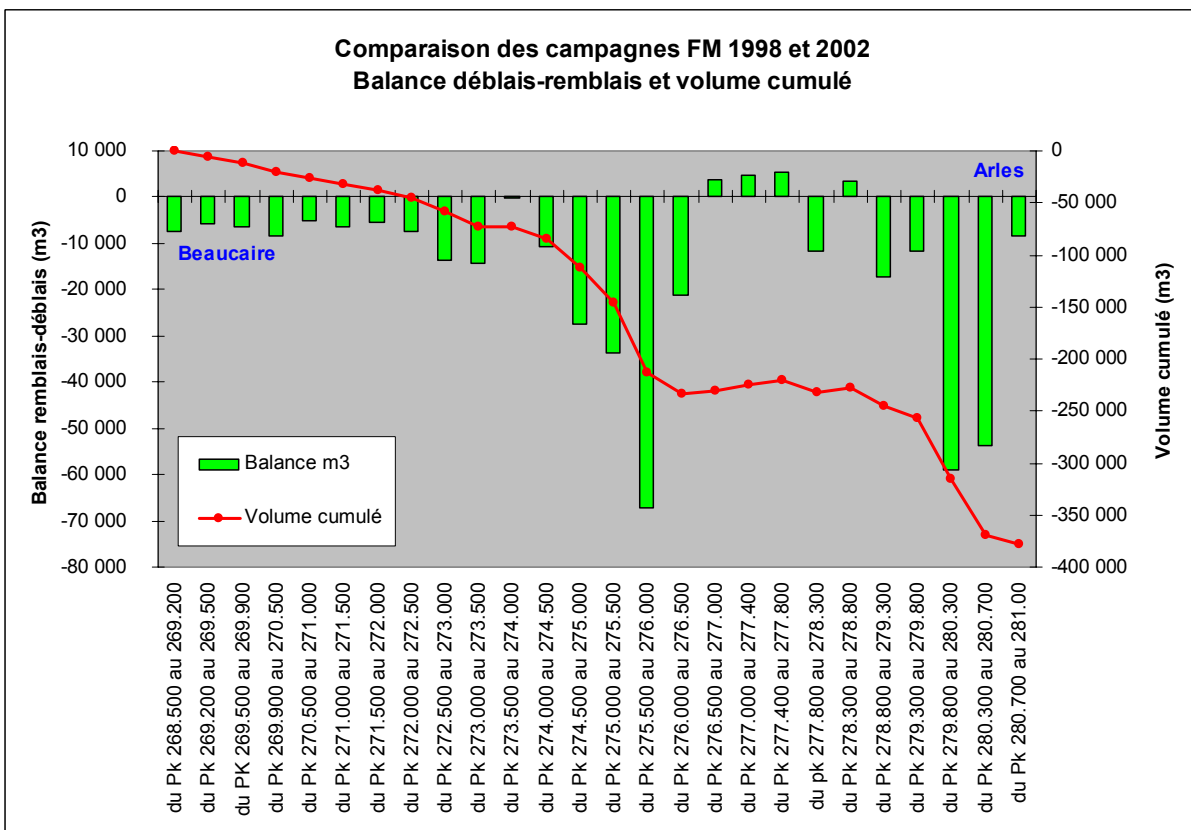
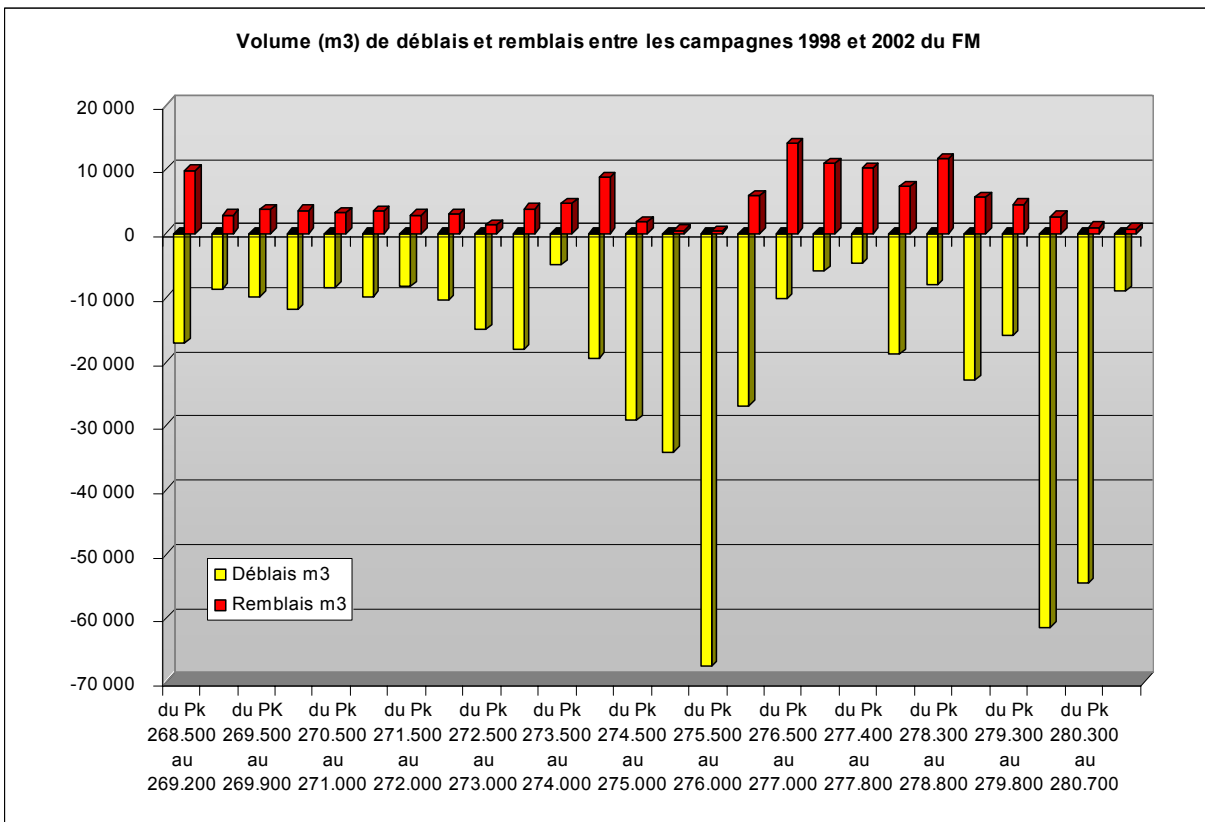


Histogrammes du volume (remblais-déblais) et volume cumulé (rouge) en m³



ANNEXE E

Comparaison des campagnes 1998 et 2002 du FM entre les PK 268.500 et 281.000



ANNEXE F

Comparaison des campagnes 2002 et 2005 du FM
entre les PK 276.000 et 282.000

