



14021 RM



Agence de l'eau
Rhône-Meuse

DISTRICT URBAIN DE
NANCY

*

RESERVE DE
RICHARDMENIL

—

CONSERVATION DE LA
QUALITE DE L'EAU

*



TABLE DES MATIERES

OBJET DE L'ETUDE	i
SYNTHESE ET CONCLUSIONS	ii
CHAPITRE 1.	
RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DE LA FUTURE RESERVE DE RICHARDMENIL	1
1.1. PRINCIPE ET LOCALISATION	1
1.2. ALIMENTATION DU RESERVOIR	2
1.3. CAPACITE DE STOCKAGE DE LA RESERVE	2
1.4. VARIANTES ETUDIEES	2
CHAPITRE 2.	
HYDROGEOLOGIE ET BILAN HYDRAULIQUE	3
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE	3
2.1.1. Les formations superficielles	3
2.1.2. Le substratum	3
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	4
2.3. PROBLEMES HYDROGEOLOGIQUES	4
2.4. EQUILIBRE HYDRAULIQUE	5
CHAPITRE 3.	
RAPPEL SUR LES MECANISMES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES AFFECTANT LES LACS ET LES RETENUES	7
3.1. PRINCIPE GENERAL	7
3.2. LE ROLE BIOLOGIQUE DU PHOSPHORE	9

CHAPITRE 4.		
QUALITE DES EAUX D'ALIMENTATION DE LA RESERVE		
QUALITE DES EAUX DE LA MOSELLE		12
4.1.	PRESENTATION GENERALE	12
4.2.	POSITION DU PROBLEME	13
4.3.	STATISTIQUES GENERALES DE LA QUALITE DE L'EAU DEVANT ALIMENTER LA FUTURE RESERVE DE RICHARDMENIL	14
4.4.	CHRONOLOGIE DES CONCENTRATIONS	15
4.4.1.	Débit	15
4.4.2.	Turbidité	15
4.4.3.	Oxydabilité (matières oxydables)	16
4.4.4.	Azote	16
4.4.5.	Phosphore	16
4.4.6.	Chlorophylle a	17
4.5.	ETUDE DES RELATIONS ENTRE LE PHOSPHORE TOTAL ET LES AUTRES PARAMETRES	17
4.5.1.	Analyse en composantes principales	17
4.5.2.	Relation spécifique phosphore-débit et phosphore-turbidité	18
CHAPITRE 5.		
EVALUATION DU RISQUE D'EUTROPHISATION DE LA RESERVE		20
5.1.	DEFINITION DE L'ELEMENT LIMITANT LA CROISSANCE DU PHYTOPLANCTON	20
5.2.	UTILISATION DES MODELES STATISTIQUES DE L'OCDE	20
5.2.1.	Rappel des limites de l'extrapolation aux petites retenues	20
5.2.2.	Hypothèses étudiées	21
5.2.3.	Modèles de Vollenweider et Dillon/Rigler	22
5.2.4.	Modèle OCDE : estimation par rapport à la chlorophylle	22
5.3.	ETUDE DU NIVEAU TROPHIQUE (RISQUES D'EUTROPHISATION)	23
5.3.1.	Le principe	23
5.3.2.	Résultats des calculs	23
5.4.	PRECAUTIONS A PRENDRE POUR LIMITER LES RISQUES	28

CHAPITRE 6.		
EXAMEN DES POSSIBILITES D' ACTIONS SUR LA RESERVE		29
6.1.	PREPARATION DE LA RESERVE	29
6.2.	COMPARAISON DES SOLUTIONS POSSIBLES D' AMENAGEMENT GEOMETRIQUE DE LA RESERVE	30
6.3.	ACTIONS PREVENTIVES : REDUCTION DES CONCENTRATIONS EN PHOSPHORE	33
6.4.	MESURES CURATIVES	33
6.4.1.	Précipitation du phosphore : sulfate d' alumine	33
6.4.2.	Précipitation du phosphore : craie/nautex/maerl	34
6.4.3.	Traitement par des algicides	34
6.4.4.	Intérêt d' un bassin amont	34
6.5.	AUTRES ACTIONS CURATIVES : AERATION & DESTRATIFICATION	35
CHAPITRE 7.		
OUVRAGES DE TRANSIT ENTRE LES DEUX BASSINS		36
7.1.	CARACTERISTIQUES	36
7.2.	ESTIMATION SOMMAIRE	39
CHAPITRE 8.		
SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE LA RESERVE		40
8.1.	PRINCIPE	41
8.2.	MESURES DANS LA RESERVE	41
8.3.	MESURES DANS LA MOSELLE EN AMONT DU RESERVOIR	42
8.4.	PRINCIPES GENERAUX DE L' ECHANTILLONNAGE	42
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>		44

OBJET DE L'ETUDE

-

L'objectif de cette étude était de faire le diagnostic du projet actuel de création d'une réserve d'eau dans les ballastières de RICHARDMENIL, alimentée par l'eau de la Moselle, au point de vue des risques d' "eutrophisation accélérée".

Le présent rapport inclut :

- le rappel des caractéristiques de la future réserve (chapitres 1 et 2);
- la présentation théorique des mécanismes physico-chimique et biologique caractéristiques des risques d' "eutrophisation accélérée" (chapitre 3) ;
- l'étude de la qualité des eaux d'alimentation de la future réserve (Moselle), avec pour objectifs, d'une part d'apprécier les valeurs moyennes annuelles des concentrations en éléments nutritifs (phosphore et azote) et d'autre part de trouver les relations éventuelles entre le phosphore et un autre paramètre qui permettrait une mesure indirecte des concentrations en phosphore (chapitre 4) ;
- l'évaluation du risque d'eutrophisation de la réserve à partir des modèles statistiques développés par l'OCDE (chapitre 5). Il a en effet été convenu au cours des réunions de travail que l'utilisation d'un modèle déterministe plus précis n'était pas nécessaire à ce niveau de l'étude.

L'évaluation a été poursuivie sur plusieurs variantes d'aménagement, discutées lors des réunions de juin et septembre 1988 ;

- l'examen des précautions à prendre pour limiter les risques d'eutrophisation et les solutions curatives qu'il serait possible de réaliser (chapitre 6) ,
- la définition et l'estimation sommaire des ouvrages de transit entre les deux bassins (chapitre 7),
- les principes du suivi de la qualité de l'eau de la réserve et de l'alimentation de la réserve, (chapitre 8).

SYNTHESE ET CONCLUSIONS

-

1. RAPPEL DES MECANISMES RESPONSABLES DE L'*EUTROPHISATION ACCELEREE* DES EAUX DANS LE CAS DE LA CREATION D'UNE RETENUE

Dans de nombreuses circonstances, du fait de l'intensité des activités humaines sur le bassin versant et de la pollution en phosphore rejetée directement dans le milieu aquatique, la vie biologique s'accélère et se détériore progressivement. Selon son importance, le déséquilibre ultime aboutit à un stade appelé *hypereutrophie* ou *eutrophie accélérée*. Il est souvent caractérisé par la prolifération de quelques espèces végétales et la disparition de toutes les autres. Ce phénomène a des répercussions importantes sur la qualité des eaux notamment si celle-ci est destinée à l'alimentation humaine :

- prolifération de végétaux : plancton, algues, plantes enracinées, le phosphore agissant comme engrais,
- fortes variations des teneurs en oxygène dissous liées, soit à la photosynthèse, soit à la dégradation de la matière organique (DBO) végétale produite,
- possibilités de formation, au fond du plan d'eau désoxygéné, de composés nuisibles : fer dissous, azote ammoniacal, etc.

Cette dégradation de la qualité du milieu aquatique est d'autant plus rapide que la retenue d'eau est moins importante et, que par voie de conséquence, l'effet cumulatif des apports en éléments fertilisants est plus rapide.

QUALITE DES EAUX D'ALIMENTATION DE LA RESERVE (MOSELLE)

La qualité des eaux de la Moselle qui serviront à l'alimentation de la réserve, est résumée dans le tableau suivant :

TABLEAU : QUALITE DE L'EAU DE LA MOSELLE A MESSEIN

CARACTERISTIQUES STATISTIQUES DES RESULTATS PHYSICOCHEMISTIQUES - 1985 à 1988
Laboratoire d'hygiène et de recherche de Nancy - Agence de bassin R. M.

DEBIT m³/s	TEMPERAT. °C	TURBIDITE Gttes mastic	OXYDABILITE mgO₂/l	AMMONIUM mgNH₄/l	NITRATES mgNO₃/l	PHOSPHORE t mgP/l	ORTHOPHOSP mgPO₄/l	SULFATES %	Nain/PO₄ mg/l	CHLOROPHYLLE mg/m³	PHEOPIGMENTS mg/m³	SILICE mg/l	
1988 inclus													
392,0	24,1	1438,0	20,0	1,60	12,5	1,49	0,64	104%	111,0	407,8	16,5	49,5	9,4
293,7	36,0	729,8	10,1	1,01	12,8	0,74	0,77	144%	117,0	210,1	32,0	65,2	11,9
59,6	9,7	78,1	2,9	0,25	5,6	0,20	0,28	51%	41,3	25,9	7,4	14,3	5,6
58,5	6,6	162,9	1,8	0,19	1,8	0,13	0,12	23%	18,9	46,1	6,1	12,7	1,6
4,9	-1,0	3,0	1,1	0,00	0,5	0,03	0,01	13%	10,5	4,9	0,0	0,0	2,8
177	177	167	168	165	178	155	86	66	80	76	13	13	35

L'analyse des mesures a montré que :

- le phosphore est le plus souvent l'élément limitant la croissance phytoplanctonique (microalgues). Autrement dit, si le phosphore est en excès, la croissance planctonique sera excessive. Pour limiter cette croissance et éviter qu'elle ne prenne de juillet à octobre des proportions gênantes, il sera nécessaire de contrôler les flux de phosphore pénétrant dans la réserve pendant toute l'année. Ces flux sont souvent liés au début des crues (lessivage des sols, reprise des sédiments accumulés dans la rivière) ;
- la concentration moyenne annuelle de phosphore total est de l'ordre de 0,2 mgP/l, ce qui est relativement élevé et peut être gênant si la vitesse du courant est très lente, car le plancton peut alors se développer comme en 1984 dans le lit de la Moselle en étiage ;
- des mesures très fortes de chlorophylle "a" (indice de la croissance phytoplanctonique) ont été faites dans la Moselle à MESSEIN en 1984, mais les résultats de 1985, 1986 et 1987 ont été moins élevés ;

- l'étude des relations entre le phosphore total et les autres paramètres montre une tendance à l'augmentation avec : le débit et la turbidité, mais aucune relation quantitative, précise et statistiquement fiable, n'a pu être trouvée pour permettre de suivre la qualité des eaux d'alimentation et les risques liés au phosphore, de manière indirecte.

En conséquence, la mesure directe du phosphore dans les eaux d'alimentation et dans la réserve, sera nécessaire durant l'exploitation de la retenue. L'alimentation de la réserve devant être limitée à la compensation des pertes et les débits être relativement faibles, il sera possible de faire ces analyses sur des prélèvements d'eau faits avant et pendant les périodes de réalimentation.

3. EVALUATION DU RISQUE D'EUTROPHISATION

L'évaluation du risque d'eutrophisation a été faite à partir des modèles statistiques établis par l'OCDE. Rappelons que les modèles statistiques OCDE sont des modèles qui ne s'appliquent qu'à un état d'équilibre stationnaire et qui ne portent que sur des valeurs moyennes annuelles.

Ces modèles ont été réalisés à partir de l'étude de lacs et retenues de tailles en général plus importantes que celle de la réserve. Les caractéristiques de la réserve restent cependant dans la fourchette minimum-maximum des paramètres physiques étudiés par l'OCDE.

Malgré ces restrictions, l'utilisation de ces modèles permet de définir des tendances qui sont utilisées, en première approximation, pour la gestion des plans d'eau. D'autres types de modèles (plus précis comme le modèle déterministe "Simulacre" de SOGREAH) sont disponibles mais d'une part ces modèles sont plus lourds à mettre en oeuvre et d'autre part le District ne recherchait pas cette précision à ce stade de l'étude.

Nous avons utilisé deux types de modèles statistiques OCDE. Les premiers sont les plus anciens, ils définissent le flux excédentaire de phosphore pour que le plan d'eau ne devienne pas "*eutrophe*". En fait, cette condition est relativement sévère, puisque les risques de nuisance sont plus fonction d'une "*eutrophie accélérée*" (pollution). Pour cette raison et parce que ces premiers modèles ne permettaient pas l'étude des conséquences de deux bassins en série, nous avons utilisé un deuxième type de modèles qui permet de calculer les ordres de grandeur, moyens et maximaux annuels, des concentrations en chlorophylle dans un bassin.

Les principaux résultats de cette étude sont les suivants :

- le risque d'eutrophisation est net, d'après les différents modèles utilisés, la charge annuelle en phosphore est beaucoup trop importante ; elle est de l'ordre de 16 tP/an pour un débit de 2,5 m³/s et une concentration moyenne annuelle de 0,2 mgP/l et de 1,9 tP/an pour un débit de 0,3 m³/s ;
- l'étude de plusieurs débits moyens (0,3 , 1 et 2,5 m³/s) et des niveaux (224,80 et 222,20) montre que les temps de renouvellement de l'eau seront compris entre quelques jours et environ deux mois ;
- l'étude des taux de rétention du phosphore par sédimentation montre que ceux-ci sont en moyenne de l'ordre de 15% dans les cas des débits de 1 à 3 m³/s ; ils augmentent nettement pour des débits de l'ordre de 0,3 m³/s ; rappelons cependant que le phosphore sédimenté peut à nouveau être utilisé (suivant la qualité chimique des sédiments) en cas de désoxygénation du fond de la réserve (cas des retenues de quelques mètres de profondeur) ;
- l'utilisation de ces modèles ne montre pas de différence sensible entre les bassins d'un seul tenant (monobloc) de 3 millions de m³ ou de 3,2 millions de m³ ;
- nous avons étudié pour les mêmes conditions, les tendances pour une réserve constituée de deux bassins séparés. La principale différence observée est la baisse de la concentration en phosphore à la sortie du premier bassin, d'une part du fait de la sédimentation et d'autre part, (surtout) du fait de l'utilisation du phosphore par le phytoplancton dans le premier bassin.

La simulation fait apparaître une baisse de l'ordre de 40 % de la concentration en phosphore. Cette estimation moyenne, sur un état permanent, est peut être un peu optimiste, l'ordre de grandeur a cependant été confirmé par l'application d'un code de calcul en régime transitoire fait par l'Agence de Bassin. Cette baisse induit une baisse des concentrations en chlorophylle dans le second bassin et ces concentrations parviennent à la limite des objectifs recherchés ;

- la position de la digue entre A et B ou entre B et C ne modifie que très peu les résultats des simulations du fait de la petite taille relative des bassins et de la précision des modèles.

Le maximum de rétention par sédimentation a lieu dans le bassin le plus grand mais la baisse des taux de phosphore est comparable à la sortie du premier bassin, l'effet dominant étant celui dû à la consommation par le phytoplancton ;

- La réduction de la concentration en phosphore dans le premier bassin et donc de la production planctonique dans le second, suppose pour être efficace que le plancton produit dans le premier bassin, soit retenu le plus possible dans celui-ci, par exemple, par une digue. Des précautions devront donc être prises pour assurer la meilleure répartition possible des écoulements entre les deux bassins et pour éviter les courants préférentiels, les turbulences, etc. ;

Par ailleurs, cet effet pourrait être accru en augmentant le nombre de bassins successifs ce qui implique cependant des contraintes économiques et des contraintes de volume ;

- l'étude a permis de souligner l'importance des concentrations d'entrée en phosphore. L'examen des simulations pour plusieurs concentrations moyennes en phosphore des eaux d'alimentation de la réserve, est le suivant :

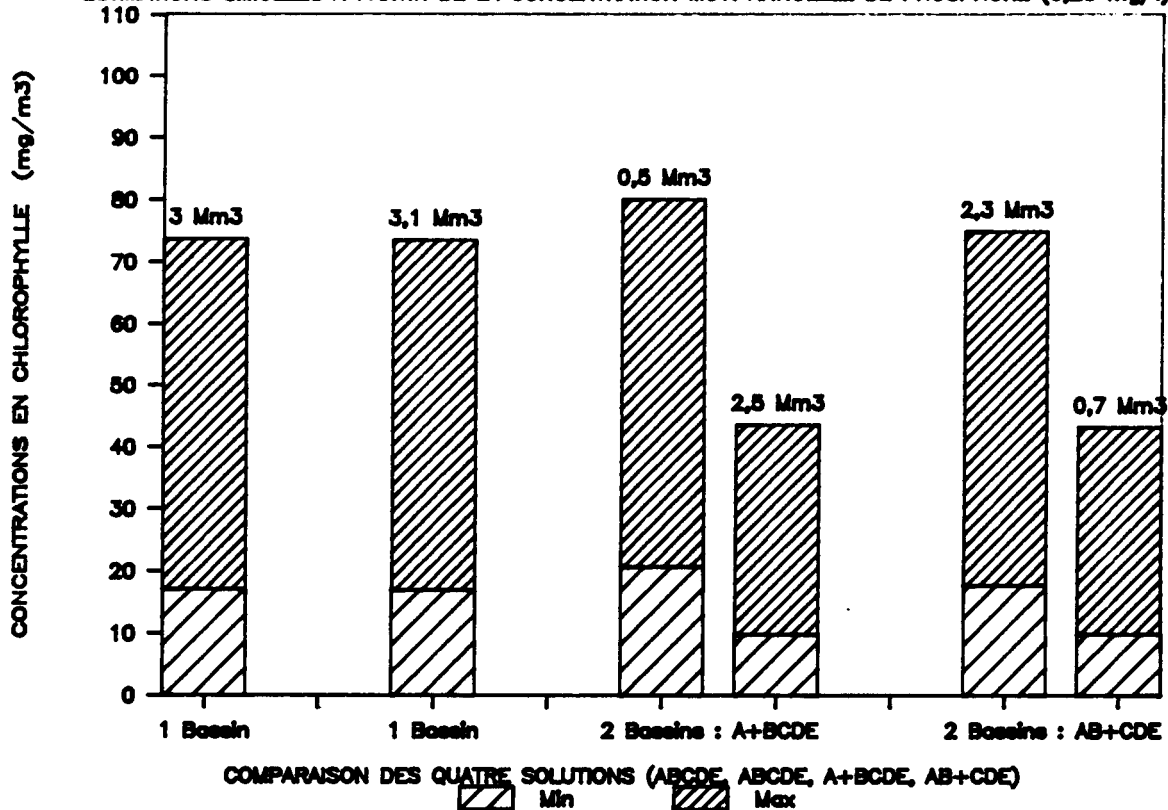
TABLAU ORDRES DE GRANDEUR DES CONCENTRATIONS EN CHLOROPHYLLE "a" DANS LA RESERVE - (ng/m³)
EN FONCTION DE LA CONCENTRATION D'ALIMENTATION MOYENNE EN PHOSPHORE
ET DE LA GEOMETRIE DE LA RESERVE

CONCENTRATION MOYENNE DE L'ALIMENTATION DE LA RESERVE	SOLUTIONS				SOLUTIONS AVEC DEUX BASSINS								
	BASSIN		MONOBLOC		DIGUE ENTRE A ET B				DIGUE ENTRE B ET C				
	Max : 3 Mm ³		Max : 3,1 Mm ³		A	A	BCDE	BCDE	AB	AB	CDE	CDE	
PHOSPHORE (ngP/l)	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
(actuelle)	0,10	10	40	10	40	12	43	6	26	10	40	6	26
	0,15	14	57	14	57	17	62	8	35	14	58	8	35
	0,20	17	74	17	74	21	80	10	44	18	75	10	43
	0,25	20	90	20	90	25	98	11	52	21	91	11	51
	0,30	24	106	23	106	28	115	13	59	24	108	13	59

- Nous avons tiré de cette analyse les deux diagrammes comparatifs suivants (figure 1). Le premier montre le risque très net d'*"eutrophisation accélérée"* pour les solutions à un seul bassin, et plus modéré, dans les circonstances actuelles, pour les solutions à deux bassins. Le second diagramme montre la nécessité de réduire la concentration d'entrée en phosphore total dans la réserve ;

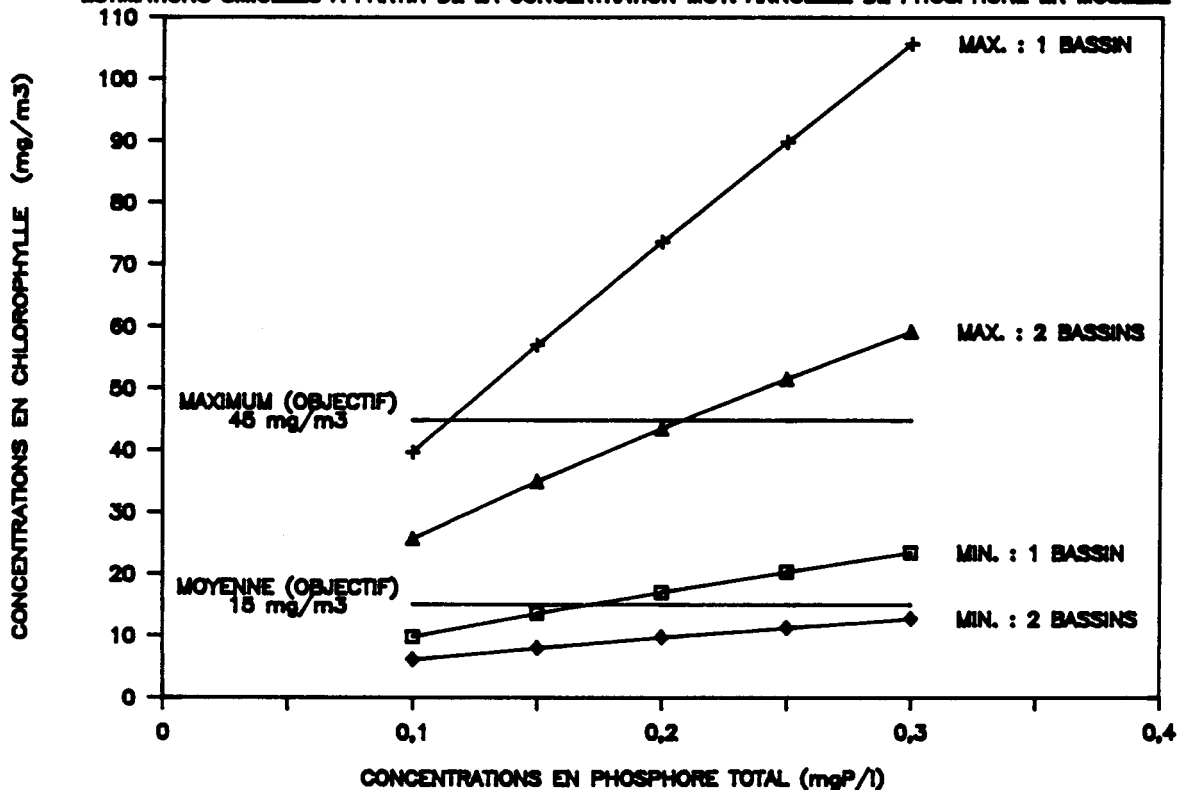
INFLUENCE DES TAILLES DES BASSINS

ESTIMATIONS SIMULEES A PARTIR DE LA CONCENTRATION MOY. ANNUELLE DE PHOSPHORE (0,20 mg/l)



INFLUENCE DES CONCENTRATIONS EN PHOSPHORE

ESTIMATIONS SIMULEES A PARTIR DE LA CONCENTRATION MOY. ANNUELLE DE PHOSPHORE EN MOSELLE



- Plusieurs possibilités de réduction de ces concentrations en phosphore existent :
 - . traitement à la source de pollution (bassin versant amont),
 - . gestion de l'alimentation en eau en fonction des concentrations en phosphore (mesures des concentrations du phosphore avant d'admettre l'eau dans la réserve et dans l'eau admise),
 - . traitement dans le premier bassin, par exemple au sulfate d'alumine, (de là l'intérêt d'avoir un bassin dont la taille, sans être trop petite, permette un entretien ultérieur).

4. OUVRAGES DE PASSAGE ENTRE LES BASSINS

La solution d'aménagement actuellement retenue par le District Urbain, est celle comportant deux bassins (A) et (BCDE), et pour laquelle le débit d'alimentation sera limité à la compensation des pertes (soit un débit relativement faible et proche d'une des hypothèses de calcul étudiées : 0,3 m³/s). Dans ce cas, nous avons vu qu'il serait souhaitable d'éviter des conditions d'écoulements préférentiels dans les deux bassins et de maintenir de bonnes conditions de répartition des écoulements entre les deux bassins. Les avantages de cette solution sont décrits dans le chapitre 6 (solution n°2).

Une bonne répartition peut être assurée dans les conditions suivantes :

- . nombre suffisant de buses, bien réparties sur toute la longueur de la digue,
- . bonne distribution du débit dans toute les buses de passage.

Pour assurer une bonne distribution du débit, entre les deux bassins le meilleur moyen est de créer une perte de charge non négligeable (quelques centimètres) entre l'amont et l'aval de chaque passage. Ceci peut-être facilement réalisé en implantant un regard de vannage au milieu de la digue et en posant une section de buse relativement faible entre ce regard et le deuxième bassin. Le regard de vannage est imposé, par ailleurs, par l'obligation, en cas de pollution du premier bassin (A), de pouvoir l'isoler et d'éviter le transit des effluents pollués dans le deuxième bassin (BCDE).

Pour des raisons économiques et en première approximation, 10 passages devraient permettre de bonnes conditions d'égale répartition du débit.

Dans l'hypothèse d'un débit de 0,3 m³/s, le coût d'investissement pour ces 10 ouvrages sera de l'ordre de 420 000 F, non compris le dégrillage.

L'option dégrillage manuel sur l'ensemble des traversées se traduirait par une plus-value de l'ordre de 88 000 F par traversée, soit 880 000 F au total.

Une solution plus rustique consistant à enlever régulièrement les flottants depuis les berges, et à effectuer cette opération systématiquement après chaque crue de la Moselle, serait préférable.

Il est certain que cette solution n'élimine pas le risque d'obstruction d'une des traversées, mais un dégrillage ne serait pas non plus fiable à 100 %. En cas de problème sur l'une des traversées, le nombre important de passages peut permettre d'attendre que le niveau des bassins soit suffisamment bas pour permettre une intervention sur la traversée défailante.