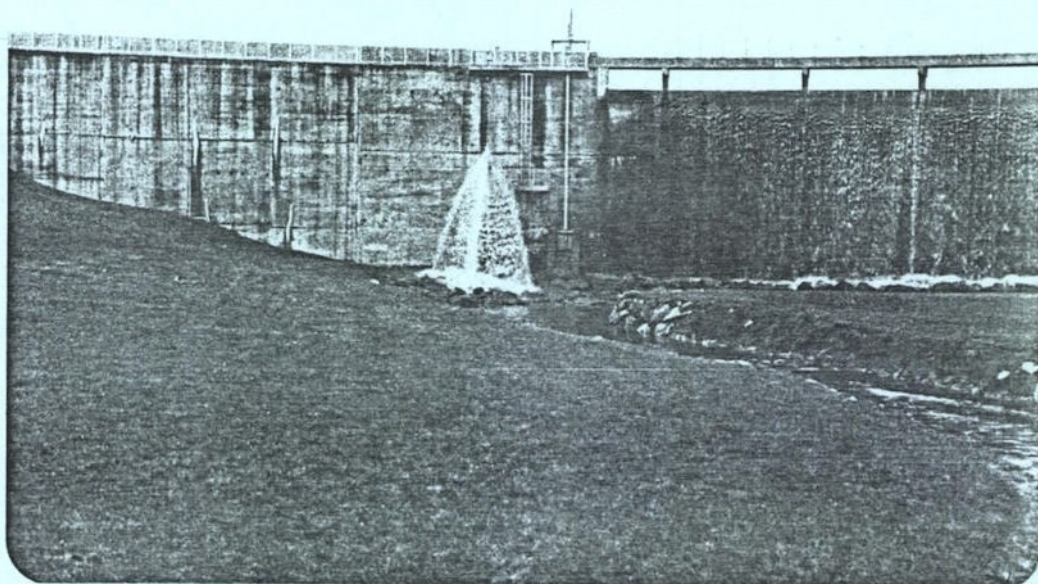

ESSAI DE VIDANGE DE LA RETENUE DE LA DATHEE

ETUDE DES IMPACTS POSSIBLES
DE LA FUTURE VIDANGE DE LA RETENUE
SUR LE MILIEU A L'AVAL ET SES DIFFERENTS USAGES



Luc ALLARD
Roland GEORGES
Michel HORN

Octobre 1982

342.2
RES

DELEGATION REGIONALE

DE BASSE-NORMANDIE

ESSAI DE VIDANGE DE LA RETENUE DE LA DATHEE

NOTE CONCERNANT LES IMPACTS POSSIBLES

DE LA FUTURE VIDANGE DE LA RETENUE

SUR LE MILIEU A L'AVANT ET SES DIFFERENTS USAGES

Le lac de "la Dathée", situé à quelques kilomètres de la ville de VIRE a été édifié avec à l'origine une triple vocation :

- alimentation en eau potable de la ville de VIRE,
- soutien des étiages de la Vire,
- utilisation touristique du site.

Cette retenue occupe une superficie de 45 ha étalée sur 125 mètres de longueur. La capacité du réservoir atteint 1,510 millions de mètres cube, pour une profondeur maximale de 10,50 m au voisinage du déversoir.

Conformément à l'arrêté préfectoral du 1er septembre 1978, la municipalité de VIRE était tenue de procéder à la vidange complète de la retenue cinq ans après sa première mise en eau (1978), afin d'examiner l'état des ouvrages.

Compte tenu des problèmes de qualité signalés dans le lac par BOULMER [1], puis par le Service Régional d'Aménagement des Eaux et la Délégation de CAEN de l'Agence Financière de Bassin "Seine-Normandie", les administrations locales de la ville de VIRE ont demandé à ces deux services d'effectuer une campagne d'analyses dans la rivière en aval de la retenue, à l'occasion d'un essai de vidange effectué le 9 septembre 1982.

Le but de cette opération était d'évaluer les impacts possibles de la vidange future sur la rivière en aval et ses différents usages.

La Dathée, puis la Virène et la Vire abritent en effet une riche population piscicole, associant cyprinidés et salmonidés. Par ailleurs, la ville de VIRE est alimentée pour moitié de sa consommation par une prise d'eau superficielle située sur la Virène à CANVIE, 3 500 m en aval de la retenue.

I - MATERIEL ET METHODE

Pour la circonstance, trois postes de mesures en continu du pH, de la Température, du rH et de la conductivité ont été installés aux points suivants, localisés sur la carte de la figure 1 :

- pont en bois à l'aval immédiat du barrage,
- la Dathée au moulin de Dathée, sensiblement 2 kilomètres en amont de sa confluence avec la Virène,
- la Virène au pont de la départementale 150, soit 400 m à l'aval de la prise d'eau potable de Canvie.

L'ouvrage de retenue de la Dathée est équipé d'une vanne de restitution à la cote 158 NGF, d'un débit nominal de 600 l/s, et d'une vanne de fond à la cote 153 NGF, la cote du déversoir étant par ailleurs de 162 NGF. Ces différents équipements sont représentés sur la figure 2.

L'ouverture successive des deux niveaux de prise a permis de suivre la qualité des eaux rejetées pour différents schémas de restitution, à savoir :

1. surverse seule
2. surverse + vanne de restitution
3. surverse + vanne de restitution + vanne de fond
4. vanne de restitution + vanne de fond
5. vanne de fond seule
6. vanne de restitution seule.

La manœuvre des vannes dans chaque situation s'est faite progressivement pour limiter les effets de chocs sur la rivière en aval.

La disposition des postes de mesure a permis de suivre pour les différents cas de figure, les premiers effets de l'autoépuration et de la dilution par le ruisseau proche du moulin de Dathée puis par la Virène, ainsi que la persistance éventuelle des nuisances occasionnées à la rivière et à ses différents usages.

Deux équipes circulant en camionnette laboratoire ont effectué par ailleurs des prélèvements ponctuels :

- aux points de contrôle en continu pour vérifier le bon fonctionnement des appareils et compléter leurs relevés par la recherche épisodique d'autres paramètres, tel que les différentes formes de l'azote, les matières en suspension, le fer, le manganèse et la DBO₅,
- en d'autres points intercalés dans le précédent maillage ou situés plus à l'aval.

Parallèlement, une équipe de jaugeage a suivi l'évolution du niveau de l'eau aux différents points par la lecture de plusieurs échelles installées à cet effet aux trois stations de contrôle et à la prise d'eau de Canvie. Cette équipe disposait également des relevés limnimétriques des stations de jaugeage du moulin de Dathée, de la Virène et de la Vire à MARTILLY.

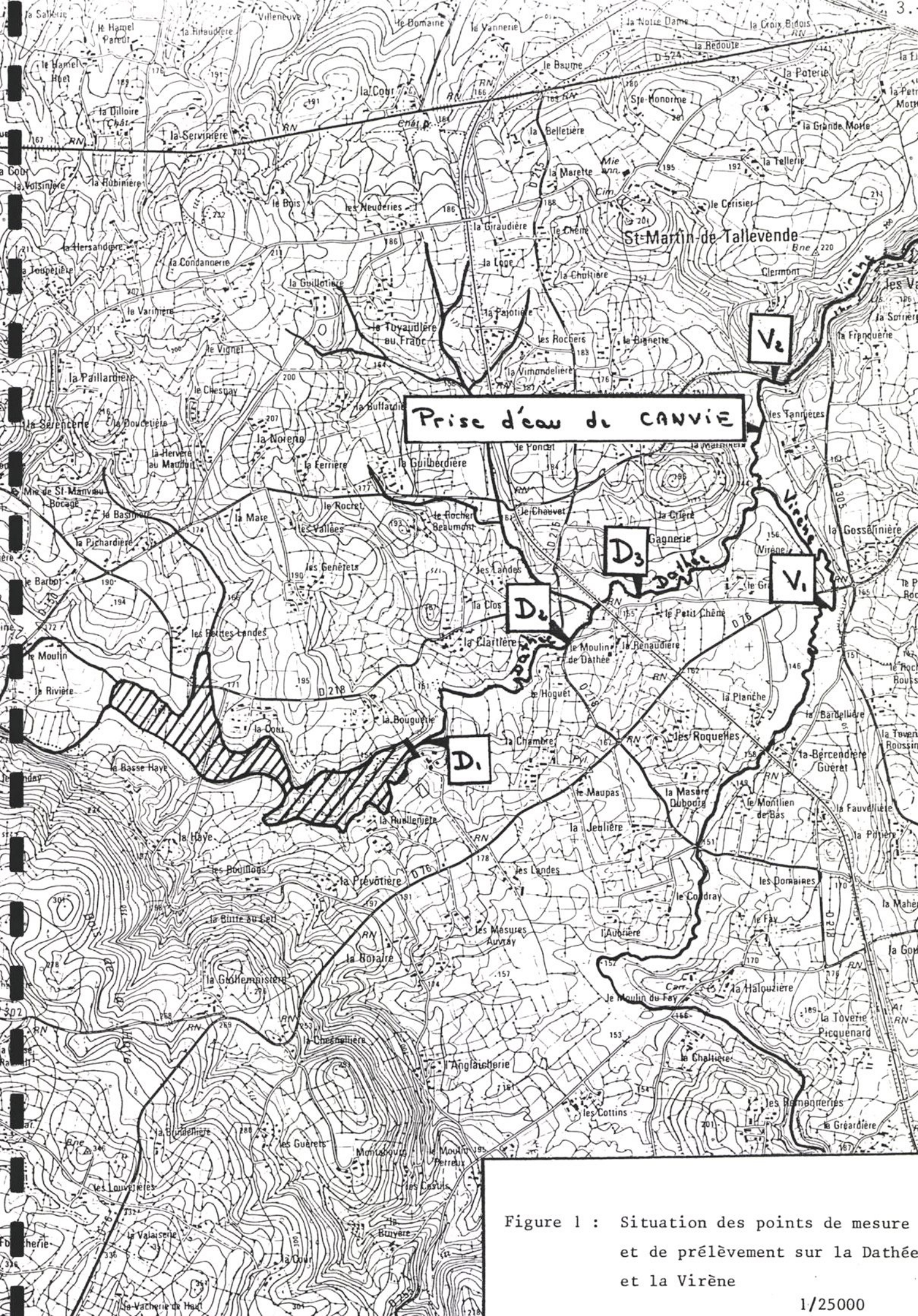


Figure 1 : Situation des points de mesure et de prélèvement sur la Dathée et la Virène

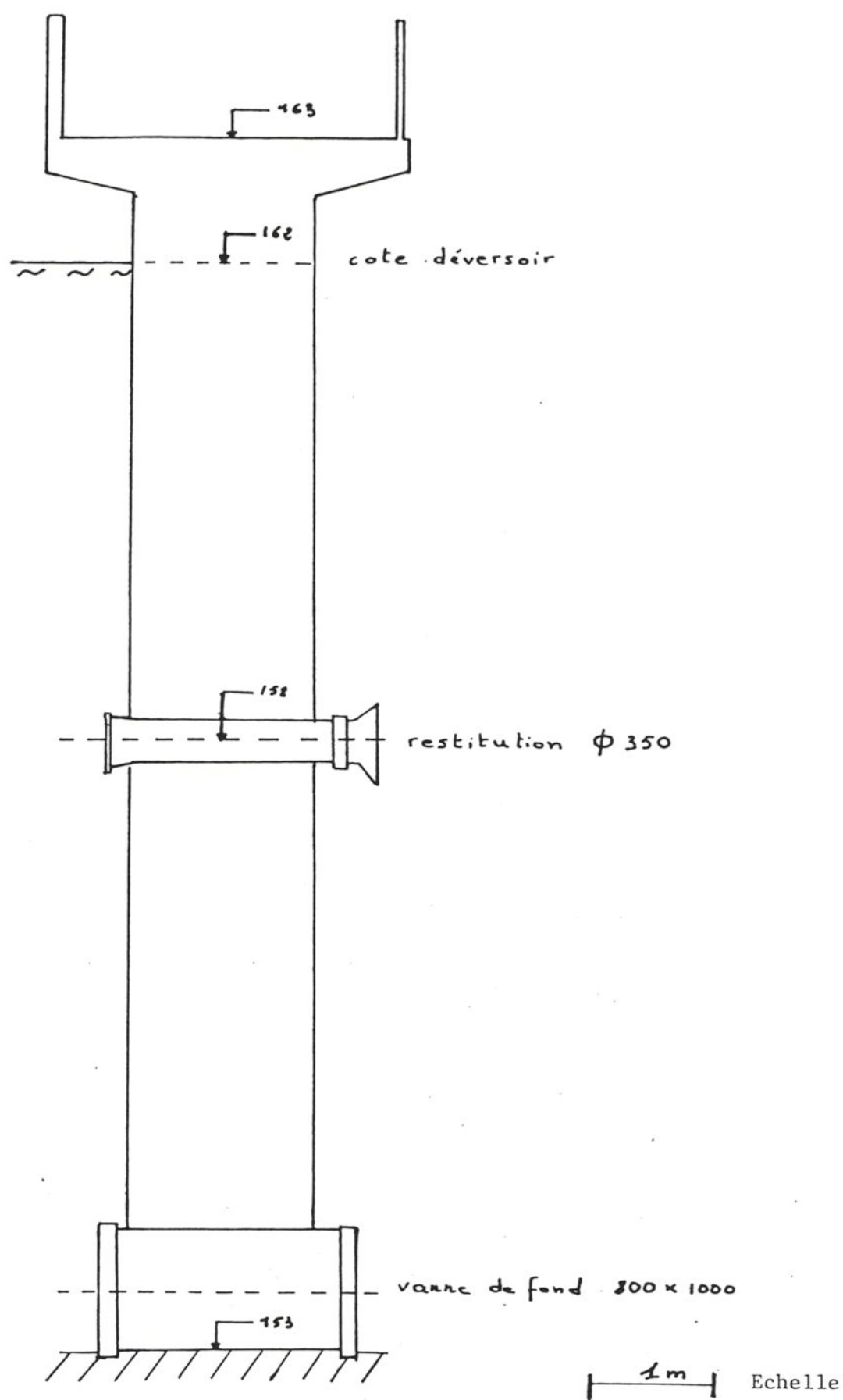


Figure 1 : Implantation des vannages
dans la digue de retenue

II - SITUATION DANS LA RETENUE AVANT L'ESSAI DE VIDANGE

Avec le réchauffement des masses d'eau, la retenue de la Dathée a connu du printemps à la fin de l'été plusieurs épisodes de développement planctonique, particulièrement marqués toutefois par la prolifération d'une algue bleue, Aphanizomenon flos aquae, apparue dans les premiers jours de septembre. Ce phénomène n'est pas nouveau sur la retenue ; il s'apparente à la prolifération l'été précédent d'une autre algue de la même famille : Anabaena spiroides.

De telles manifestations biologiques conduisent lors de leur disparition, généralement brutale, à l'épuisement en oxygène des eaux profondes avec la décomposition des cellules algales. En effet, des retenues de faibles profondeur comme celle de la Dathée offrent un rapport zone trophogène (1)/ zone tropholytique (2) trop important pour permettre une bonne minéralisation des substances organiques. Il n'est pas rare d'observer ainsi dans la retenue de fortes sursaturations en oxygène accompagnées de valeurs élevées du pH dans la partie supérieure affectée par la photosynthèse (zone trophogène), suivies rapidement entre 4 et 6 m de profondeur d'une disparition totale de l'oxygène.

Parallèlement, le rH, paramètre représentatif de l'état d'oxydo-réduction du milieu, dépendant à la fois du pH et du potentiel d'oxydo-réduction EH, atteint à partir de 6 m de profondeur des valeurs très basses, compatibles avec la présence en solution d'éléments tels que le fer, le manganèse et même le sulfure d'hydrogène. En conditions d'"oxydation" du milieu, ces composés forment des précipités (hydroxyde ferrique, dioxyde de manganèse), ou sont représentés par une forme ionique différente. En conditions réductrices, la quantité et la nature des substances réduites présentes est directement fonction de la force réductrice induite par la minéralisation des matières organiques, donc de la quantité de celles ci à dégrader simultanément.

Les figure 3 à 6 représentent bien l'évolution dans la retenue des principaux paramètres, avec l'extension des manifestations biologiques. On remarquera notamment que le rH passe à 10 heures le jour de la vidange de 31 en surface à 18,2 à 7,50 m.

Malheureusement, la longueur de capteur disponible lors de ces mesures n'a pas permis d'atteindre des profondeurs supérieures. Une autre mesure réalisée le 18 septembre révèle une valeur similaire à cette profondeur et une valeur de 17 à 8,50 m. Il est vraisemblable d'imaginer des valeurs de rH encore inférieures près du fond.

- 1 - Zone trophogène : zone d'activité photosynthétique des producteurs primaire la photosynthèse donnant lieu à la production d'oxygène, cette couche est aussi appelée zone oxydée par certains auteurs.
- 2 - Zone tropholytique : zone de dégradation des matières organiques ; l'oxydation de celles-ci conduit à l'épuisement plus ou moins rapide en oxygène dans le volume d'eau correspondant et ainsi à l'expression de formes réduites des sels dissous. Rappelons que la distinction zone trophogène - zone tropholytique ne recoupe pas la coupure hypolimnion, épilimnion, qui s'applique, elle, à la stratification thermique ; ceci est d'autant plus vrai que les retenues de faible profondeur dont il est question dans ce travail présentent rarement une nette différenciation thermique verticale.

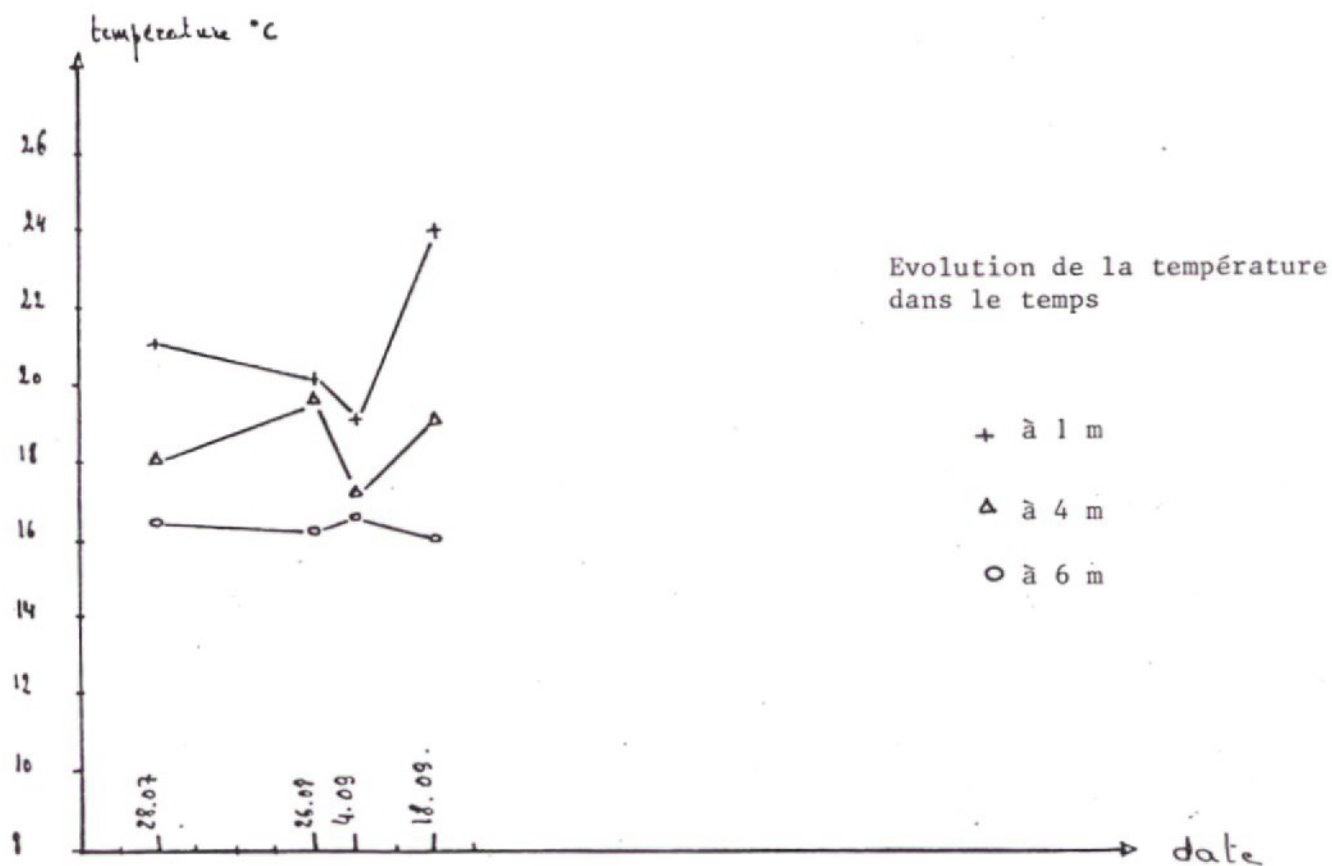
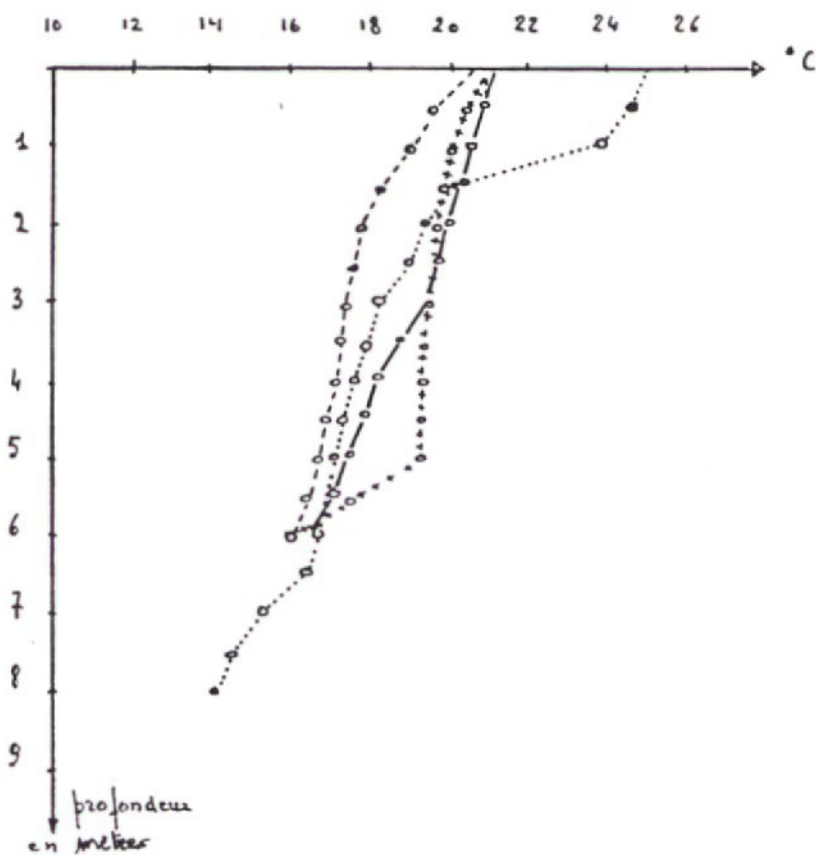


Figure 3 : Evolution de la température dans la retenue à l'amont immédiat du barrage.

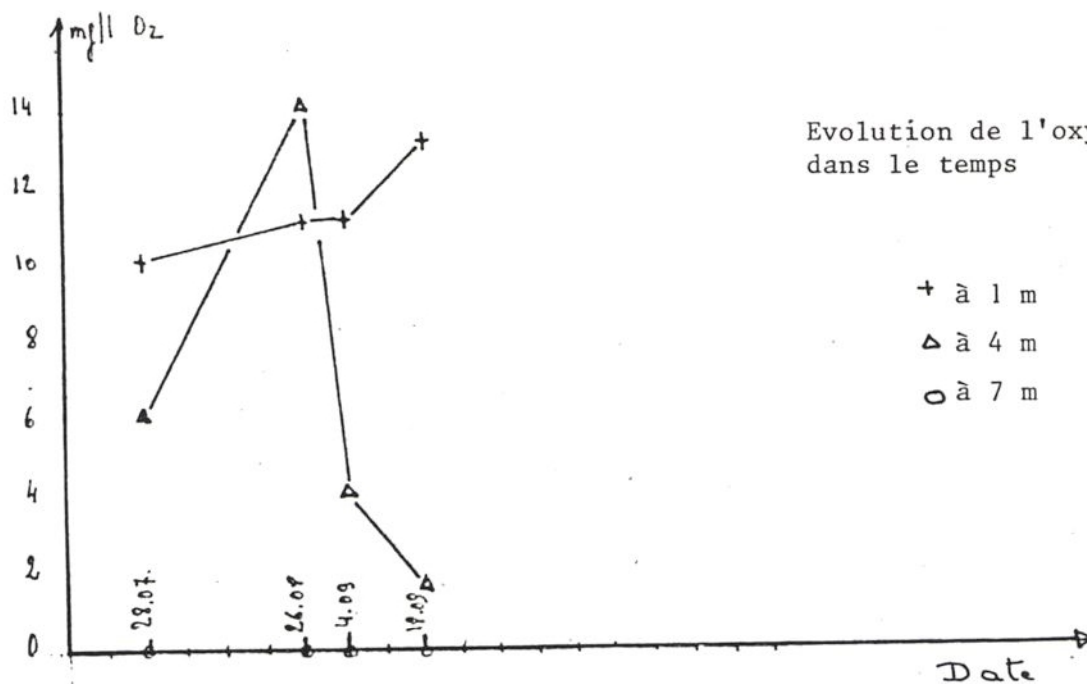
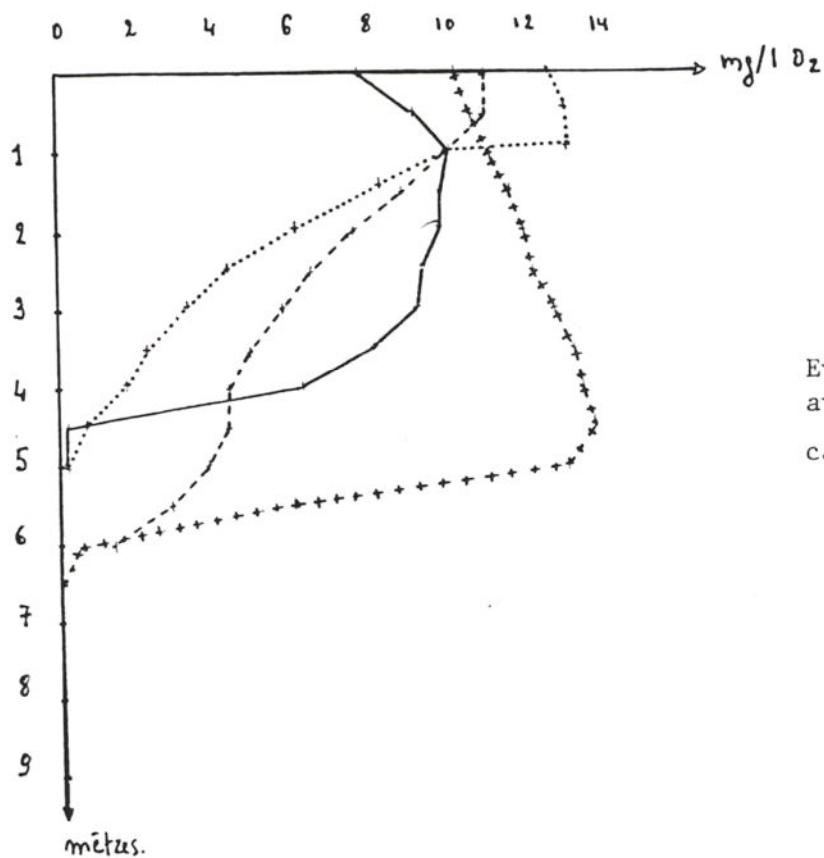


Figure 4 : Evolution de l'oxygène dans la retenue à l'amont immédiat du barrage

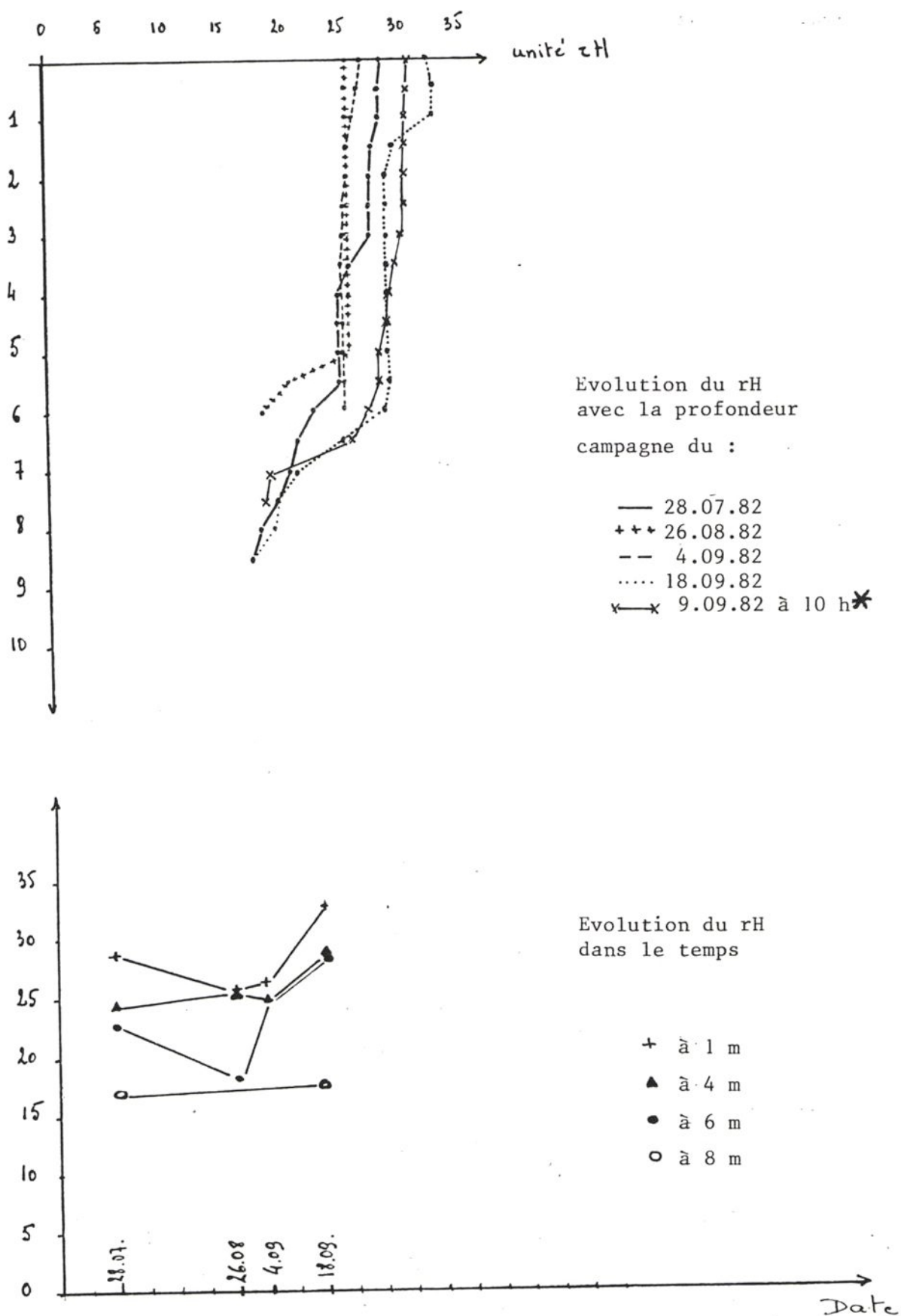


Figure 5 : Evolution du rH
dans la retenue à l'amont
immédiat du barrage

* profil effectué à la verticale de la digue de retenue

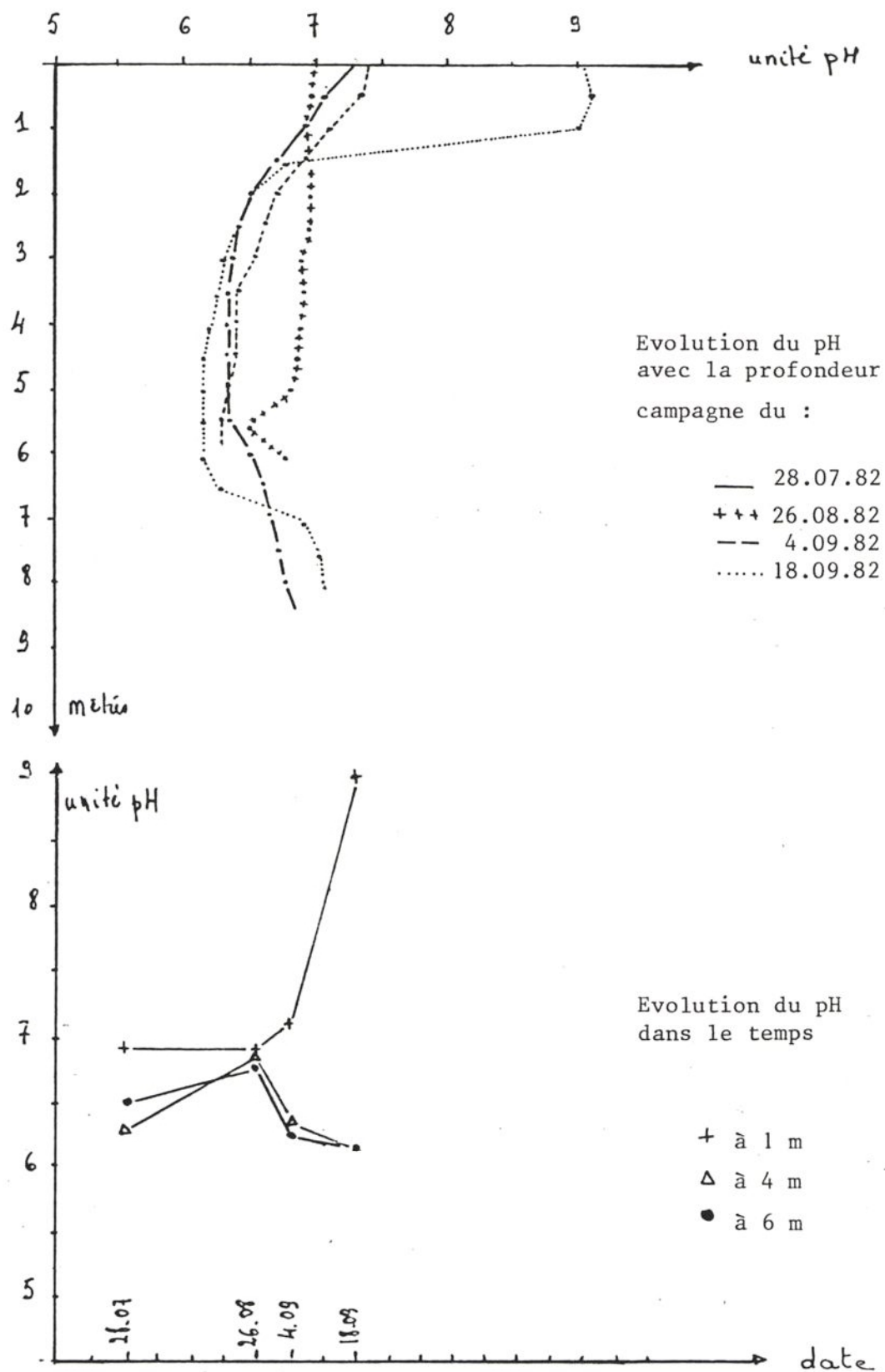


Figure 6 : Evolution du pH
dans la retenue à l'amont
immédiat du barrage

MORTIMER [2], repris par FEUILLADE [5] dans son étude du lac de Vezins, souligne que :

- le fer devient ferreux et très soluble à partir de rH 20,7
- il y a formation de sulfure d'hydrogène à partir de rH 17,33
- l'ammoniaque n'est plus dégradée en nitrite entre rH 27,11 et rH 25,66.

Un prélèvement réalisé à 6,50 m dans l'heure précédant l'ouverture de la vanne de restitution, confirme la présence dès cette profondeur de quantités très sensibles de fer et d'ammoniaque. Celle du sulfure d'hydrogène sera ensuite attestée quant à elle par l'odeur dégagée lors de l'ouverture de la vanne de fond.

III - INCIDENCE DE LA VIDANGE SUR LA RIVIERE EN AVAL

3.1. - Résultats des mesures effectuées

3.1.1. - Mesures en continu

Parmi les paramètres relevés en continu sur les points choisis à l'aval de la retenue, le rH, la conductivité et la température fournissent les indications les plus nettes et les plus précieuses. La conductivité et la température sont d'excellents témoins de l'origine des masses d'eau au sein de la retenue.

Le rH permet théoriquement de prévoir la forme représentée de chaque couple "rédox" présent dans le milieu, par exemple sulfure ou sulfate, fer divalent ou fer trivalent... Cette propriété est très importante car les différentes formes ne présentent en général pas la même nuisance. Dans la pratique, le métabolisme particulier des milieux "naturels" n'autorise pas l'utilisation directe des diagrammes EH - pH ou rH. D'une part, l'oxydation ou la réduction de certains composés organiques est irréversible. D'autre part, ces diagrammes concernent des milieux en équilibre sur le plan des processus d'oxydo-réduction, condition irréalisable dans un milieu naturel tel qu'une rivière. Ainsi, le rH mesuré est-il un rH "apparent", imposé par les couples "rédox" aux cinétiques les plus rapides.

Les courbes de la figure 7 présentent l'évolution dans le temps du rH et de la température aux trois points de mesure. Le tableau 1 indique quant à lui la chronologie des manoeuvres de vannes qu'il convient de rapprocher du graphique des mesures en continu.

L'oxygène n'est pas représenté. Aux trois stations, sa concentration est restée importante, voire plus importante pour la première d'entre elles. En fait, la projection violente des masses d'eau à la sortie des vannages sur les rochers du dispositif de dissipation d'énergie, suffit à leur réoxygénation artificielle.

Les premières observations que l'on peut tirer de la lecture des diagrammes de mesures en continu sont les suivantes :

- la teneur en oxygène dans les premiers kilomètres à l'aval du barrage est déterminée surtout par l'intensité du débit sortant par les vannages,

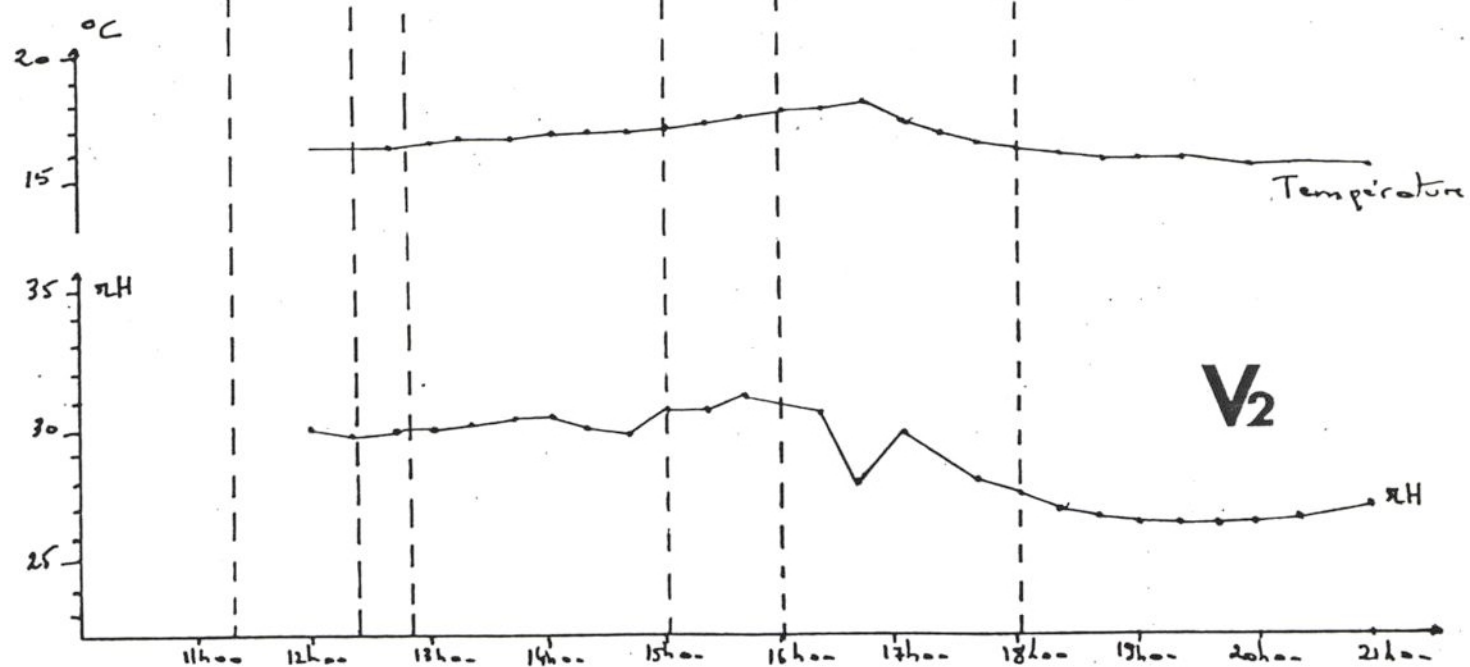
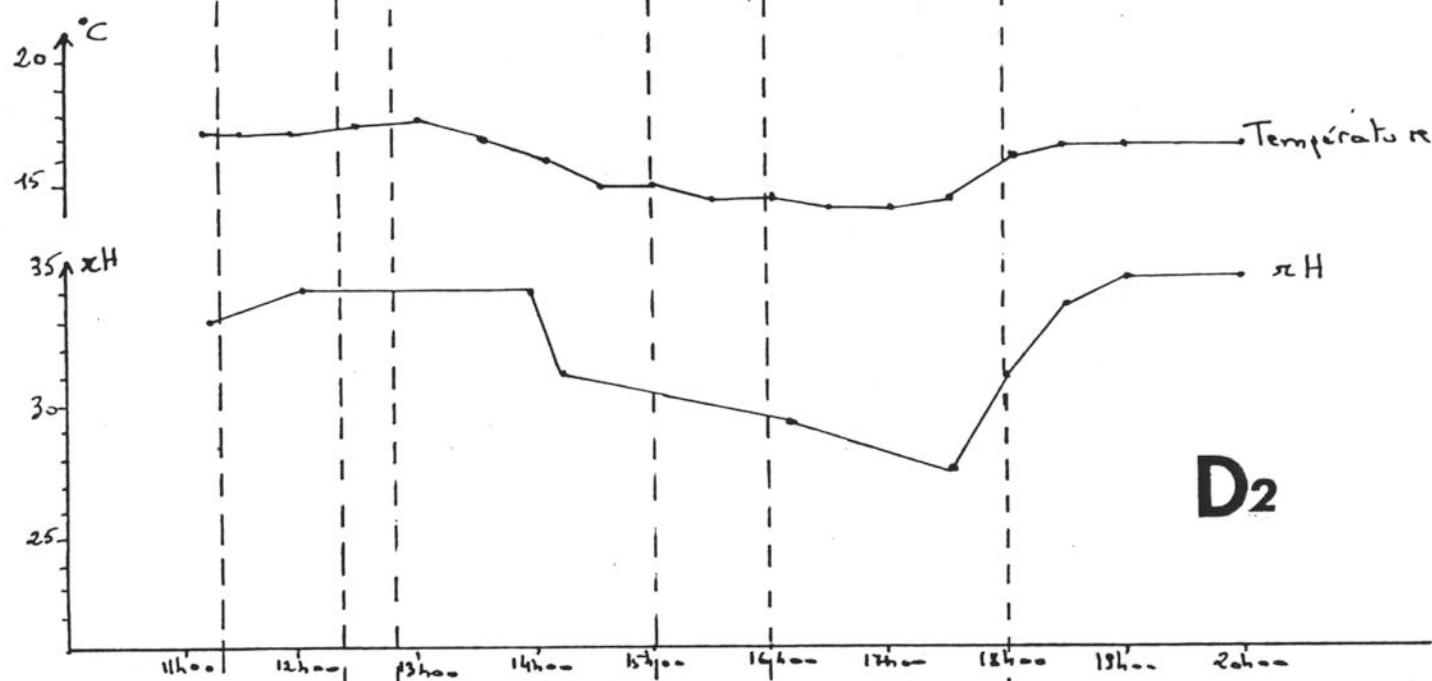
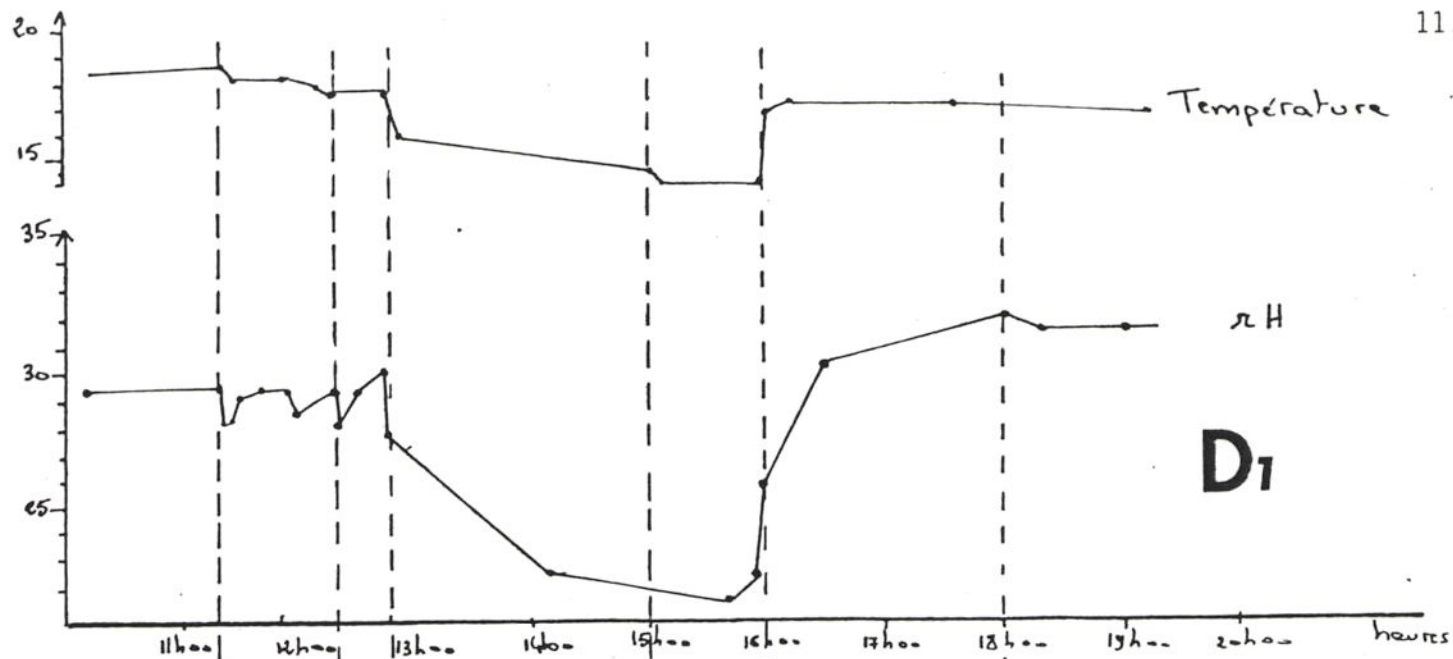


Figure 7 : Evolution de la température et du rH

Tableau 1 : chronologie des manoeuvres de vannes

heures	Nature des manoeuvres	débits en l/s		
		déversoir (approximatif)	vanne de restitution	vanne de fond
11 h 15	ouverture partielle restitution	157	145	0
11 h 50	ouverture partielle restitution	157	290	0
12 h 15	ouverture totale restitution	157	597	0
12 h 45	ouverture partielle vanne de fond	0	597	394
13 h 14	ouverture partielle vanne de fond	0	597	590
13 h 58	ouverture partielle vanne de fond	0	597	981
14 h 59	fermeture vanne de restitution ouverture partielle vanne de fond	0	0	1565
15 h 54	fermeture vanne de fond ouverture restitution	0	597	0
18 h 00	fermeture partielle restitution	0	209	0

- l'ouverture de la vanne de restitution à 4 m n'a pas apporté de modifications sensibles dans la qualité de l'eau par rapport aux eaux de surface issues du déversoir,
- l'ouverture, même partielle, de la vanne de fond s'est traduite immédiatement par des modifications profondes de qualité de l'eau, avec l'arrivée de grandes quantités de substances réductrices. Les valeurs de rH mesurées aux trois points lors de l'arrivée des masses d'eau profondes de la retenue, indiquent la présence en abondance de composés réducteurs, pouvant affecter sensiblement le bilan en oxygène de la rivière, mais beaucoup plus en aval, en raison de la cinétique très lente des processus d'oxydation de ces composés
- la dilution de l'eau en provenance des vannages de fond par celle de la vanne de restitution à raison de 980 l/s pour la première et 596 l/s pour la deuxième (soit la plus grande dilution possible par la vanne de restitution pour un débit de vidange de l'ordre de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$) ne peut assurer à elle seule une nette diminution du caractère réducteur des eaux de vidange. La différence de rH observée par contre entre la 1ère station et celle du moulin de Dathée résulte principalement de l'oxydation du fer ferreux qui forme avec le fer ferrique un couple "rédox" à la cinétique très rapide. Cette hypothèse sera confirmée par les analyses de fer dans la rivière.

3.1.2. - Mesures ponctuelles

Les analyses des prélèvements ponctuels ainsi que les observations effectuées dans la rivière confirment et complètent les résultats des mesures en continu. L'ensemble des données recueillies est réuni dans le tableau 2

En ce qui concerne l'azote ammoniacal, au pont de la départementale 150, soit sur la Virène à l'aval de Canvie, approche encore 2 mg/l . La différence de concentration avec l'aval immédiat du barrage correspond en ce point à la seule dilution par la Virène et les ruisseaux annexes. Aucune auto-épuration n'est encore visible à ce stade pour ce paramètre. L'oxydation de l'azote ammoniacal fait appel en effet à des processus biologiques dont la cinétique est beaucoup plus lente que celle des composés carbonés. Il faut donc s'attendre à retrouver l'azote ammoniacal loin en aval, à des concentrations proportionnelles aux possibilités de dilution.

Les valeurs de l'oxydabilité restent très élevées en aval de Canvie ($12,2 \text{ mg/l}$ à 16 h 30) et sont cohérentes avec les rH très faibles encore à ce niveau.

La DBO_5 n'atteint pas de fortes valeurs, ce qui s'explique par la grande biodégradabilité des matières carbonées composant le phytoplancton biodégradabilité confirmée d'ailleurs par la disparition rapide de l'oxygène contenu dans la zone tropholytique. On peut s'attendre, pour l'oxydation biologique des composés organiques ou déjà minéralisés à la cinétique beaucoup plus lente, à relever des valeurs de DBO ultime beaucoup plus élevées.

Tableau 2 : Résultats des mesures physico-chimiques effectuées dans la Dathée, la Virène et la Vire au cours de l'essai de vidange

Prélèvements		Paramètres														
Points	Heures	T air, °C	T eau, °C	pH	Conduct µmho	H.E.S. mg/l	O ₂ mg/l	Oxyd mg/l (1)	DBO ₅ mg/l	NH ₄ mg/l	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l	Fe (2) mg/l	Mn (2) mg/l	rH
D ₁ (3)	10 h 25	-	18,2	7,15	57	-	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D ₁	11 h 00	18,5	17,5	7,05	95	3,4	7,8	4,1	-	0,37	0,11	4,2	0,02	-	-	-
D ₁	12 h 45	-	18,0	7,75	115	9,6	7,9	4,5	-	0,61	0,08	4,0	0,03	2,5	1,00	-
D ₁	12 h 50	-	17,5	6,95	130	105,0	7,2	9,8	4,6	1,20	0,07	4,5	0,12	12,5	2,50	-
D ₁	13 h 50	-	16,0	6,95	130	-	7,8	-	-	-	-	-	-	12,5	-	-
D ₁	14 h 45	-	15,0	6,90	140	-	7,7	-	-	-	-	-	-	12,5	-	-
D ₁	15 h 50	-	14,5	7,00	150	151,0	7,6	6,6	-	3,1	0,06	4,1	0,24	-	4,50	-
D ₁	19 h 50	-	17,5	7,15	100	2,5	7,7	3,9	-	0,66	0,08	4,2	0,04	2,2	-	-
D ₂	11 h 15	18,5	17,5	7,05	95	4,5	7,5	3,8	-	0,12	0,19	5,2	0,03	-	-	31,2
D ₂	12 h 30	-	18,0	7,05	97	-	8,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D ₂	12 h 55	-	18,0	6,90	95	-	8,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D ₂	16 h 00	19,0	15,0	6,70	120	79,0	7,9	8,8	-	1,99	0,09	4,4	0,18	-	3,00	-
D ₂	20 h 15	-	17,5	7,10	100	6,4	7,5	2,7	-	-	0,15	4,3	0,05	2,5	-	-
D ₃	11 h 30	17,5	17,0	6,95	100	3,9	8,0	3,3	-	0,07	0,15	6,1	0,03	-	-	-
D ₃	16 h 10	19,0	15,5	6,85	120	127,0	7,9	11,4	-	1,88	0,10	4,0	0,18	-	-	-
V ₁	11 h 40	18,0	15,0	7,15	125	12,0	9,3	2,3	-	0,04	0,07	15,8	0,13	-	0,25	-
V ₁	16 h 20	19,0	16,5	7,45	135	-	9,2	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-
V ₂	12 h 00	18,0	16,0	7,15	125	8,1	8,7	2,9	-	0,14	0,09	12,0	0,08	-	0,50	-
V ₂	13 h 45	-	17,0	7,30	120	-	9,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V ₂	16 h 15	-	18,0	7,10	105	-	7,4	-	-	-	-	-	-	1,7	-	2,2
V ₂	16 h 30	21,0	18,0	7,15	105	160,0	8,0	12,2	-	0,21	0,14	6,9	0,07	-	0,75	-
V ₂	16 h 50	-	18,0	7,00	110	-	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V ₂	17 h 50	-	17,0	7,00	120	-	7,1	-	4,6	-	-	-	-	5,0	-	-
V ₂	18 h 15	-	16,5	7,05	120	-	7,2	-	-	-	-	-	-	6,2	-	-
V ₂	18 h 30	-	17,5	7,05	120	-	7,1	-	-	-	-	-	-	7,5	-	-
V ₂	20 h 45	-	16,0	7,00	125	19,0	7,4	4,4	-	1,20	0,09	8,2	0,21	7,5	3,00	-
V ₃ (4)	18 h 00	-	-	-	-	140,0	-	10,0	-	0,29	0,13	8,2	0,08	-	0,75	-
V ₄ (5)	18 h 15	-	17,0	7,5	250	35,0	7,8	2,2	-	0,12	0,16	18,8	3,58	-	0,25	-
V ₅ (6)	22 h 15	-	17,5	7,45	200	-	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) en milieu acide

(2) mesure effectuée au colorimètre portatif

(3) les points D₁, D₂, D₃, V₁, V₂ sont localisés sur la figure 4

(4) la Vire à MARTILLY

(5) la Vire à la GRAVERIE

(6) la Vire à CARVILLE

Enfin, dernier paramètre mesuré révélant des teneurs très anormales : les matières en suspension. Celles ci subsistent en quantités très importantes à l'aval, maintenues en suspension par l'importance du flot de vidange (à 18 h 00, une teneur de 140 mg/l a été relevée sur la Vire à MARTILLY). Elles proviennent à la fois des matières organiques et surtout minérales remises en suspension dans la rivière, ainsi que des dépôts réducteurs de la retenue.

3.2. - Impacts du flot de vidange sur la vie piscicole et les usages de l'eau en aval

3.2.1. - Impacts sur la vie piscicole

Parmi les paramètres mesurés aux valeurs anormalement basses ou élevées, le poisson montre une sensibilité particulière à quatre d'entre eux :

- la teneur en oxygène : élevée encore dans le tronçon amont étudié, elle peut décroître sérieusement dans la Vire à l'aval notamment dans les nombreuses retenues de microcentrales, avec l'oxydation progressive des substances réduites. Les salmonidés abondants dans la Vire demandent des teneurs élevées, proches de 7 mg/l. Là encore, l'acuité des problèmes rencontrés, sera fonction des possibilités de dilution offerte par la Vire.
- l'azote ammoniacal : les poissons présentent une sensibilité élevée à la forme non ionisée de ce paramètre, dont la proportion varie avec le pH selon la formule suivante :

$$\% \text{ NH}_3 \text{ non dissocié} = \frac{100}{1 + \log (\text{pKa} - \text{pH})}$$

le pKa variant linéairement avec la température, cette formule se ramène à

$$\% \text{ NH}_3 = \frac{100}{1 + 10^{(10,065 - 0,033 T - \text{pH})}}$$

le pH et la température maximale relevés dans la Virène au cours du passage du flot de vidange atteignent respectivement 7,3 et 18 °C, ce qui correspond à 0,67 % de NH₃ indissocié. Un tel pourcentage autorise la survie des poissons dans la rivière (NH₃ maximal = 0,025 mg/l selon la circulaire des communautés européennes) pour des concentrations en azote ammoniacal allant jusqu'à 3,7 mg/l.

Tout cela reste bien entendu théorique. On peut penser toutefois, que ce paramètre risque peu d'être directement dommageable pour la faune piscicole. L'oxydation biologique de l'azote ammoniacal affecte quant à elle le bilan en oxygène de la rivière.

- les matières en suspension, de même que les précipités résultant de l'oxydation du fer, seront certainement les éléments les plus nuisibles à l'égard de la faune piscicole. Il est difficile de donner des valeurs limites. Une norme guide fréquemment citée s'élève à 25 mg/l, valeur largement dépassée dans la Virène et dans la Vire à MARTILLY.

Les matières en suspension provoquent principalement chez les jeunes l'asphyxie par colmatage des branchies. En coordination avec la baisse des teneurs en oxygène, elles peuvent s'avérer fatales à une partie de la faune piscicole.

Parallèlement, les matières décantables viennent colmater les frayères de salmonidés, ce qui peut compromettre en partie la reproduction de l'année, qui s'effectue dans les 2 à 3 mois suivant la période envisagée pour la vidange.

- l'hydrogène sulfureux enfin, est très toxique pour la faune à l'aval du barrage. La forme indissociée H_2S , plus toxique, augmente avec les faibles pH. Toutefois, son maintien exige des valeurs très basses de pH que l'on ne retrouve pas 1 ou 2 km après le barrage. La cinétique lente du couple sulfates-sulfures peut toutefois expliquer un certain temps son maintien dans la rivière, mais plutôt sous forme de sulfure de fer.

3.2.2. - Impact sur la traitabilité de l'eau

Sans rentrer dans le détail, on peut citer comme paramètres rendant problématiques les traitements de potabilisation au cours de la vidange :

- les matières en suspension,
- l'azote ammoniacal,
- le fer et le manganèse,
- les sulfures bien entendu, quoique leur présence résiduelle au niveau de la prise d'eau de Canvie soit peu vraisemblable,
- les matières organiques dissoutes issues de la retenue, d'origines autochtone et allochtone.

a) Les matières en suspension

Les matières en suspension provoquent une gêne mécanique par le colmatage rapide des filtres, ce qui pose surtout un problème de maintenance des installations.

b) Azote ammoniacal

La présence d'azote ammoniacal n'est pas souhaitable dans les eaux de distribution publique. Sa persistance interdit toute rémanence du chlore dans les réseaux et nuit donc à la désinfection.

L'enlèvement de l'ammoniaque nécessite l'application de chlore au break-point dans la filière, ce qui entraîne l'injection de doses très importantes pour la prise d'eau de Canvie dans le cas présent ; il faut en effet une dizaine de mg/l de chlore par mg/l d'azote ammoniacal à traiter.

c) Le fer et le manganèse

Le fer et le manganèse consomment également pour leur précipitation et leur élimination des quantités importantes d'oxydant.

d) Les matières organiques dissoutes

Les matières organiques dissoutes perturbent, au même titre que l'azote ammoniacal, les traitements de chloration, en réagissant avec le chlore injecté. Leur présence en abondance dans la rivière jusqu'à la prise d'eau de Canvie est confirmée par les fortes valeurs d'oxydabilité relevées (supérieures à 10 mg/l).

Ces matières organiques dissoutes ont pour origine les apports allochtones du bassin versant (acides humiques et fulviques issus du lessivage des couvertures pédologiques) mais aussi et surtout les produits de décomposition et de sécrétion des organismes planctoniques. Une étude menée récemment par LAURENCEAU et DULAC [6] en Basse-Normandie sur la retenue du Semilly, aux caractéristiques assez proches de celles de la Dathée, indique qu'en période de sénescence du phytoplancton, les fortes concentrations de carbone organique dissous dans l'hypolimnion sont à mettre en relation avec les composés issus de la dégradation des cellules planctoniques.

Par ailleurs, les organohalogénés produits lors de la chloration sont supposés cancérogènes ; toutefois, de telles conséquences sur la santé supposent de très longues périodes d'accumulation dans l'organisme sans rapport avec la durée de la vidange. Il est possible par contre que les métabolites incomplètement dégradés, engendrés par les cyanophycées abondantes dans la retenue, provoquent des goûts et odeurs en traitement d'eau de consommation. Dans certains cas, des gastro-entérites ont été signalées chez les consommateurs d'eau contenant ces métabolites.

Compte tenu de ces différents impacts sur la traitabilité, il semble délicat d'utiliser l'eau de la Virène à Canvie pour la potabilisation pendant la vidange.

IV - ETUDE DES VITESSES DE TRANSIT DU FLOT ET DES POSSIBILITES DE DILUTION A L'AVAL

Pour suivre l'écoulement et la propagation des eaux de vidange du barrage, quatre échelles limnimétriques ont été disposées sur la rivière en aval ; les points 1, 2 et 4 correspondent aux trois stations de mesures physico-chimiques en continu ; le point 3 est la prise d'eau potable de Canvie.

Trois stations de jaugeage du Service de la Navigation de la Seine complétaient les observations :

- Dathée au moulin de Dathée,
- Virène,
- Vire à MARTILLY.

4.1. - Vitesses de transit du flot de vidange

Il ressort des mesures effectuées que le flot atteint le moulin de Dathée 1 h 45 mn et la prise d'eau de Canvie 3 heures après l'ouverture des vannes. Il faut ajouter que les vannes ont été progressivement ouvertes et que l'on peut assimiler cette manipulation à un limnigramme de crue.

La situation des échelles limnimétriques constitue un facteur très important ; en effet, l'échelle à l'aval immédiat du barrage assurait un contrôle médiocre du fait du fond rocheux de la rivière mais offrait un point zéro de référence pour le flot. La station du moulin de Dathée ne posait aucun problème et donnait d'excellents résultats du fait du déversoir.

A la station de Canvie, les résultats sont bons ; là aussi un déversoir permettait un bon contrôle ; de plus dans ce secteur la rivière peut s'écouler avec facilité, offrant peu d'embâcles.

Par contre, au niveau du CD 150, si le début du limnigramme présente une configuration classique et normale, il n'en est plus de même à l'arrivée de la pointe du flot, car l'état d'abandon et l'encombrement du lit de la rivière rendaient les niveaux à l'échelle quelque peu instables. Un étalement du niveau des eaux, ponctué par des accélérations et des ralentissements dûs au départ ou à l'arrivée de détritiques de tous ordres a été observé.

Les limnigrammes des mesures effectuées à ces différents points sont représentés sur les figures 8 à 11.

En examinant les mesures de débits réalisées les années précédentes sur la Vire et ses affluents et en nous basant sur les conditions constatées lors de l'essai de vidange, c'est à dire : débits, vitesses de la Vire, apport des affluents, non fonctionnement des micro-centrales, nous avons pu établir les temps d'écoulement approximatifs, en prenant le barrage de la Dathée comme point zéro :

	temps	Distance
Barrage	0 h 00 mn	- 3500 m
Canvie	3 h 00 mn	- 2900 m
Vire RN 24 b	6 h 40 mn	- 6400 m
La GRAVERIE CD 311	10 h 30 mn	- 5000 m
CARVILLE CD 81	12 h 00 mn	- 3700 m
Confluence Souleuvre	15 h 00 mn	- 3000 m
CAMPEAUX RN 174	16 h 50 mn	- 13500 m

hauteur
en cm

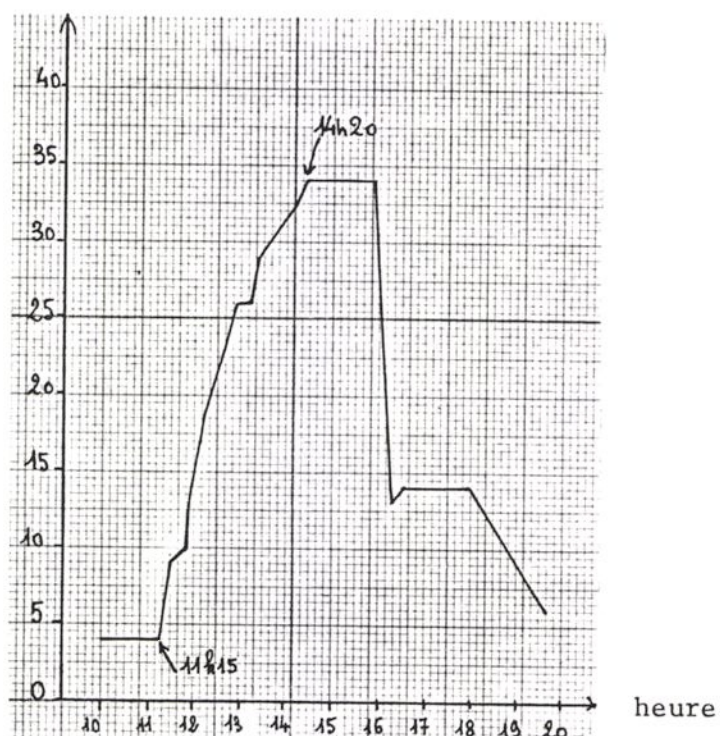


Figure 8 : Limnigramme de la Dathée
à la passerelle en bois, en aval
du barrage.

hauteur
en cm

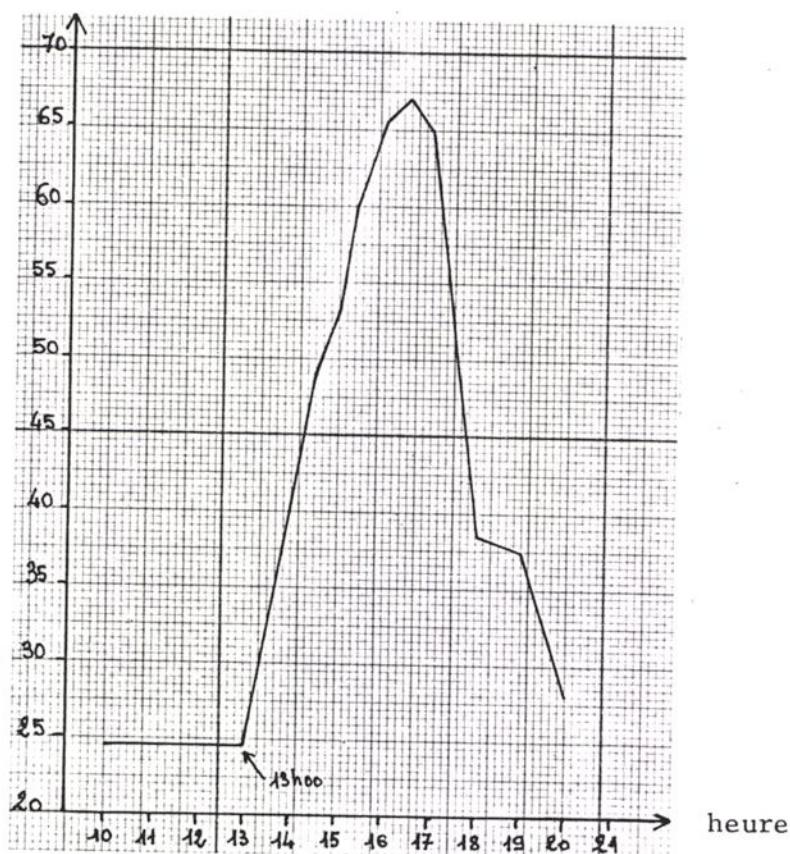


Figure 9 : Limnigramme de la Dathée
au moulin de Dathée.

hauteur
en cm

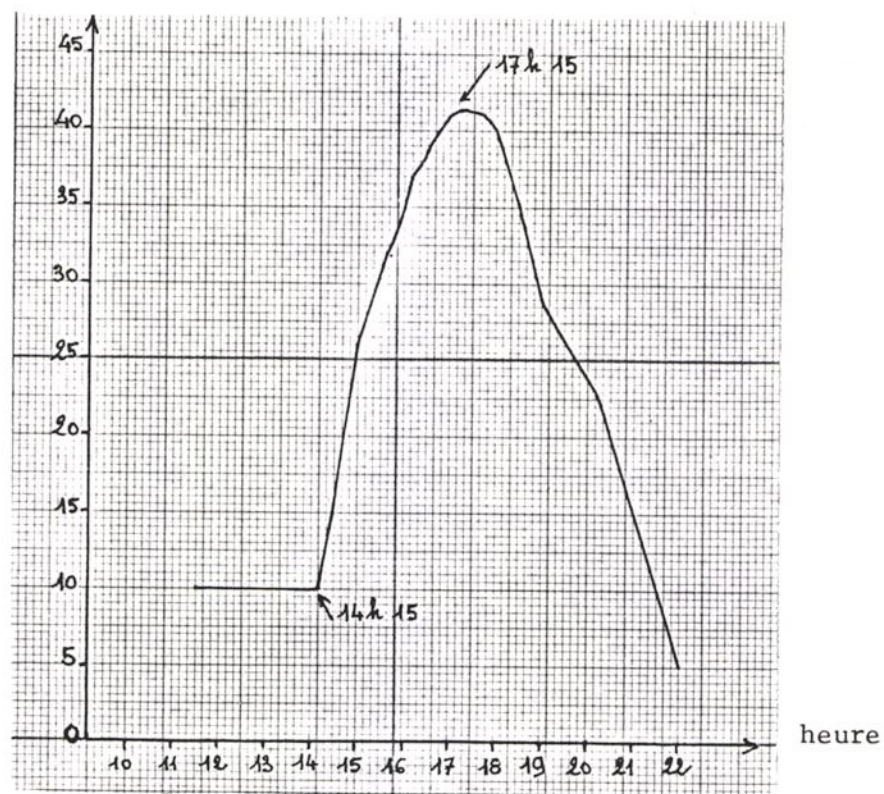


Figure 10 : Limnigramme de la Virène
à la prise d'eau de Canvie

hauteur
en cm

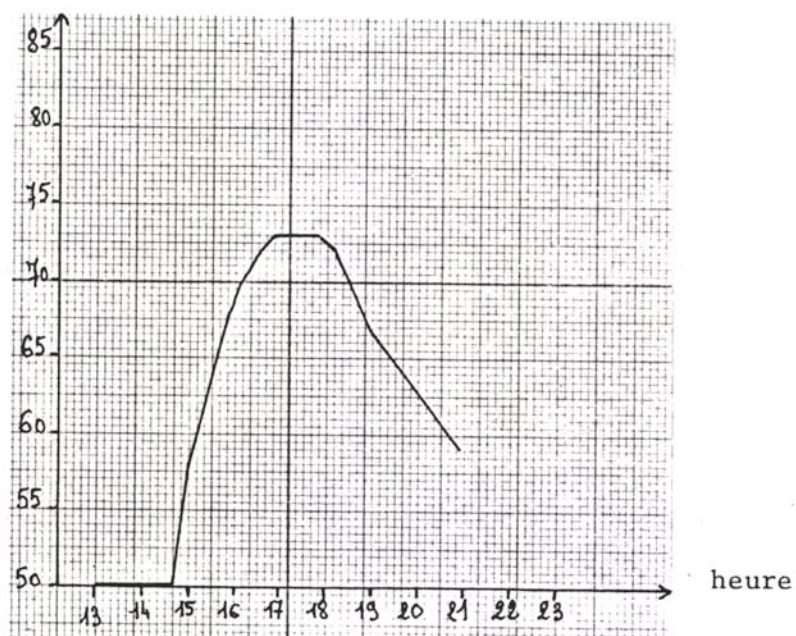


Figure 11 : Limnigramme de la Virène
au pont du CD 150 (aval Canvie)

	Temps	Distance
PONT FARCY RN 175	24 h 20 mn	- 6800 m
TESSY SUR VIRE CD 13	28 h 05 mn	- 13000 m
CONDE SUR VIRE CD 53	37 h 00 mn	- 6200 m
GOURFALEUR CD 28	41 h 25 mn	- 3000 m
CANDOL RN 799	43 h 30 mn	- 4600 m
ST LO RN 172	46 h 45 mn	- 9800 m
PONT HEBERT RN 174	53 h 30 mn	- 8000 m
ST FROMOND CD 8	65 h 10 mn	- 16500 m
LA BLANCHE RN 13	87 h 40 mn	

TOTAL	105900 m
-------	----------

Ces temps sont des temps de base et ne peuvent qu'être diminués; des orages ou de fortes pluies peuvent provoquer des gonflements de la Vire elle-même, ou de ses affluents plus nombreux dans la partie amont, à savoir l'Allière, la Brévogne, et surtout la Soulevre et la Drôme ; dans la partie centrale, l'action de la pluviométrie se ferait ressentir immédiatement sur la Vire, par le grand nombre de petits ruisseaux. Quant à l'aval, un affluent important, l'Elle, pourrait augmenter la dilution, mais l'écoulement à la mer est perturbé par les portes à flots, en fonction des heures et coefficients de marée. Les temps de transit peuvent être aussi perturbés par les microcentrales, vannages et autres équipements jalonnant le cours de la Vire.

4.2. - Possibilités de dilution du flot de vidange

Au moment de l'essai de vidange les débits étaient :

- Vire à CARVILLE CD 81 - 1,100 m³/s
 - la Soulevre à CARVILLE - 0,400 m³/s.
- soit à PONT FARCY : 1,500 m³/s environ.

à l'aval de PONT FARCY, l'arrivée de la Drôme augmente celui de la Vire qui atteint alors 1,700 à 1,800 m³/s, ce qui laisse présumer, en fonction des relations entre VIRE et ST LO (stations de jaugeages) un débit de la Vire à ST LO d'environ 2,300 m³/s.

Ce raisonnement ne tient pas compte du débit de vidange du barrage qui au fur et à mesure que l'on descend, s'il reste le même en quantité, se trouve laminé dans sa configuration.

CONCLUSION

Les services intervenant lors de l'essai de vidange du 9 septembre ont pu constater que l'impact potentiel de l'ouverture des vannes de fond de la retenue de la Dathée sur la rivière en aval était très important, pour la situation observée dans la retenue ce jour là.

Les eaux issues de la vidange de fond peuvent affecter aussi bien la faune piscicole que la traitabilité des eaux. En ce qui concerne ce dernier point, il a semblé nécessaire de prévoir une solution de remplacement à la prise d'eau de Canvie dans la Virène pendant la durée de la vidange.

Dans les conditions d'hydraulicité de la Virène et de la Vire enregistrées pendant l'essai de vidange, l'ouverture de la vanne de fond est apparue comme devant être impérativement retardée, dans l'attente d'une amélioration de la situation dans la retenue ou des conditions de dilution à l'aval.

Compte tenu de l'importance des effets observés, les services de santé et de police des eaux de la Manche ont été contactés par les services de l'équipement du Calvados, afin que toutes les précautions soient prises aux stations de potabilisation situées en aval et aux différents barrages.

Par ailleurs, le Service Régional d'Aménagement des Eaux et l'Agence ont recommandé l'ouverture rapide de la vanne intermédiaire, dont les eaux ne semblaient pas porter de préjudices marqués à l'aval. Une telle mesure devait permettre d'amorcer la vidange de la retenue, tout en provoquant l'oxydation progressive des couches intermédiaires avec la baisse du niveau de l'eau et le déplacement simultané de la zone trophogène.

Parallèlement, la manoeuvre progressive de la vanne de fond avec l'augmentation des conditions de dilution en aval était programmée en liaison avec le suivi quantitatif et qualitatif effectué par le Service Régional d'Aménagement des Eaux et l'Agence dans la retenue et à l'aval.

De façon générale, les observations de cette campagne de mesure et les résultats de l'étude poursuivie sur la retenue de la Dathée, confirment les remarques présentées au Comité Technique de l'Eau de Basse-Normandie, le 5 mars 1982, dans une note sur "l'évolution qualitative des retenues en Basse-Normandie" [7]. La nature géologique "acide" des roches constituant le substratum de plusieurs retenues en Basse-Normandie semble en effet déterminante pour l'apparition électorale et la prolifération d'algues appartenant à la famille des cyanophycées, phénomène déjà signalé par BERTRU [8] en Bretagne. Le développement important de ces algues à la fin de l'été se traduit généralement par une stratification chimique très marquée dans les retenues.

BIBLIOGRAPHIE

- - - - -

- [1] BOULMER M. et C. (1981) : Etude de l'évolution physico-chimique et biologique de la retenue de la Dathée et son influence sur l'aval. rapport d'étude pour l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 24 p.
- [2] MORTIMER C.H. (1941) : The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes ; cité dans GOLTERMAN 4 .
- [3] MORTIMER C.H. (1942) : The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes ; cité dans GOLTERMAN 4 .
- [4] GOLTERMAN H.L. (1975) : Physiological limnology ; éd. Elsevier, New-York ; 489 p. ; pp. 157-159.
- [5] FEUILLADE J. (1966) : Contribution à l'étude d'un lac de barrage : le lac de Vézins (Manche) Thèse de doctorat, université de CAEN, 173 p., pp. 81-86.
- [6] DULAC C. et LAURENCEAU J.M. (1982) : Etude de la physicochimie et de l'eutrophisation du réservoir pour l'alimentation en eau potable de la ville de ST LO. Rapport de l'université Pierre et Marie Curie pour l'Agence Financière de Bassin "Seine-Normandie", 47 p.
- [7] ALLARD L., HORN M. (1982) : Réflexion sur l'évolution qualitative des retenues en Basse-Normandie ; note pour le Comité Technique de l'Eau ; Service Régional d'Aménagement des Eaux et Agence de Bassin, Délégation de CAEN, 10 p.
- [8] BERTRU G. (1980) : Diagnostic de l'état trophique de la retenue du Gouët ; rapport d'étude du Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université de RENNES ; 55 p.

- - - - -

DELEGATION REGIONALE

DE BASSE-NORMANDIE

ESSAI DE VIDANGE DE LA RETENUE DE LA DATHEE

- - - - -

NOTE CONCERNANT LES IMPACTS POSSIBLES

DE LA FUTURE VIDANGE DE LA RETENUE

SUR LE MILIEU A L'AVAL ET SES DIFFERENTS USAGES

RES
342-1

29.09.82

DELEGATION REGIONALE

DE BASSE-NORMANDIE

ESSAI DE VIDANGE DE LA RETENUE DE LA DATHEE

NOTE CONCERNANT LES IMPACTS POSSIBLES

DE LA FUTURE VIDANGE DE LA RETENUE

SUR LE MILIEU A L'AVAL ET SES DIFFERENTS USAGES

A la demande des administrations locales de la ville de VIRE, le Service Régional d'Aménagement des Eaux de Basse-Normandie et la Délégation de CAEN de l'Agence Financière de Bassin "Seine-Normandie" ont effectué une campagne d'analyses en aval du barrage de la Dathée, au cours des essais de vidange du 9 septembre 1982.

Pour la circonstance, trois postes de mesures en continu du pH, de la Température, du rH et de la conductivité ont été installés aux points suivants :

- pont en bois à l'aval immédiat du barrage,
- la Dathée au moulin de Dathée, sensiblement 2 kilomètres en amont de sa confluence avec la Virène,
- la Virène au pont de la départementale 150, soit 400 m à l'aval de la prise d'eau potable de Canvie.

L'ouvrage de retenue de la Dathée est équipé d'une vanne de restitution à la cote 158 NGF, d'un débit nominal de 600 l/s, et d'une vanne de fond à la cote 153 NGF, la cote du déversoir étant par ailleurs de 162 NGF.

L'ouverture successive des deux niveaux de prise a permis de suivre la qualité des eaux rejetées pour différents schémas de restitution, à savoir :

1. surverse seule
2. surverse + vanne de restitution
3. surverse + vanne de restitution + vanne de fond
4. vanne de restitution + vanne de fond
5. vanne de fond seule
6. vanne de restitution seule

2.-
La manoeuvre des vannes dans chaque situation s'est faite progressivement pour limiter les effets de chocs sur la rivière en aval.

La disposition des postes de mesure a permis de suivre pour les différents cas de figure, les premiers effets de l'autoépuration et de la dilution par le ruisseau proche du moulin de Dathée puis par la Virène, ainsi que la persistance éventuelle des nuisances occasionnées à la rivière et à ses différents usages.

Deux équipes circulant en camionnette laboratoire ont effectué par ailleurs des prélèvements ponctuels :

- aux points de contrôle en continu pour vérifier le bon fonctionnement des appareils et compléter leurs relevés par la recherche épisodique d'autres paramètres, tel que les différentes formes de l'azote, les matières en suspension, le fer, le manganèse et la DBO_5 ,
- en d'autres points intercalés dans le précédent maillage ou situés plus à l'aval.

Parallèlement, une équipe de jaugeage a suivi l'évolution du niveau de l'eau aux différents points par la lecture de plusieurs échelles installées à cet effet aux trois stations de contrôle et à la prise d'eau de Canvie. Cette équipe disposait également des relevés limnimétriques des stations de jaugeage du moulin de Dathée, de la Virène et de la Vire à MARTILLY.

I - SITUATION DANS LA RETENUE

Avec le réchauffement des masses d'eau, la retenue de la Dathée a connu du printemps à la fin de l'été plusieurs épisodes de développement planctoniques, particulièrement marqués toutefois par la prolifération d'une algue bleue, Aphanizomenon flos aquae, apparue dans les premiers jours de septembre. Ce phénomène n'est pas nouveau sur la retenue ; il s'apparente à la prolifération l'été précédent d'une autre algue de la même famille : Anabaena spiroides.

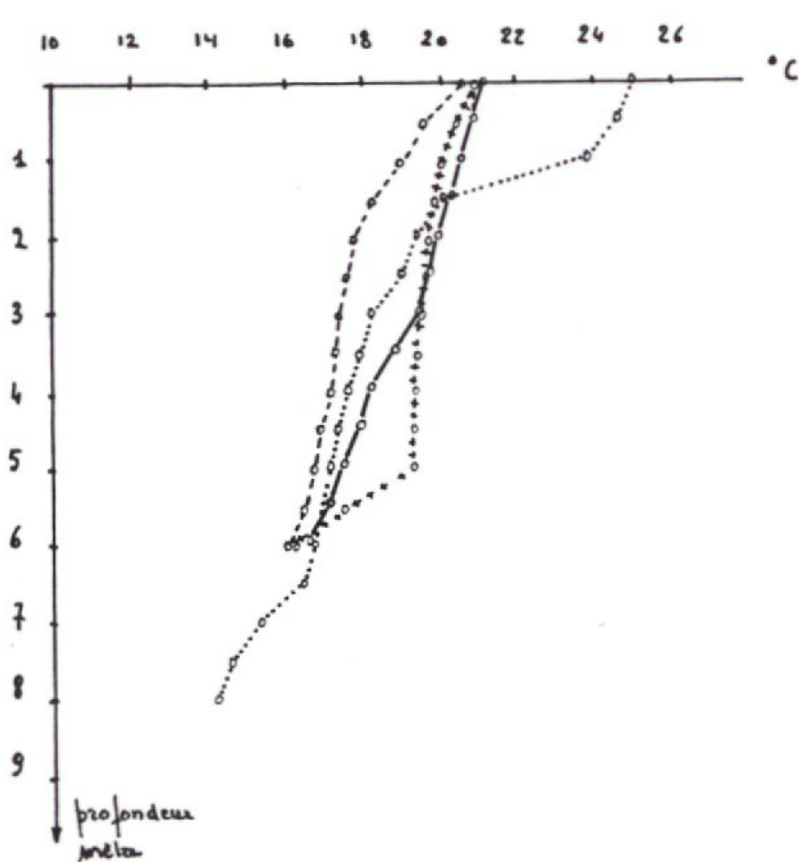
De telles manifestations biologiques conduisent lors de leur disparition, généralement brutale, à l'épuisement en oxygène des eaux profondes avec la décomposition des cellules algales. En effet, des retenues de faibles profondeur comme celle de la Dathée offrent un rapport zone trophogène (1) / zone tropholytique (2) trop important pour permettre une bonne minéralisation des substances organiques. Il n'est pas rare d'observer ainsi dans la retenue de fortes sursaturations en oxygène accompagnées de valeurs élevées du pH dans la partie supérieure affectée par la photosynthèse (zone trophogène), suivies rapidement entre 4 et 6 m de profondeur d'une disparition totale de l'oxygène.

Parallèlement, le rH, paramètre représentatif de l'état d'oxydo-réduction du milieu, dépendant à la fois du pH et du potentiel d'oxydo-réduction EH, atteint à partir de 6 m de profondeur des valeurs très basses, compatibles avec la présence en solution d'éléments tels que le fer, le manganèse et même le sulfure d'hydrogène. En conditions d'"oxydation" du milieu, ces composés forment des précipités (hydroxyde ferrique, dioxyde de manganèse), ou sont représentés par une forme ionique différente. En conditions réductrices, la quantité et la nature des substances réduites présentes est directement fonction de la force réductrice induite par la minéralisation des matières organiques, donc de la quantité de celles-ci à dégrader simultanément.

Les figures 1 à 4 représentent bien l'évolution dans la retenue des principaux paramètres, avec l'extension des manifestations biologiques. On remarquera notamment, que le rH passe à 10 heures le jour de la vidange de 31 en surface à 18,2 à 7,50 m.

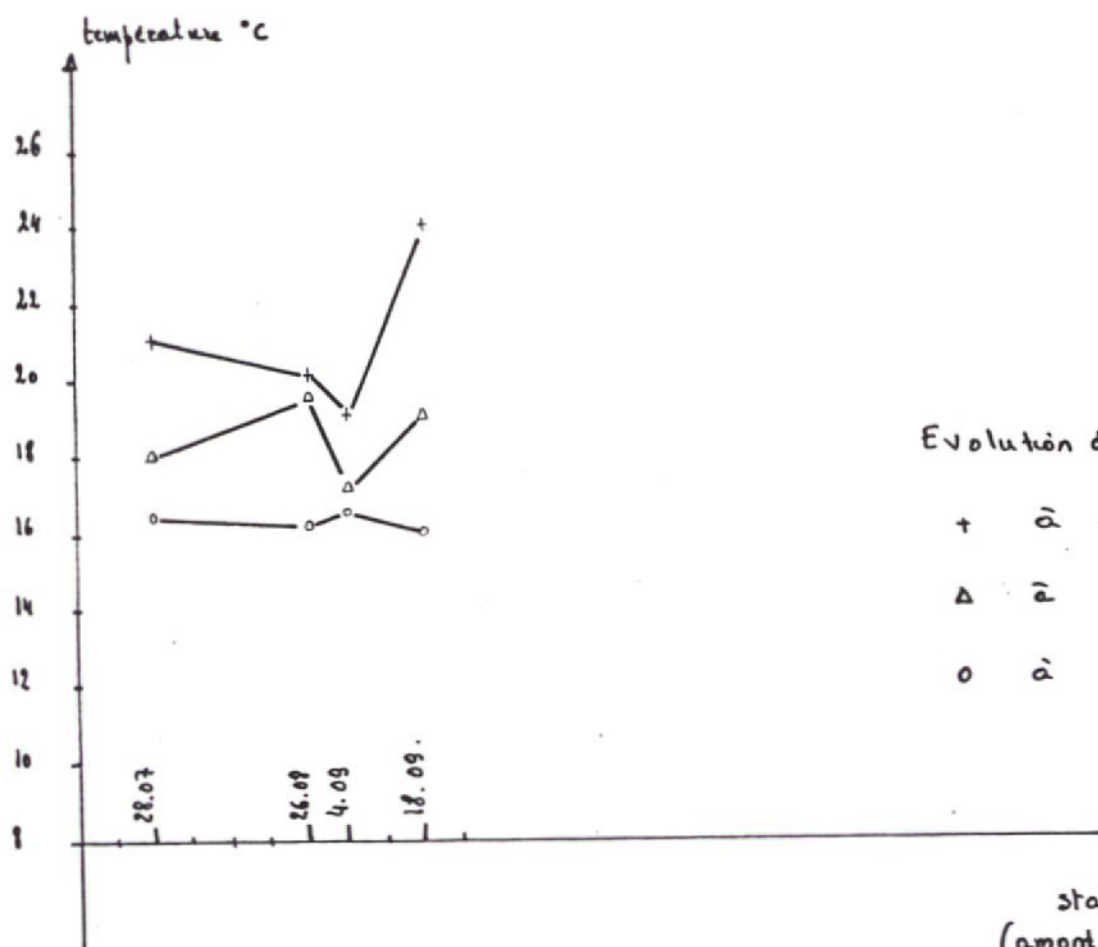
Malheureusement, la longueur de capteur disponible lors de ces mesures n'a pas permis d'atteindre des profondeurs supérieures. Une autre mesure réalisée le 18 septembre révèle une valeur similaire à cette profondeur et une valeur de 17 à 8,50 m. Il est vraisemblable d'imaginer des valeurs de rH encore inférieures près du fond.

- 1 - Zone trophogène : zone d'activité photosynthétique des producteurs primaires; la photosynthèse donnant lieu à la production d'oxygène, cette couche est aussi appelée zone oxydée par certains auteurs.
- 2 - Zone tropholytique : zone de dégradation des matières organiques ; l'oxydation de celles-ci conduit à l'épuisement plus ou moins rapide en oxygène dans le volume d'eau correspondant et ainsi à l'expression de formes réduites des sels dissous. Rappelons que la distinction zone trophogène - zone tropholytique ne recoupe pas la coupure hypolimnion épilimnion, qui s'applique, elle, à la stratification thermique ; ceci est d'autant plus vrai, que les retenues de faible profondeur dont il est question dans ce travail présentent rarement une nette différenciation thermique verticale.



Evolution de la température.

campagne du :
 — 28.07.82
 +++ 26.08.82
 --- 4.09.82
 18.09.82

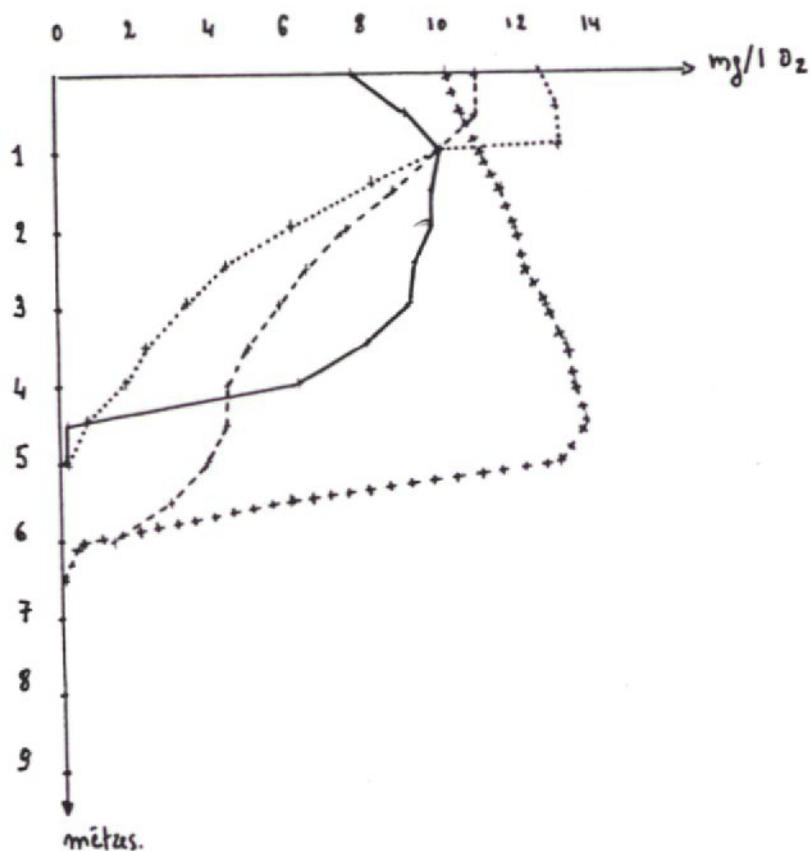


Evolution de la température

+ à 1 m.
 Δ à 4 m.
 o à 8 m.

station A
 (amont immédiat barrage)

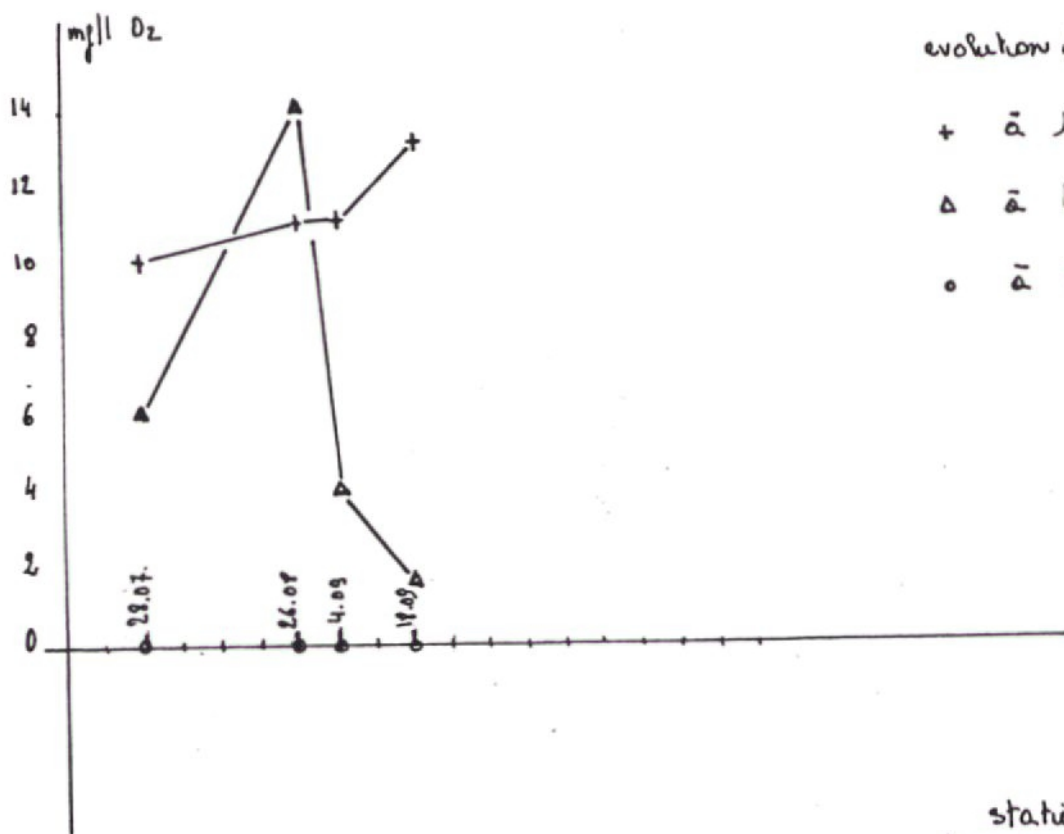
Oxygène dissous.



évolution de
l'oxygène dissous
en profondeur.

Campagne du :

— 28.07.82
+ 26.08.82
--- 4.09.82
.... 18.09.82



évolution de l'oxygène dissous

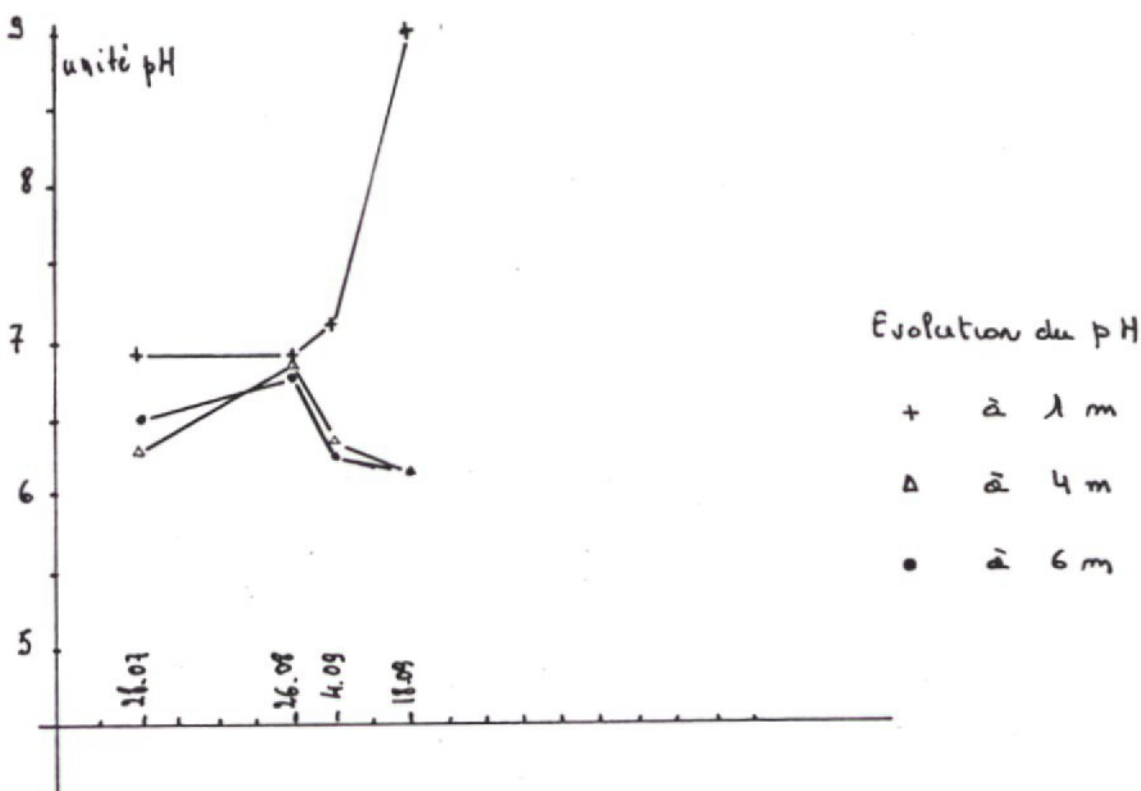
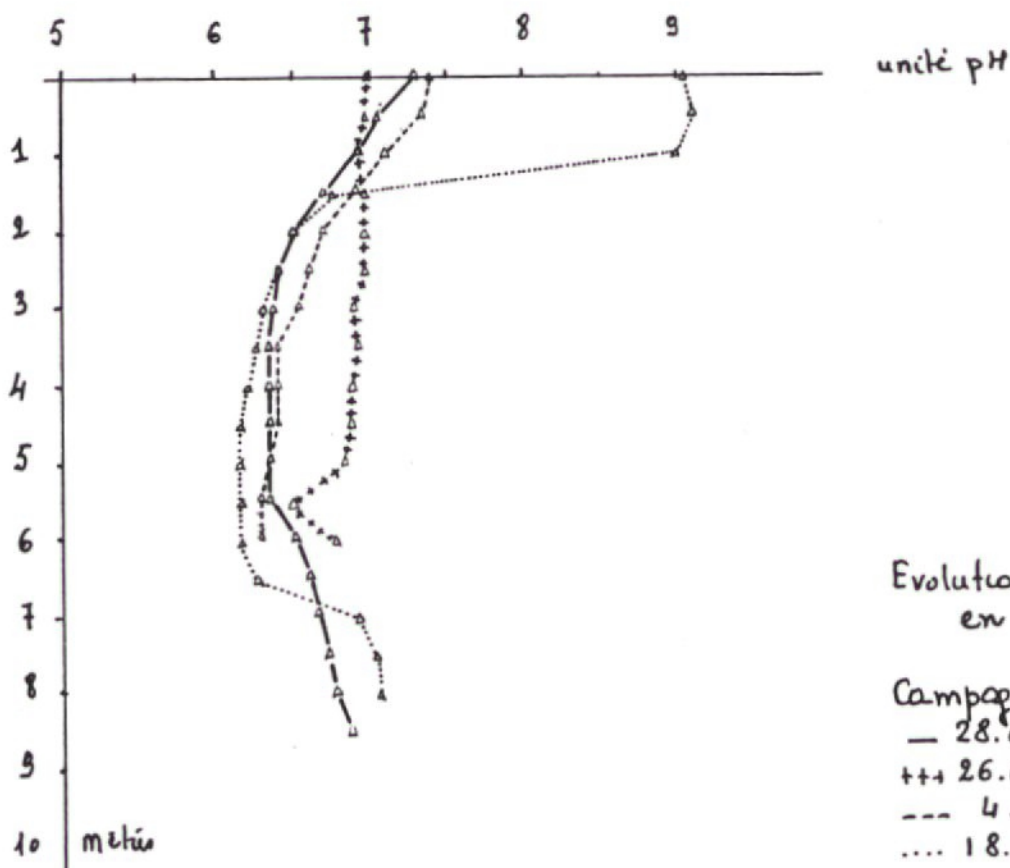
+ à 1 m.

Δ à 4 m

○ à 7 m.

station A
(amont immédiat barrage)

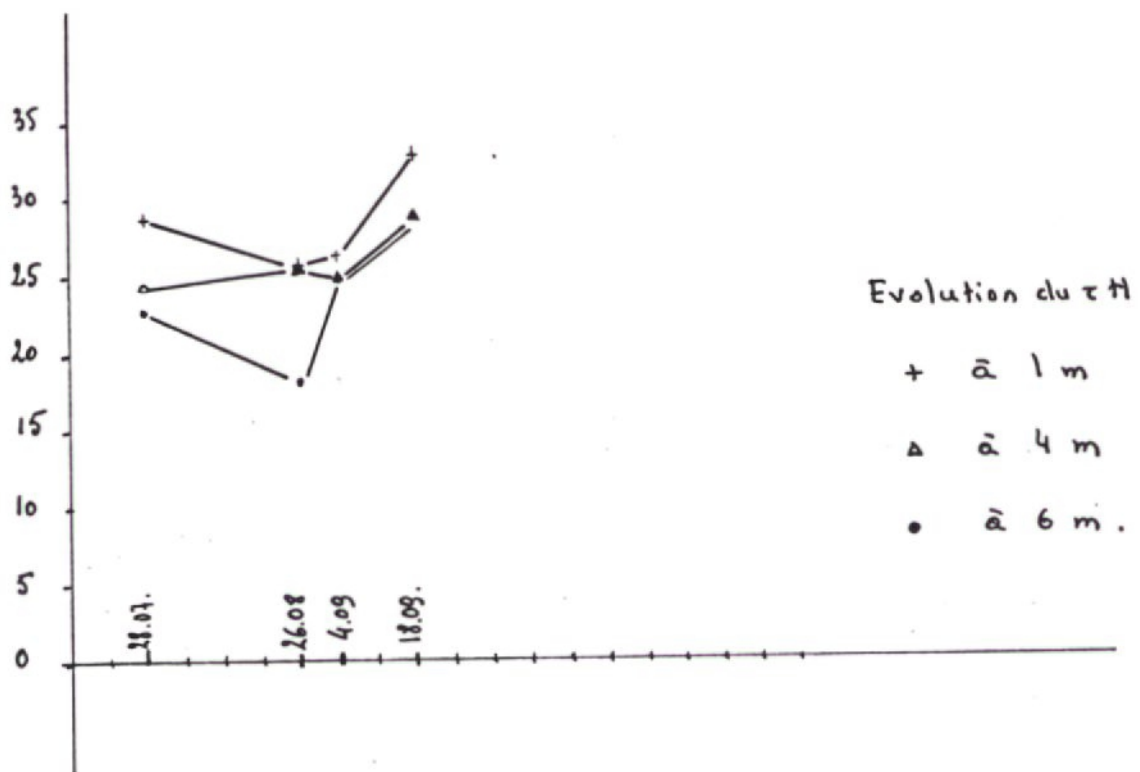
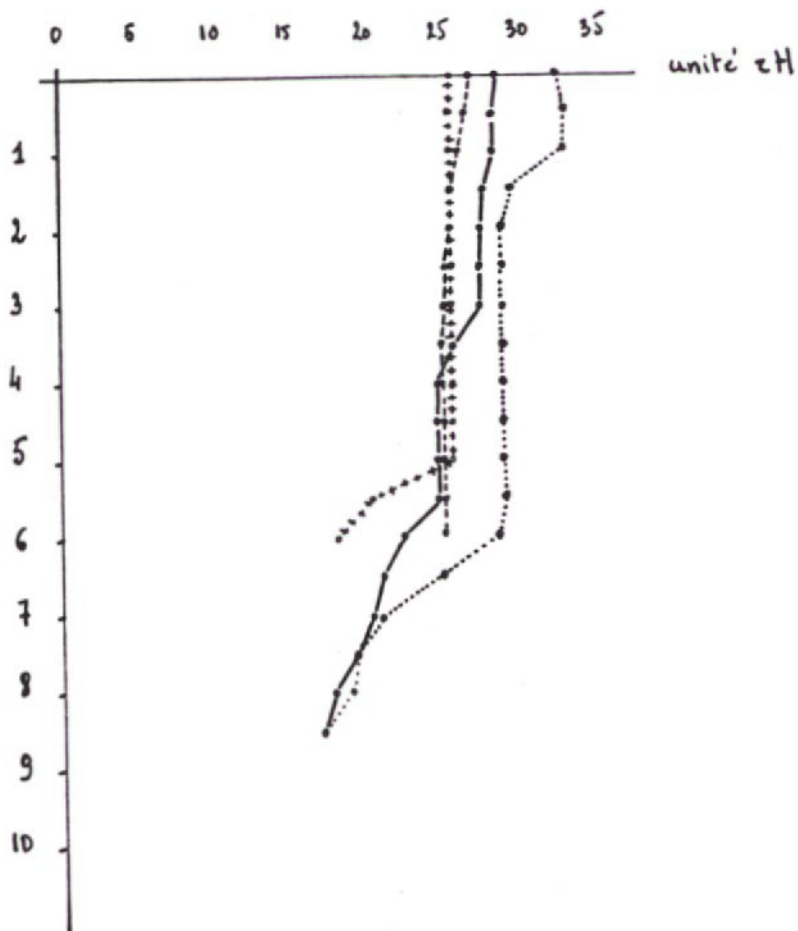
pH - acidité



Station A
(amont immédiat du barrage)

fig 3.

potentiel d'oxydo-réduction



station A
(amont immédiat barrage)

fig 4

MORTIMER, repris par FEUILLADE dans son étude du lac de Vezins, souligne que :

- le fer devient ferreux et très soluble à partir de rH 20,7
- il y a formation de sulfure d'hydrogène à partir de rH 17,33
- l'ammoniaque n'est plus dégradée en nitrite entre rH 27,11 et rH 25,66.

Un prélèvement réalisé à 6,50 m dans l'heure précédant l'ouverture de la vanne de restitution, confirme la présence dès cette profondeur de quantités très sensibles de fer et d'ammoniaque. Celle du sulfure d'hydrogène sera ensuite attestée quant à elle par l'odeur dégagée lors de l'ouverture de la vanne de fond.

II - INCIDENCE DE LA VIDANGE SUR LA RIVIERE EN AVAL

2.1 - Résultats des mesures effectuées

2.1.1. - Mesures en continu

Parmi les paramètres relevés en continu sur les points choisis à l'aval de la retenue, le rH, la conductivité et la température fournissent les indications les plus nettes et les plus précieuses. La conductivité et la température sont d'excellents témoins de l'origine des masses d'eau au sein de la retenue.

Le rH permet théoriquement de prévoir la forme représentée de chaque couple "rédox" présent dans le milieu, par exemple sulfure ou sulfate, fer divalent ou fer trivalent... Cette propriété est très importante car les différentes formes ne présentent en général pas la même nuisance. Dans la pratique, le métabolisme particulier des milieux "naturels" n'autorise pas l'utilisation directe des diagrammes EH - pH ou rH. D'une part, l'oxydation ou la réduction de certains composés organiques est irréversible. D'autre part, ces diagrammes concernent des milieux en équilibre sur le plan des processus d'oxydo-réduction, condition irréalisable dans un milieu naturel tel qu'une rivière. Ainsi, le rH mesuré est-il un rH "apparent", imposé par les couples "rédox" aux cinétiques les plus rapides.

Les courbes de la figure 5 présentent l'évolution dans le temps du rH et de la température aux trois points de mesure. L'oxygène n'est pas représentée. Aux trois stations, sa concentration est restée importante, voire plus importante pour la première d'entre elles. En fait, la projection violente des masses d'eau à la sortie des vannages sur les rochers du dispositifs de dissipation d'énergie, suffit à leur réoxygénation artificielle.

Les premières observations que l'on peut tirer de la lecture des diagrammes de mesures en continu sont les suivantes :

- la teneur en oxygène dans les premiers kilomètres à l'aval du barrage est déterminé surtout par l'intensité du débit sortant par les vannages,
- l'ouverture de la vanne de restitution à 4 m n'a pas apporté de modifications sensibles dans la qualité de l'eau par rapport aux eaux de surface issues du déversoir,
- l'ouverture, même partielle, de la vanne de fond s'est traduit immédiatement par des modifications profondes de qualité de l'eau, avec l'arrivée de grandes quantités de substances réductrices. Les valeurs de rH mesurées aux trois points lors de l'arrivée des masses d'eau profondes de la retenue, indiquent la présence en abondance de composés réducteurs, pouvant affecter sensiblement le bilan en oxygène de la rivière, mais beaucoup plus en aval, en raison de la cinétique très lente des processus d'oxydation de ces composés.

09.08.82

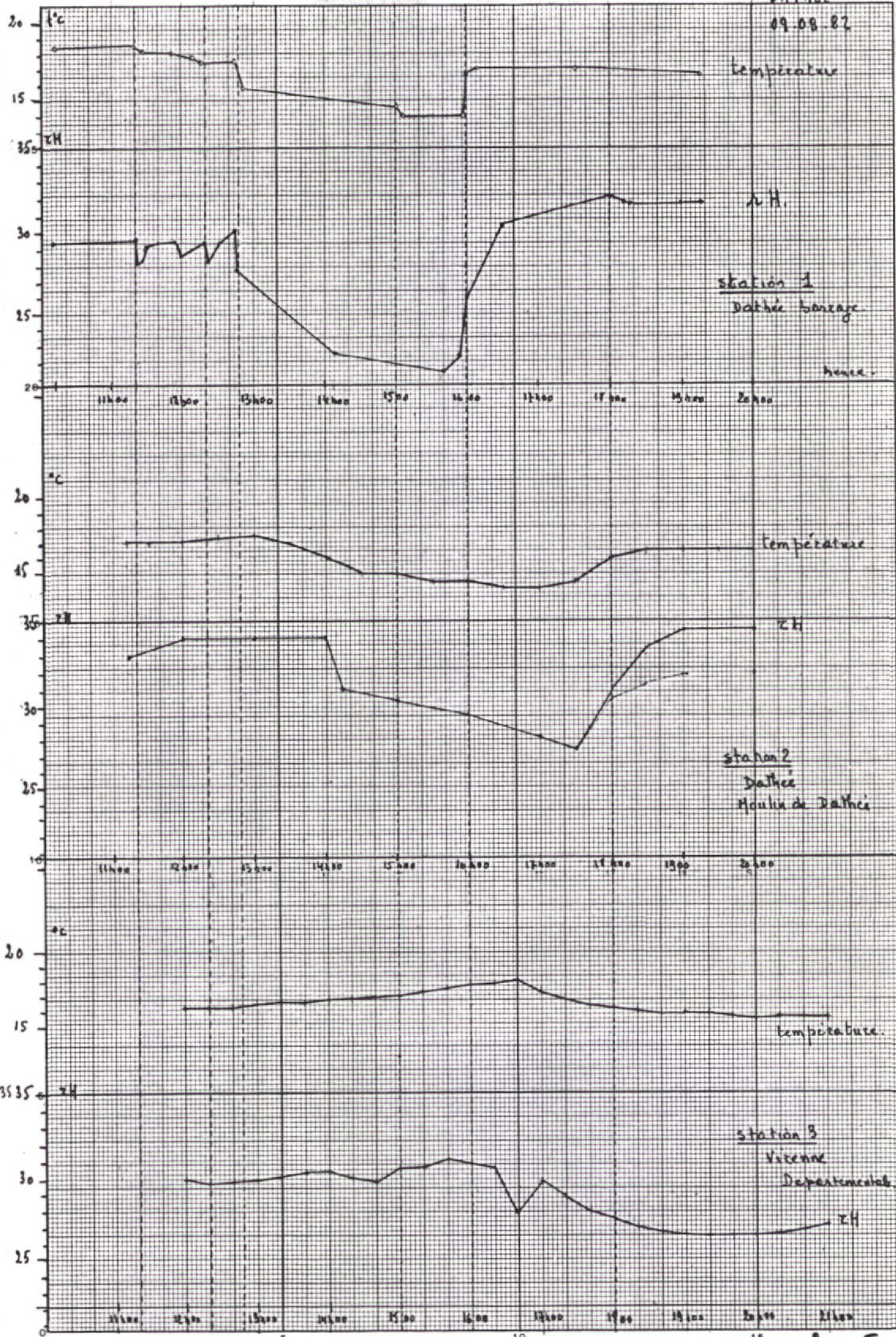


fig. 5

Essais de vidange du 09.09.82

Chronologie des manoeuvres de vanne.

11 h 15	ouverture vanne de restitution	145 P/s + Datée 157 P/s
11 h 50	" "	290 P/s + Datée 157 P/s
12 h 15	ouverture totale de restitution	597 P/s + Datée 157 P/s
12 h 45	- vanne de restitution	597 P/s plus de succion.
	ouverture vanne de vidange	394 P/s
13 h 14	vanne de restitution	586 P/s
	vanne de vidange	590 P/s
13 h 58	vanne de restitution	596 P/s
	vanne de vidange	981 P/s
14 h 59	fermeture vanne de restitution	
	vanne de vidange	1565 P/s
15 h 54	ouverture vanne de restitution	594 P/s
	fermeture vanne de vidange	
18 h 00	vanne de restitution	209 P/s

pendant cette opération le plan d'eau
a baissé de 5 cm.

- la dilution de l'eau en provenance des vannages de fond par celle de la vanne des restitution à raison de 980 l/s pour la première et 596 l/s pour la deuxième (soit la plus grande dilution possible par la vanne de restitution pour un débit de vidange de l'ordre de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$) ne peut assurer à elle seule une nette diminution du caractère réducteur des eaux de vidange. La différence de rH entre 14 h et 15 h 30 n'est que de 1 unité.
- la station de jaugeage de la Virène indiquait un débit de l'ordre de 500 l/s le jour de la vidange, soit un apport d'eau équivalent au tiers du débit de vidange. On remarquera que cette dilution n'a pas d'incidence réelle sur les faibles valeurs de rH, celles ci restant de l'ordre de rH 27 à l'amont et à l'aval de la confluence. La différence de rH observée par contre entre la 1ère station et celle du moulin de Dathée résulte principalement de l'oxydation du fer ferreux qui forme avec le fer ferrique un couple "rédox" à la cinétique très rapide. Cette hypothèse sera confirmée par les analyses de fer dans la rivière.

2.1.2. - Mesures ponctuelles

Les analyses des prélèvements ponctuels ainsi que les observations effectuées dans la rivière confirment et complètent les résultats des mesures en continu.

Les concentration d'azote ammoniacal au pont de la départementale 150, soit sur la Virène à l'aval de Canvie, approchent encore 2 mg/l . La différence de concentration avec l'aval immédiat du barrage correspond en ce point à la seule dilution par la Virène et les ruisseaux annexes. Aucune auto-épuration n'est encore visible à ce stade pour ce paramètre. L'oxydation de l'azote ammoniacal fait appel en effet à des processus biologiques dont la cinétique est beaucoup plus lente que celle des composés carbonés. Il faut donc s'attendre à retrouver l'azote ammoniacal loin en aval, à des concentrations proportionnelles surtout en amont de la Vire aux possibilités de dilution.

Les valeurs de l'oxydabilité restent très élevées en aval de Canvie ($12,2 \text{ mg/l}$ à 16 h 30) et sont cohérentes avec les rH très faibles encore à ce niveau.

La DBO_5 n'atteint pas de fortes valeurs, ce qui s'explique par la grande biodégradabilité des matières carbonées composant le phytoplancton. La biodégradabilité confirmée d'ailleurs par la disparition rapide de l'oxygène contenu dans la zone tropholytique. On peut s'attendre, pour l'oxydation biologique des composés organiques ou déjà minéralisés, à sa cinétique beaucoup plus lente à relever des valeurs de DBO ultime beaucoup plus élevées.

Enfin, dernier paramètre mesuré révélant des teneurs très anormales : les matières en suspension. Celles ci subsistent en quantité très importantes à l'aval, maintenues en suspension par l'importance du flot de vidange à 18 h 00, une teneur de 140 mg/l a été relevée à MARTILLY). Elles proviennent à la fois des matières organiques et surtout minérales remises en suspension dans la rivière, ainsi que des dépôts réducteurs de la retenue.

2.2 - Impacts du flot de vidange sur la vie piscicole et les usages de l'eau en aval

2.2.1. - Impacts sur la vie piscicole

Parmi les paramètres mesurés aux valeurs anormalement basses ou élevées, le poisson montre une sensibilité particulière à quatre d'entre eux :

- la teneur en oxygène : élevée encore dans le tronçon amont étudié, elle peut décroître sérieusement dans la Vire à l'aval notamment dans les nombreuses retenues de microcentrales, avec l'oxydation progressive des substances réduites. Les salmonidés abondants dans la Vire demandent des teneurs élevées, proches de 7 mg/l. Là encore, l'acuité des problèmes rencontrés, sera fonction des possibilités de dilution offertes par la Vire.
- l'azote ammoniacal : les poissons présentent une sensibilité élevée à la forme non ionisée de ce paramètre, dont la proportion varie avec le pH selon la formule suivante :

$$\% \text{ NH}_3 \text{ non dissocié} = \frac{100}{1 + \log (\text{pKa} - \text{pH})}$$

le pKa variant linéairement avec la température, cette formule se ramène à

$$\% \text{ NH}_3 = \frac{100}{1 + 10^{(10,065 - 0,033 T - \text{pH})}}$$

le pH et la température maximale relevés dans la Virène au cours du passage du flot de vidange atteignent respectivement 7,3 et 18°C, ce qui correspond à 0,67 % de NH₃ indissocié. Un tel pourcentage autorise la survie des poissons dans la rivière (NH₃ maximal = 0,025 mg/l selon la circulaire des communautés européennes) des concentrations en azote ammoniacal allant jusqu'à 3,7 mg/l.

Tout cela reste bien entendu théorique. On peut penser toutefois que ce paramètre risque peu d'être directement dommageable pour la faune piscicole. L'oxydation biologique de l'azote ammoniacal affecte quant à elle le bilan en oxygène de la rivière.

- les matières en suspension, de même que les précipités résultant de l'oxydation du fer, seront certainement les éléments les plus nuisibles à l'égard de la faune piscicole. Il est difficile de donner des valeurs limites. Une norme guide fréquemment citée s'élève à 25 mg/l, valeur largement dépassée dans la Virène et dans la Vire à MARTILLY

Les matières en suspension provoquent principalement chez les jeunes l'asphyxie par colmatage des branchies. En coordination avec la baisse des teneurs en oxygène, elles peuvent s'avérer fatales à une partie de la faune piscicole.

Parallèlement, les matières décantables viennent colmater les frayères de salmonidés, ce qui peut compromettre en partie la reproduction de l'année, qui s'effectue dans les 2 à 3 mois suivant la vidange

- l'hydrogène sulfureux enfin, est très toxique pour la faune à l'aval du barrage. La forme indissociée H_2S , plus toxique, augmente avec les faibles pH. Toutefois, son maintien exige des valeurs très basses de RH que l'on ne retrouve pas 1 ou 2 km après le barrage. La cinétique lente du couple sulfates-sulfures peut toutefois expliquer un certain temps son maintien dans la rivière, mais plutôt sous forme de sulfure de fer.

2.2.2 - Impact sur la traitabilité de l'eau

Sans rentrer dans le détail, on peut citer comme paramètre rendant problématiques les traitements de potabilisation au cours de la vidange :

- les matières en suspension,
- l'azote ammoniacal,
- le fer et le manganèse,
- les sulfures bien entendu, quoique leur présence résiduelle au niveau de la prise d'eau de Canvie soit peu vraisemblable,
- les matières organiques dissoutes issues de la retenue, d'origines autochtone et allochtone.

a) Les matières en suspension

Provoquent une gêne mécanique par le colmatage rapide des filtres, ce qui pose surtout un problème de maintenance des installations.

b) Azote ammoniacal

La présence d'azote ammoniacal n'est pas souhaitable dans les eaux de distribution publique. Sa persistance interdit toute rémanence du chlore dans les réseaux et nuit donc à la désinfection.

L'enlèvement de l'ammoniaque nécessite l'application de chlore au break-point dans la filière, ce qui entraîne l'ingestion de doses très importantes pour la prise d'eau de Canvie dans le cas présent ; il faut en effet une dizaine de mg/l de chlore par mg/l d'azote ammoniacal à traiter. Par ailleurs, les matières organiques dissoutes très abondantes dans la rivière (oxydabilité supérieure à 10 mg/l) réagiront également avec le chlore injecté ; il semble ainsi difficile, dans l'impossibilité d'obtenir un traitement de désinfection satisfaisant, d'utiliser l'eau de la Virène à Canvie pour la potabilisation.

c) Le fer et le manganèse

Consomment également pour leur précipitation et leur élimination des quantités importantes d'oxydant.

d) Les matières organiques dissoutes

Perturbent comme on l'a vu les traitements de désinfection. Par ailleurs, les organohalogénés ainsi produits sont supposés cancérigènes ; toutefois, de telles conséquences sur la santé supposent de très longues périodes d'accumulation dans l'organisme sans rapport avec la durée de la vidange. Il est possible par contre que les métabolites incomplètement dégradés engendrés par les cyanophycées abondantes dans la retenue provoquent des goûts et odeurs en traitement d'eau de consommation. Dans certains cas, des gastro-entérites ont été signalées chez les consommateurs d'eau contenant ces métabolites.

III - ETUDE DES VITESSES DE TRANSIT DU FLOT ET DES POSSIBILITES DE DILUTION A L'AVAL

Pour suivre l'écoulement et la propagation des eaux de vidange du barrage, quatre échelles limnimétriques ont été disposées sur la rivière en aval ; les points 1, 2 et 4 correspondent aux trois stations de mesures physico-chimiques en continu ; le point 4 est la prise d'eau potable de Canvie.

Trois stations de jaugeage du Service de la Navigation de la Seine complétaient les observations :

- Dathée au moulin de Dathée,
- Virène,
- Vire à MARTILLY

3-1 - Vitesses de transit du flot de vidange

Il ressort des mesures effectuées que le flot atteint le moulin de Dathée 1 h 45 mn et la prise d'eau de Canvie 3 heures après l'ouverture des vannes. Il faut ajouter que les vannes ont été progressivement ouvertes et que l'on peut assimiler cette manipulation à un limnigramme de crue.

La situation des échelles limnimétriques constitue un facteur très important ; en effet, l'échelle à l'aval immédiat du barrage assurait un contrôle médiocre du fait du fond rocheux de la rivière mais offrait un point zéro de référence pour le flot. La station du moulin de Dathée ne posait aucun problème et donnait d'excellents résultats du fait du déversoir.

A la station de Canvie, les résultats sont bons ; là aussi un déversoir permettait un bon contrôle ; de plus dans ce secteur la rivière peut s'écouler avec facilité, offrant peu d'embâcles.

Par contre, au niveau du CD 150, si le débit du limnigramme présente une configuration classique et normale, il n'en est plus de même à l'arrivée de la pointe du flot, car l'état d'abandon et l'encombrement du lit de la rivière rendaient les niveaux à l'échelle quelque peu instables. Un étalement du niveau des eaux, ponctué par des accélérations et des ralentissements dûs au départ ou à l'arrivée de détritux de tous ordres a été observé.

En examinant les mesures de débits réalisées les années précédentes sur la Vire et ses affluents et en nous basant sur les conditions constatées lors de l'essai de vidange, c'est à dire : débits, vitesses de la Vire, apport des affluents, non fonctionnement des micro-centrales, nous avons pu établir les temps d'écoulement approximatif, en prenant le barrage de la Dathée comme point zéro :

	Temps	Distance
Barrage	0 h 00 mn	- 3500 m
Canvie	3 h 00 mn	- 2900 m
Vire RN 24 b	6 h 40 mn	- 6400 m
La GRAVERIE CD 311	10 h 30 mn	- 5000 m
CARVILLE CD 81	12 h 00 mn	- 3700 m
Confluence Souleuvre	15 h 00 mn	- 3000 m
CAMPEAUX RN 174	16 h 50 mn	- 13500 m

	Temps	Distance
PONT FARCY RN 175	24 h 20 mn	- 6800 m
TESSY SUR VIRE CD 13	28 h 05 mn	- 13000 m
CONDE SUR VIRE CD 53	37 h 00 mn	- 6200 m
GOURFALEUR CD 28	41 h 25 mn	- 3000 m
CANDOL RN 799	43 h 30 mn	- 4600 m
ST LO RN 172	46 h 45 mn	- 9800 m
PONT HEBERT RN 174	53 h 30 mn	- 8000 m
ST FROMOND CD 8	65 h 10 mn	- 16500 m
LA BLANCHE RN 13	87 h 40 mn	

TOTAL	105900 m
-------	----------

Ces temps sont des temps de base et ne peuvent qu'être diminués, des orages ou de fortes pluies peuvent provoquer des gonflements de la Vire elle-même, ou de ses affluents plus nombreux dans la partie amont, à savoir l'Allière, la Brévogne, et surtout la Soulevre et la Drôme ; dans la partie centrale, l'action de la pluviométrie se ferait ressentir immédiatement sur la Vire, par le grand nombre de petits ruisseaux. Quant à l'aval, un affluent important, l'Elle, pourrait augmenter la dilution, mais l'écoulement à la mer est perturbé par les portes à flots, en fonction des heures et coefficients de marée. Les temps de transit peuvent être aussi perturbés par les micro-centrales, vannages et autres équipements jalonnant le cours de la Vire.

3.2. - Possibilités de dilution du flot de vidange

Au moment de l'essai de vidange les débits étaient :

- Vire à CARVILLE CD 81 - 1,100 m³/s
 - la Soulevre à CARVILLE - 0,400 m³/s
- soit à PONT FARCY : 1,500 m³/s environ.

à l'aval de PONT FARCY, l'arrivée de la Drôme augmente celui de la Vire qui atteint alors 1,700 à 1,800 m³/s, ce qui laisse présumer, en fonction des relations entre Vire et ST LO (stations de jaugeages) un débit de la Vire à ST LO d'environ 2,300 m³/s.

Ce raisonnement ne tient pas compte du débit de vidange du barrage, qui au fur et à mesure que l'on descend, s'il reste le même en quantité, se trouve laminé dans sa configuration.

A noter que les mesures les plus récentes effectuées par le Service Régional d'Aménagement des Eaux n'indiquent pas encore de remontées très nettes des débits de la Virène et de la Vire, si bien que les possibilités de dilution sont encore restreintes.

CONCLUSION

Les services intervenant lors de l'essai de vidange du 9 septembre ont tous pu constater que l'impact de l'ouverture des vannes de fond de la retenue de la Dathée sur la rivière en aval est très important. Ces observations ont été confirmées, comme l'indique ce rapport, par des mesures effectuées à cette occasion.

Dans les conditions d'hydraulicité de la Virène et de la Vire à l'aval de la retenue lors de l'essai de vidange, le démarrage de la vidange de fond elle-même est apparu comme devant être impérativement retardé, dans l'attente de meilleures conditions de dilution des paramètres les plus nuisibles.

Quel que soit le débit de la Virène dans les semaines à venir, il semble souhaitable de ne pas traiter les eaux de la prise d'eau de Canvie dont la désinfection pourrait être compromise en cours de vidange.

Compte tenu de l'importance des effets observés, il paraît nécessaire de prévenir le service de santé et les services de police des eaux de la Manche, afin que toutes les précautions soient prises aux stations de potabilisation situées en aval et aux différents barrages.

Dès à présent, il est possible d'ouvrir en grand la vanne de restitution (soit 600 l/s) puisque les eaux qui en sont issues ne semblent pas porter préjudice à la rivière en aval.

La vanne de fond pourrait quant à elle être très progressivement manoeuvrée avec l'augmentation des débits enregistrés sur les stations de jaugeage de la Vire.

Le Service Régional d'Aménagement des Eaux et l'Agence sont disposés avec l'accord des services compétents, au cours de la vidange à suivre sur la Vire l'arrivée du flot sur les plans quantitatifs et qualitatifs, de manière à éventuellement interrompre les opérations en cours.