

- Labo -  
(double)

STAGE 2<sup>e</sup> ANNEE

RAPPORT  
DE  
STAGE

effectué au

Service Régional d'Aménagement  
des Eaux de Basse - Normandie

L' EUTROPHISATION

et la  
prolifération d'algues

ses causes, ses effets, et ses  
conséquences sur l'eau destinée  
à la consommation

par olivier HAVAS

Ecole Nationale des Travaux  
Publics de l'Etat

1983

STAGE 2<sup>e</sup> ANNEE

RAPPORT  
DE  
STAGE

effectué au

Service Régional d'Aménagement  
des Eaux de Basse - Normandie

L ' EUTROPHISATION

et la  
prolifération d'algues

ses causes, ses effets, et ses  
conséquences sur l'eau destinée  
à la consommation

par olivier HAVAS

Ecole Nationale des Travaux  
Publics de l'Etat

Je tiens à remercier Monsieur Michel HORN, responsable du Laboratoire du Service Régional de l' Aménagement des Eaux de Basse Normandie, qui a accepté de m'accueillir pendant ces 8 semaines de stage et sans l'aide de qui cette étude n' aurait pas pu être menée à terme.

Que toutes les personnes rencontrées durant ce stage qui m'ont aidé à réaliser ce travail soient ici remerciées

Je remercie également Mademoiselle Armelle GIRY du Laboratoire des Sciences de l' Environnement de l' ENTPE pour l'intérêt qu'elle a porté à ce stage ainsi que tout le personnel du S.R.A.E. pour son accueil chaleureux.

Ayant fait l'année dernière un mois de stage en subdivision territoriale, durant lequel j'ai découvert le contexte et l'environnement dans lequel évolue l'ingénieur Subdivisionnaire, son rôle et ses activités, puis un mois de stage en bureau d'étude EAU-V.R.D. à la D.D.E. du Calvados où j'ai étudié les techniques d'assainissement des eaux usées et plus particulièrement l'assainissement individuel ou autonome, j'ai voulu faire cette année une étude en rapport avec les sciences de l'Environnement.

Trouver un stage de deux mois dans les services du Ministère de l'Urbanisme, du Logement, des Transports et de l'Environnement pour un élève de deuxième année à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat désirant préparer la voie d'approfondissement se rapportant aux sciences de l'Environnement n'est pas chose facile. Il est évident que la formation reçue par les ingénieurs T.P.E. n'est pas propre à être spécialisée dans un domaine précis, que ce soit l'informatique, l'hydraulique, l'urbanisme ou tout autre matière. Avant tout nous devons être pluri-disciplinaires, nous devons être capables d'apporter notre technique et nos réflexions aux collectivités locales, et ce, dans tous les domaines. Mais tout au long de notre carrière nous aurons à établir des documents d'urbanisme à la suite desquels des zones industrielles seront créées, nous aurons à tracer et à construire des routes et autoroutes, nous aurons peut-être à construire des ports ou des aéroports, des complexes agro-alimentaires, des barrages, des réservoirs, des stations d'épuration et des stations de traitement de l'eau potable, nous aurons aussi à gérer des budgets, etc... Evidemment nos connaissances techniques et pratiques, les études économiques et la notion de valeur marchande nous aideront dans ces voies, mais une notion, non marchande, se posera à toutes nos réflexions et études : l'impact sur l'environnement.

Désirant comme je l'ai dit préparer ma troisième année de formation d'ingénieur à l'ENTPE, j'ai choisi de faire un stage se rapportant aux problèmes rencontrés dans la potabilisation de l'eau et plus particulièrement les problèmes d'eutrophisation et de prolifération d'algues. Sur les conseils de Mademoiselle Armelle GIRY du Laboratoire d'Environnement de l'ENTPE j'ai décidé de faire mon stage au Laboratoire du Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Basse Normandie, dépendant du Ministère de l'Agriculture. Monsieur Michel HORN chef de ce laboratoire a accepté de m'accueillir en tant que stagiaire, afin de m'apporter l'aide nécessaire à la réalisation d'une étude dont le thème principal est: les problèmes de pollution des eaux destinées à la consommation humaine et sur les conséquences sur les difficultés rencontrées dans les filières de traitement et de distribution en vue de respecter les normes de potabilité de l'eau au robinet des consommateurs. Cette étude débouche plus particulièrement sur la conséquence la plus importante des effets néfastes de ces pollutions: le phénomène d'eutrophisation et de prolifération végétale phytoplanctonique dus à un enrichissement des eaux superficielles en substances nutritives

PREMIERE PARTIE	Page 31
1. LA QUALITE DE L'EAU	Page 32
2. LA POLLUTION DE L'EAU	Page 40
3. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 47
4. LA QUALITE DE L'EAU DANS LE BASSIN VERSANT	Page 48
5. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 51
6. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 52
7. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 53
8. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 54
9. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 55
10. LA QUALITE DE L'EAU - PROBLEME DE CAS	Page 56

## SOMMAIRE

<u>- INTRODUCTION</u>	Page	1
<u>- PREMIERE PARTIE</u>	Page	3
1.LA GESTION DES RESSOURCES	Page	4
2.LES FACTEURS DE LA POLLUTION DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION		
a)- les facteurs naturels	Page	9
b)- les rejets ponctuels	Page	11
c)- les sources diffuses	Page	13
d)- les pollutions accidentelles	Page	16
3.ETUDE DES CONSEQUENCES SUR CERTAINS PARAMETRES DE L ' EAU BRUTE		
a)- l'azote	Page	26
b)- le phosphore	Page	28
c)- le gaz carbonique	Page	28
<u>- DEUXIEME PARTIE</u>	Page	31
1.L ' EUTROPHISATION	Page	32
2.LA PROLIFERATION D ' ALGUES	Page	43
<u>- DEUXIEME PARTIE - ETUDES DE CAS</u>	Page	47
1.LA VIRE ET SON BASSIN VERSANT étude de la qualité des eaux	Page	48
2.LA RETENUE DE LA DATHEE étude de la qualité des eaux et du phénomène d'eutrophisation	Page	54
3.LA RETENUE DE LA DATHEE évaluation des apports en nutriments et de l'état trophique	Page	69

4.LA RETENUE DU SEMILLY le phénomène d'eutrophisation	Page 85
5.LA RETENUE DE LA VISANCE étude de l'évolution de l'état tro- phique	Page 92
6.L'ORNE A LOUVIGNY suivi de la qualité des eaux	Page 100
7.LES TESTS DE FERTILITE ET DE TOXICITE - LES ALGUES expérience du Laboratoire du S.R.A.E. de Caen	Page 112

- TROISIEME PARTIE Page 129

1.LES DIFFICULTES RENCONTREES DANS LES FILIERES DE TRAITEMENT ET LES SPECI- FICITES INDUITES PAR LES NOUVELLES POLLUTIONS	Page 130
2.LES PROBLEMES DE DEGRADATIONS DES QUALITES DE L'EAU DANS LES RESEAUX DE DISTRIBUTION	Page 137

- CONCLUSION Page 140

- ANNEXES Page 143

1.DIRECTIVES EUROPEENNES RELATIVES A LA QUALITE DES EAUX DESTINEES A LA CON- SOMMATION HUMAINE DU 15 JUILLET 1980	Page 144
2.LE S.R.A.E. DE BASSE - NORMANDIE	Page 162
3.LES AGENCES FINANCIERES DE BASSIN	Page 165
4.L'USINE DE TRAITEMENT DE LOUVIGNY	Page 166
5.LEXIQUE	Page 172
6.BIBLIOGRAPHIE	Page 176

## INTRODUCTION .

pop - !!  
Le taux d'accroissement des besoins en eau est de l'ordre du doublement en quinze ans alors que les ressources naturelles restent stables, le volume de l'eau présente sur le globe terrestre est de 1,3 milliards de  $\text{Km}^3$  alors que la consommation humaine est de l'ordre du million de  $\text{Km}^3$ , mais l'équilibre besoins - ressources ne se présente pas sous un aspect aussi schématique, se reporter à la figure 1.

Les ressources sont localisées en quasi-totalité dans les océans et une fraction inférieure au millième circule sur les terres émergées sous forme d'eau douce. Le fonctionnement du processus est très irrégulier. Les débits des rivières et des nappes souterraines sont sous la dépendance directe des précipitations et connaissent des variations très accusées allant de l'inondation à la sécheresse

La notion de consommation n'a pas grande signification dans le domaine de l'eau. L'eau prélevée est restituée au moins partiellement pour être réutilisée à nouveau. L'eau ne fait généralement que transiter chez les utilisateurs pour être déversée après usage dans le milieu naturel.

En fait de parler de consommation, il faudrait plutôt employer le terme de dégradation de qualité.

A l'image de l'évolution de notre société et de l'impact de cette évolution sur notre environnement, il convient de préciser que le traitement d'une partie des eaux du globe, qui seront en fait destinées à la consommation humaine, n'est pas un domaine figé. Actuellement la gestion des ressources en eaux et en évolution, et ce, aussi bien dans la connaissance de l'eau, de l'évolution de ses composantes et des conséquences qui en découlent que dans les objectifs de traitement qui rap-



pelons le, doivent éviter tous risques nuisibles à la santé de l'homme .

Pour ce, une bonne connaissance de l'eau à traiter est indispensable. Connaissance de ses composantes actuelles mais aussi futures, donc connaissance de l'évolution à long terme des composantes de l'eau brute et des détériorations qu'elle peut subir. Connaissance enfin des impacts de toutes constructions pouvant nuire à la qualité des eaux destinées à la consommation.

Après avoir évoqué les différents facteurs de la pollution des eaux destinées à la consommation et en avoir étudié les conséquences sur la qualité des eaux brutes, et ce dans une première partie, nous étudierons les problèmes d'eutrophisation et de prolifération d'algues dans les eaux superficielles, à partir d'une recherche bibliographique, d'analyses des mesures faites par le Laboratoire du S.R.A.E. de Caen et d'études de cas faites sur les eaux superficielles de Basse Normandie. Enfin, après avoir abordé dans une troisième partie les conséquences sur les filières de traitement et sur les réseaux de distribution, nous essaierons de répondre à une question de politique de gestion des ressources en eaux : faut-il, dans une certaine limite, éviter de recourir aux eaux superficielles trop sensibles aux pollutions, et réaliser des travaux d'adduction importants et plus onéreux ?

## PREMIERE PARTIE

## 1- LA GESTION DES RESSOURCES.

Sur les 440 milliards de  $m^3$  par an que représente l'apport de la pluie sur le territoire français, la plus grosse partie est reprise directement par l'atmosphère ( évaporation et évapotranspiration des plantes ), et il ne reste en définitive que 180 milliards de  $m^3$  par an qui sont acheminés en presque totalité vers les mers par un trajet plus ou moins long et complexe ( voir figure 2 ).

En simplifiant le schéma nous pouvons dire que sur ces 180 milliards de  $m^3$  par an, 70 milliards ruissellent directement et assez rapidement dans le réseau hydrographique, le plus souvent en hiver et sous forme de crues passagères, parfois catastrophiques, 50 milliards s'infiltrent dans les sols peu perméables desquels ils ressortent plus ou moins rapidement pour venir s'ajouter aux 70 milliards, et ce, sans qu'il soit possible de les intercepter dans leur parcours souterrains. Ces 120 milliards représentent les eaux superficielles qui sont comme nous verrons dans le tableau 1, assez vulnérables aux pollutions. Les 60 milliards restants s'infiltrent dans les nappes du sous sol et contribuent ainsi à constituer d'énormes réserves exploitables : les eaux souterraines. Elles se caractérisent en générale par une grande constance de la qualité, due à une meilleure protection contre les pollutions, principalement parce qu'elles ne sont pas directement en contact avec le milieu des rejets comme le sont les eaux superficielles.

En Basse Normandie, le massif armoricain qui s'étend jusqu'à la Manche, est formé de terrains primaires ou précambriens donc cristallins. Le substratum est constitué de sols imperméables, l'eau souterraine y est donc rare et est très difficilement utilisable pour l'alimentation en eau potable des grosses agglomérations. Par contre le prolongement du bassin sédimentaire Parisien jusqu'à la plaine de Caen permet pour le Calvados et une partie de l'Orne, l'exploitation de petites nappes locales ( débits possibles inférieurs à  $50 m^3/h$  pour le plus

FIGURE N ° 1 : Bilan général pour le globe  
( en milliards de m<sup>3</sup> . )

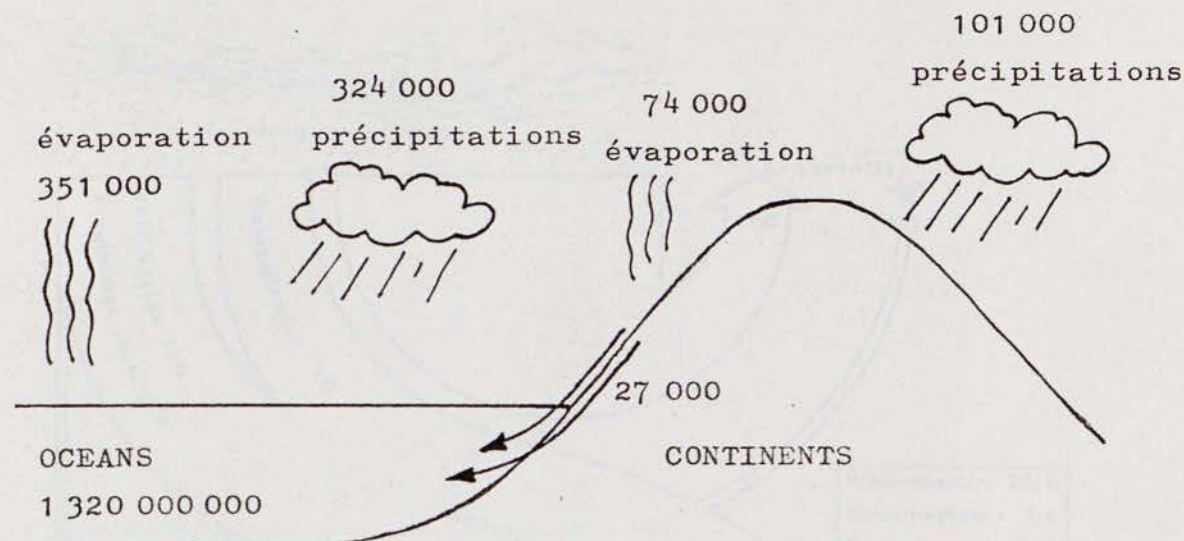
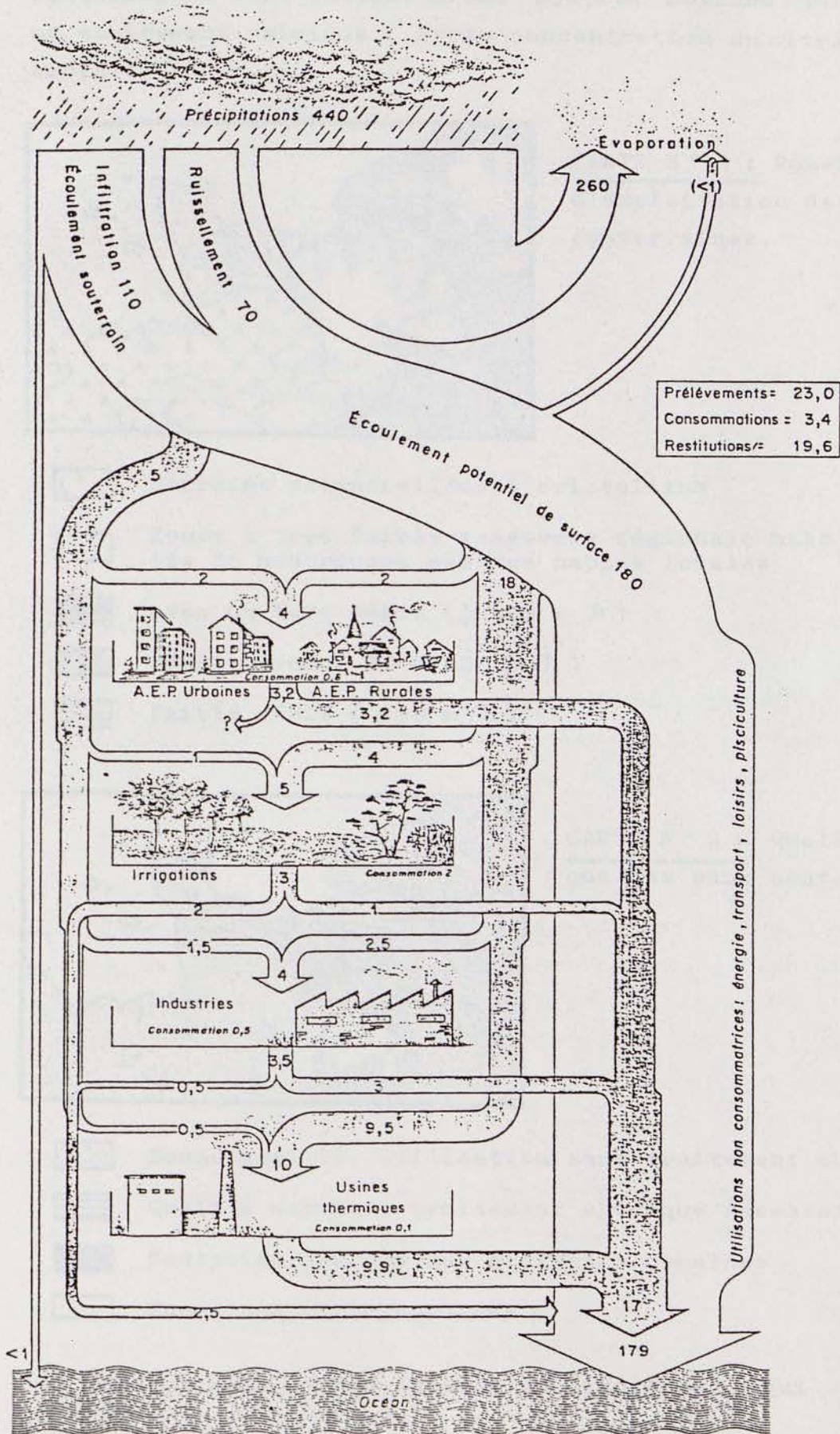


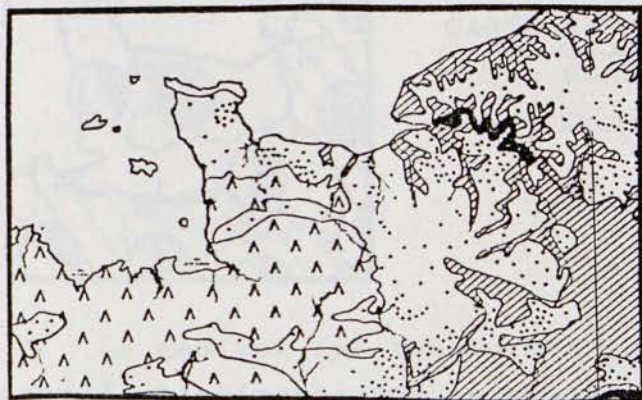
TABLEAU N ° 1 : Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes .

Caractéristiques examinées	Eaux superficielles	Eaux profondes
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, matières en suspension	Variable, parfois élevées	Faibles ou nulles
Minéralisation	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets, etc...	Sensiblement constante, en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et manganèse divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf au fond des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
Gaz carbonique agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
Oxygène dissous	Souvent au voisinage de la saturation	Absence totale la plupart du temps
Ammoniaque	Présent seulement dans les eaux polluées	Présence fréquente sans être un indice systématique de pollution
Sulfure d'hydrogène	Absent	Souvent présent
Silice	Teneur modérée	Teneur souvent élevée
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée, risques de méthémoglobinémie
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton	Ferrobactéries fréquentes
Polluants et micropolluants organiques et minéraux liés à l'activité humaine	Risques importants	Risque faible






FIGURE N° 2 : Bilan général de l'eau en France en Km<sup>3</sup> / an.

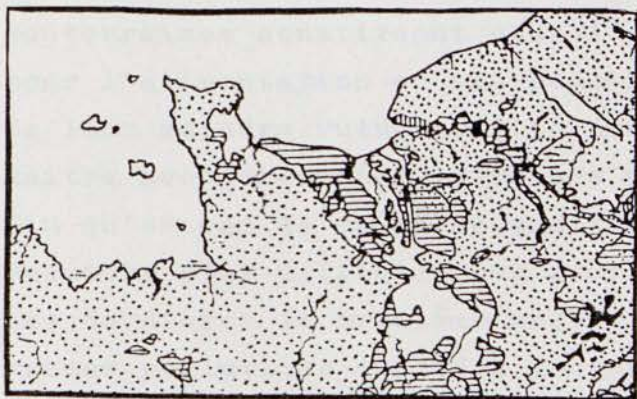


grand nombre). Comme l'indique les cartes 1 et 2, ces eaux souterraines sont souvent d'une qualité moyenne qui nécessite un traitement chimique (forte concentration en nitrates par exemple).







CARTE N° 1 : Possibilités d'exploitation des eaux souterraines.

-  Terrains essentiellement cristallins
-  Zones à très faible ressource régionale mais possibilités de nombreuses petites nappes locales
-  avec un fort débit ( $> 200$  m/h)
-  débit moyen (50 à 200 m/h)
-  faible débit ( $< 50$  m/h)

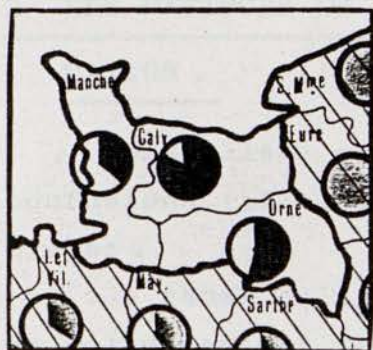


CARTE N° 2 : Qualité chimique des eaux souterraines.

-  Bonne qualité, utilisation sans traitement chimique
-  Qualité moyenne, traitement chimique nécessaire
-  Contamination dûe aux activités humaines
-  Zones non cartographiées.

De ces deux cartes découle une troisième qui représente

les conséquences de la nature géologique des terrains : la carte d'utilisation des ressources en eau en Basse Normandie.



CARTE N° 3 : Proportion de l'eau souterraine dans l'alimentation en eau de la Basse Normandie.

La gestion des ressources pose des problèmes aux responsables de l'alimentation en eau des collectivités, les problèmes du choix de la meilleure solution possible donc problèmes du choix de la ressource à exploiter.

De nombreux facteurs doivent être pris en compte, ils sont principalement de trois ordres : Les données naturelles constituant le facteur le plus contraignant, les règlements administratifs et les données politiques et économiques.

Une question se pose parfois, malheureusement en termes polémiques : Faut-il revoir notre politique d'utilisation des ressources en eaux ? En effet, dans une certaine limite les eaux souterraines constituent nous l'avons vu une source préférable pour l'alimentation en eau potable des collectivités, du fait de leur moindre vulnérabilité aux pollutions. Mais il faut connaître avec précision le volume de ces ressources, rappelons enfin qu'en cas de mauvaise qualité de ces eaux le traitement est beaucoup plus difficile que pour les eaux superficielles. Pour ces dernières le problème majeur est leur vulnérabilité aux diverses pollutions que nous évoquerons au chapitre suivant. Pour les grosses collectivités, mettant en oeuvre un réseau complexe et géographiquement vaste, il est souvent intéressant de diversifier la ressource et, pour satisfaire les besoins en toute sécurité, il est le plus souvent nécessaire de faire appel à plusieurs ressources éloignées en jumelant si possible eau de surface et eau souterraine. On pourra signaler ici l'action entreprise à Caen par l'Agence Financière de Bassin pour améliorer l'arbitrage entre eaux de nappe et eaux superficielles.

## 2- LES FACTEURS DE LA POLLUTION DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION .

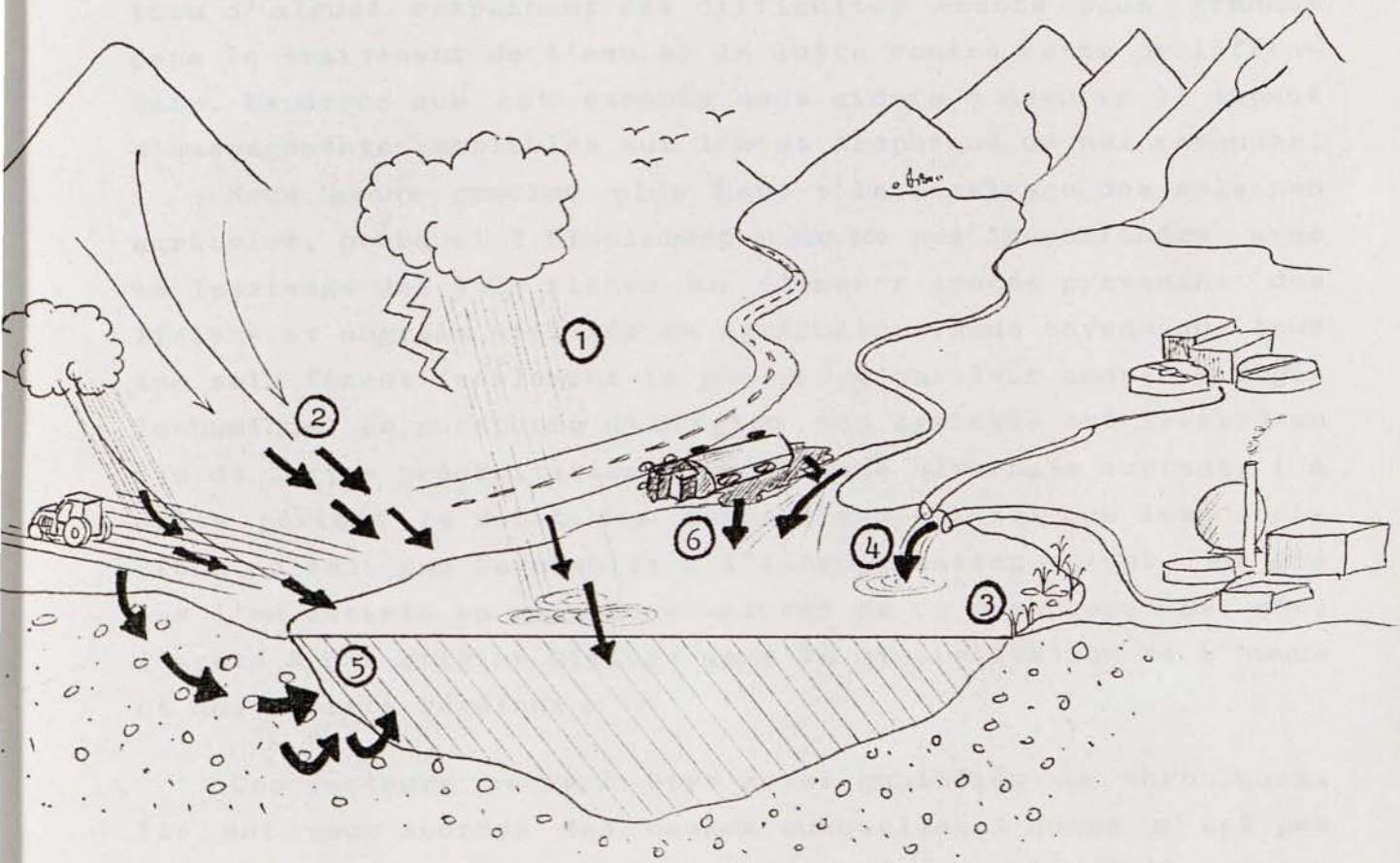
Nous allons aborder ici un domaine où, pour éviter toutes confusions, il convient de définir le sens donné aux termes employés .

Je pense qu'il est bon de différencier la notion de facteur de pollution, qui regroupe les facteurs naturels et les facteurs humains, aux conséquences de ces facteurs qui sont en fait des phénomènes biologiques ou chimiques et qui conduisent à différents phénomènes tels que l'oligotrophie, l'eutrophie ou la prolifération d'algues phytoplanctoniques .

a) Traitons en premier lieu l'ensemble des facteurs naturels de la pollution des eaux regroupant la nature géologique des terrains, la topographie et la morphologie des retenues ou lacs, dus à la présence de biefs ou de barrages, la position géographique du lieu et les conditions climatologiques. Citons par exemple le lessivage des sols (non agricoles) du aux fortes précipitations, aux orages ou aux fortes crues des rivières. Citons aussi les conditions climatologiques qui peuvent agir sur la température de l'eau, les conditions hydrodynamiques des cours d'eau qui peuvent être perturbées par des biefs ou des barrages, facilitant ainsi la sédimentation des matières en suspension. Remarque: nous classons les effets de ces perturbateurs du régime hydrodynamique des eaux dans les facteurs naturels de pollution, au même titre qu'une rupture de pente dans le profil en long du cours d'eau. Signalons encore que les lacs ou retenues ont des grandes masses d'eau, donc des capacités de dilution élevées, mais un renouvellement de l'eau très lent. A l'inverse les cours d'eau ont un renouvellement de l'eau instantané mais une capacité de dilution faible. Citons comme exemple de modifications hydrobiologiques dues à une perturbation hydrodynamique le cas du Nil. Depuis 1964 le plus long fleuve du monde ne connaît plus les crues limoneuses tant dévastatrices, et ce depuis la mise en eau du haut barrage. Disparues aussi les dif-



SCHEMA SIMPLIFIE DES PRINCIPAUX FACTEURS DE POLLUTION.



Facteurs naturels ou chroniques .

- ① Apports atmosphériques,
- ② Lessivage des sols non agricoles,
- ③ Minéralisation des débris végétaux et de l'humus,

Facteurs humains .

- ④ Rejets ponctuels - Stations d'épurations et autres,
- ⑤ Rejets et sources diffuses d'origine agricole le plus souvent, apports par ruissellement direct ou apports par la nappe,
- ⑥ Pollutions d'origine accidentelle .

difficultés que les égyptiens connaissaient lors du traitement de potabilisation de l'eau pour éliminer les matières en suspension. Mais les conditions écologiques aidant, ils doivent faire face dorénavant à un autre problème, le phénomène de prolifération d'algues entraînant des difficultés encore plus grandes dans le traitement de l'eau et la lutte contre cette prolifération. Espérons que cet exemple nous aidera à mesurer l'impact d'aménagements semblables sur l'état trophique de nos retenues.

Nous avons précisé plus haut : le lessivage des sols non agricoles, pourquoi ? Simplement pour ne pas le confondre avec le lessivage des sols riches en éléments azotés provenant des lisiers et engrais utilisés en agriculture. Nous savons que tous les sols fixent facilement le phosphore par leur complexe argilo-humique. Ce phosphore d'origine non agricole est lessivé en cas de fortes précipitations, en période hivernale surtout, ( à cette période le débit des cours d'eau est tel que les conditions ne sont pas favorables à l'eutrophisation. C'est en été que l'on assiste au relargage naturel de ce phosphore. De même l'azote à une origine diffuse dans la minéralisation de l'humus et des débris végétaux.

Ces facteurs peuvent être aussi qualifiés de chroniques. Ils ont pour sources des causes auxquelles l'homme n'est pas directement responsable et qui sont liées à l'évolution naturelle des différents phénomènes auxquels ils sont soumis.

Un deuxième ensemble regroupe les facteurs humains. Les rejets ponctuels, les sources de pollution diffuses et les pollutions accidentelles. C'est principalement ces trois facteurs que nous traiterons dans la suite, et ce, parce que notre société en est responsable et que par conséquent il y a nécessité d'agir pour les diminuer, voire pour les éliminer complètement.

b) Les rejets ponctuels sont essentiellement dus aux stations d'épuration des eaux usées des collectivités et aux effluents industriels et agro-alimentaires qui après tel ou tel traitement sont rejetés dans des exutoires : la rivière le plus souvent. Si pour les industriels la lutte contre la pollution coûte et ne rapporte rien, elle profite cependant à l'ensemble des usagers. C'est pourquoi lors de l'installation de ces industries

( agro - alimentaires par exemple ) il est nécessaire de préciser et de veiller au respect de la qualité des rejets qui normalement devraient être exempts de toutes pollutions. Malheureusement de telles vérifications ne sont pas des plus faciles, et des concentrations anormales de toutes sortes d'éléments sont constamment rejetées dans nos rivières. ( voir le tableau 2 ). Ce sont le plus souvent des matières en suspension, des goudrons, résines, lignines, détergents synthétiques, matières organiques fermentescibles, phosphates, chrome hexavalent, cyanures, hydrocarbures, colorants, éléments radioactifs ou cancérogènes et autres éléments : Cd, As, Se, Zn, Pb.

TABLEAU 2 : Composition moyenne de quelques effluents (eau brute).

L'EPANDAGE DES EFFLUENTS DES INDUSTRIES AGRO - ALIMENTAIRES  
( Agence LOIRE - BRETAGNE - 1985 )

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre (ou kilogrammes par mètre cube).

Effluent	pH	DCO	MES	Azote total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Industrie laitière	3 à 11	2,0 à 6,0	0,15 à 0,60	0,05 à 0,20	0,05 à 0,30	0,02 à 0,10
Conserveries de légumes	5 à 11	1,5 à 4,0	0,10 à 1,0	0,04 à 0,15	0,02 à 0,05	0,02 à 0,10
Industrie de la pomme	5 à 8	4,0 à 8,0	1,0 à 2,0	0,05 à 0,10	0,02 à 0,05	0,05 à 0,10
Jus de fruits	7 à 10	3,0 à 5,0	2,0	0,02 à 0,03	0,02	
Cidrasses	3 à 5	20 à 30	1,0 à 2,0	0,05 à 0,10	0,06 à 0,20	0,30 à 1,0
Sucreries et distilleries de betteraves	5 à 8	2,0 à 10	2,5 à 100	0,15 à 0,40	0,15 à 0,30	0,25 à 0,60
Vinasses de betteraves	3 à 4	10 à 15	1,5 à 3,5	0,30 à 0,60	0,15 à 0,30	0,60 à 1,20
Malterie	6 à 7	1,2 à 3,0	0,3 à 0,5	0,03	0,03	
Brasserie	5 à 10	2,0 à 3,0	1,0 à 2,0	0,05	0,05	
Abattoirs de volailles	5,5 à 7,5	1,0 à 5,0	0,30 à 1,50	0,05 à 0,15	0,015 à 0,030	0,015 à 0,030
Abattoirs d'animaux de boucherie	6 à 8	2,0 à 10	0,50 à 6,0	0,08 à 0,50	0,02 à 0,06	0,02 à 0,07
Charcuteries, salaisons	6 à 8	1,0 à 4,0	0,50 à 2,0	0,02 à 0,20	0,03 à 0,15	0,02 à 0,10
Équarrissages	5 à 9	3,0 à 10	0,40 à 2,5	0,4 à 1,1	0,04 à 0,15	0,02 à 0,07
Vinification	4 à 6	4,0 à 16,0	10 à 15	0,05 à 0,10	0,01	1,0
Distilleries, Vins (Cognac) Lies	3 à 4	30 à 40 70 à 120	1,5 à 3,0 30 à 100	0,2 à 0,4 2,0 à 3,0	0,1 à 0,4 2,2	1,0 à 1,5 1,5 à 2,0

Les effluents urbains peuvent eux, être source de matières en suspension solides, de germes, virus, parasites, produits complexes de décomposition, détergents, hydrocarbures et charges en nutriments provenant des excréments humains. Au lieu d'avoir à se débattre avec les effets de ces rejets il serait préférable de les prévenir. Il faut pour cela connaître précisément les charges en éléments nutritifs (azote et phosphore) de chaque rejet, donc inventorier les flux résiduels de phosphore pour les stations d'épuration par exemple. Il faut définir ensuite un plan d'action pour définir les filières de traitement complémentaires (déphosphatation complète des eaux usées par exemple), à condition évidemment que toute la pollution soit collectée et qu'elle parvienne bien aux dites stations d'épuration. On peut citer ici un bel exemple d'épuration des eaux usées poussée jusqu'à la décontamination fécale totale avec des méthodes naturelles et rustiques: sur le bassin versant de l'étang de Salses Leucate. L'épuration des effluents conduit à la disparition totale des germes fécaux et du phosphore et à l'abattement de 43% de l'azote (toutes formes confondues).

On peut préciser ici que le phosphore utilisé par les algues provient pour moitié environ des phosphates rejetés avec les eaux usées traitées sur le bassin versant et pour l'autre moitié des phosphates recyclés dans la colonne d'eau à partir des sédiments, comme suite à leur fermentation anaérobie.

Tout cela pour dire que l'élaboration du cahier d'exploitation de tout établissement autorisé à rejeter ses effluents traités doit être faite avec d'autant plus de rigueur que l'on désire obtenir une eau brute de très bonne qualité. Ce souhait devrait d'ailleurs être une règle d'or.

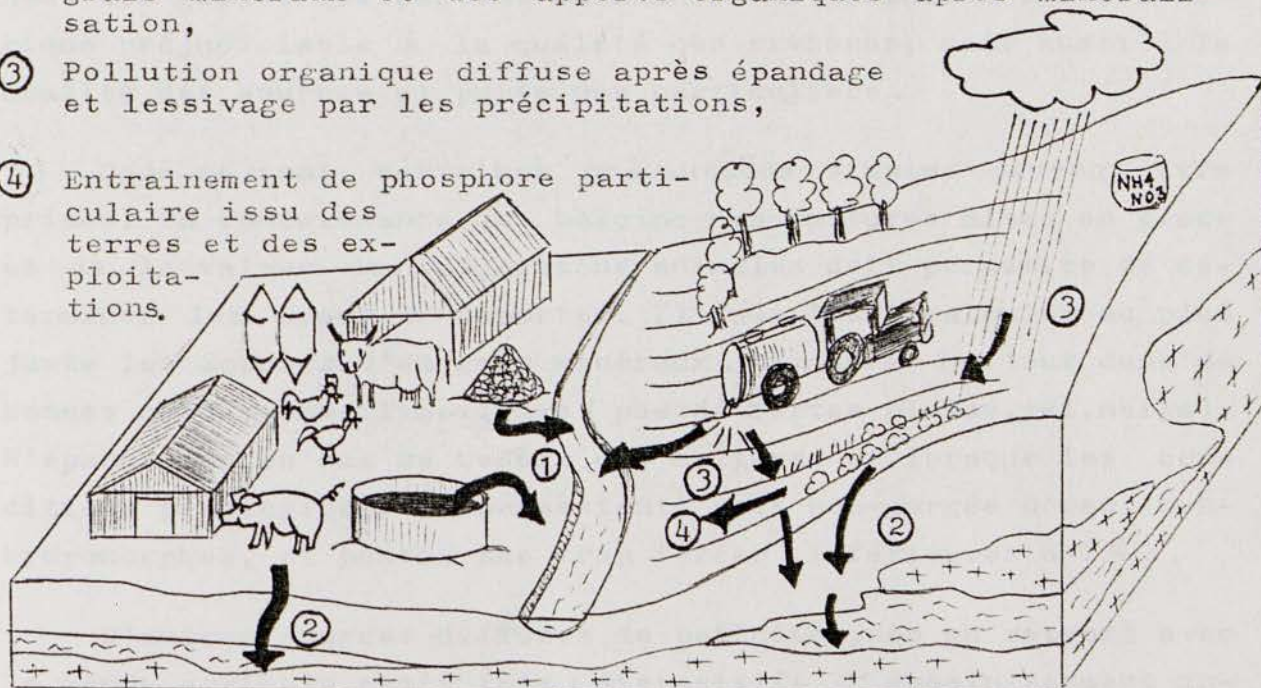
c) Les sources diffuses sont principalement d'origine agricole. Les acteurs probables de cette pollution sont les engrais, lisiers et déjections animales répandus sur les sols, les insecticides et herbicides chlorés et phosphatés, les détergents, les matières organiques fermentescibles et différents éléments comme le cuivre ou l'arsenic.

Divers études ont déjà montré qu'il a pu être mis en évi-

dence une relation entre la nature, l'intensité des productions agricoles et la teneur en nitrates des captages peu profonds exploités pour l'alimentation en eau potable. En Bretagne ces études ont montré que l'origine de la forte contamination des nappes était les élevages porcins, bovins et avicoles hors sol qui conduit à des disponibilités en azote localement excédentaires par rapport aux besoins des cultures. La relation statistique obtenue entre la teneur en nitrates et certains paramètres représentatifs de l'occupation des sols et de la densité d'élevage conduit, dans un souci de reconquête de la qualité des eaux souterraines, à proposer une meilleure politique de gestion des fertilisants d'origine animale. Cette dernière s'appuie sur des mesures de planification du développement agricole, d'amélioration des conditions de stockage et d'épandage, d'un échange de lisiers entre zones excédentaires et déficitaires.

SCHEMA SIMPLIFIE DES ALTERATIONS DE LA QUALITE DES EAUX PAR LE  
DOMAINE AGRICOLE .

- ① Rejets organiques microponctuels, souvent intermittents, aux sièges d'exploitation,
- ② Lessivage profond et diffus des nitrates provenant des engrais minéraux et des apports organiques après minéralisation,
- ③ Pollution organique diffuse après épandage et lessivage par les précipitations,
- ④ Entraînement de phosphore particulaire issu des terres et des exploitations.



D'autres études montrent l'importance de la politique du Ministère de l'Agriculture de ces 10 dernières années. Parlons ici des impacts du remembrement sur les qualités de rétention des sols, des impacts de l'importance en superficie des exploitations, liée à la diminution du nombre des agriculteurs et impliquant des moyens et des techniques d'exploitation qui ne prennent pas en compte les impacts sur l'environnement. Sur les bassins versants en amont des prises d'eau aucun égard n'est fait au sens des cultures sur les exploitations à fortes pentes et le lessivage des sols y est souvent très important. En cas de fortes précipitations il n'est pas rare que des réservoirs de lisiers débordent.

Des considérations doivent être faites quant à la limitation de ces pertes d'éléments fertilisants qui ne font qu'augmenter les concentrations de nitrates, nitrites et phosphates des eaux superficielles et souterraines.

Les solutions qui semblent être adaptées à cette limitation sont : Analyser les doses d'épandage et compléter si nécessaire par un apport d'engrais chimique, c'est en fait l'étude de l'évolution des teneurs du sol en éléments nutritifs et le réajustement de la fertilisation. C'est aussi éviter les épandages non contrôlés de déjections animales, en effet ces lisiers contiennent des germes qui peuvent entraîner une pollution bactériologique préjudiciable à la qualité des rivières, mais aussi à la qualité des sources et puits des particuliers.

Dans ce sens, certaines précautions simples peuvent être prises. La connaissance des besoins des cultures mises en place et de la valeur des déjections animales doit permettre de déterminer les doses à apporter. Il faut aussi calculer au plus juste les apports d'engrais minéraux. Epandre le tout dans de bonnes conditions climatiques (pas de fortes pluies, gel, neige). N'épandre qu'en cas de besoin des cultures et lorsque les conditions pédologiques le permettent : sols non-gorgés d'eau, non-hydromorphes, et pentes pas trop fortes (inférieures à 7 %).

D'autres sources diffuses de pollution, non en rapport avec le monde agricole, cette fois : dispositifs d'assainissement in-

dividuel ou autonome défectueux et présence de décharges publiques .

Ces facteurs de pollution des eaux sont difficilement contrôlables mais une mesure de prévention serait d'établir des périmètres de protection autour des captages d'eaux souterraines. La surveillance des activités agricoles n'étant pas une mesure applicable, et les agriculteurs n'étant pas toujours à même de suivre les indications des spécialistes de l'eau, il semble que des mesures législatives pourraient avoir des effets conformes à ce que nous venons d'évoquer .

Si les eaux souterraines sont particulièrement affectées par des teneurs élevées en nitrates ( cela concerne 20 % de la population en France), et si les eaux superficielles sont menacées par certains types de rejets ponctuels, il ne faut pas oublier les facteurs de pollution que nous qualifions d'accidentels .

d) "Il convient d'entendre par pollution accidentelle, la constatation fondée sur l'observation directe ou sur les examens de laboratoire d'un effet nuisible non permanent sur les eaux superficielles ou souterraines provenant soit d'un évènement imprévisible ou volontaire soit d'un évènement provoqué plus ou moins consciemment ."

Circulaire du 4 juillet 1972 .

Le caractère non permanent utilisé par la circulaire permet entre autre de discerner les pollutions chroniques et accidentelles. Ces dernière peuvent aussi être définies par la soudaineté ( l'accident est toujours instantané et les conséquences ont généralement un effet immédiat ) et par la gravité car une pollution accidentelle occasionne le plus souvent des dégâts plus aigus et plus spectaculaires qu'une pollution chronique qui elle, a des effets plus sélectifs .

La principale difficulté provenant de ces facteurs de pollution est qu' on ne peut pas agir en prévention si ce n'est en créant des périmètres de protection et en y interdisant l'accès aux transporteurs de matières polluantes.

Un historique des pollutions accidentelles survenues en France a été réalisé grâce à des fiches pollutions remplies à 91,3 % par les DDA et à 8,7 % par les DDE, DASS, préfectures... et grâce à des enquêtes faites à partir de questionnaires envoyés aux DDA, DDE, préfectures, fédérations de pêche, distributeurs... Elles indiquent pour les sites potentiels de pollution : La localisation, l'identification, la description, et la connaissance des caractéristiques de transfert hydraulique des polluants jusqu'aux prises d'eau (campagnes de traçage). Pour les polluants accidentels elles précisent leur identification, leur diagnose et leurs caractéristiques. Enfin elles précisent pour les filières de traitement et les systèmes de distribution la connaissance de la traitabilité des produits polluants, la recherche et la mise en place de réactifs et de technologies de "crise", la diversification des ressources et l'interconnexion des réseaux et la mise en place de réservoirs d'eau brute.

Les résultats sont condensés en partie dans les figures 3 et 4. Ajoutons qu'une classification des principaux polluants a été faite :

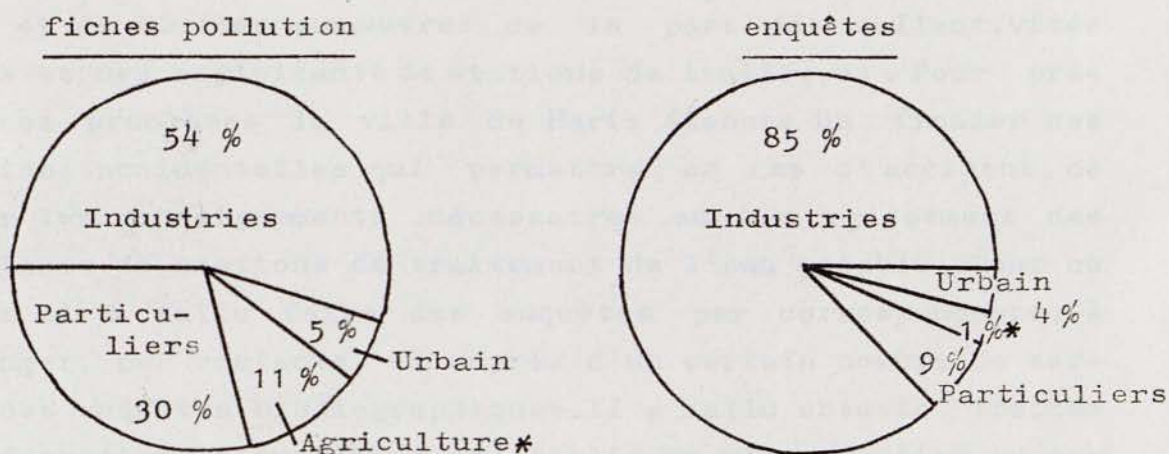
- .40 % hydrocarbures
- .30 % produits chimiques dont 20 % de produits purs (alcool, ammoniac, cyanures, arsenic, fer, chrome...)  
10 % de produits associés (détergents, désherbants, pesticides, eau de javel, chaux, ciment...)
- .30 % divers (matières fermentescibles, sable, sciure, papiers, colle, résine, vin, alcool, sang...)

Les pollutions accidentelles mettant en cause les produits phyto-sanitaires (insecticides, fongicides, nématicides, et herbicides) sont souvent catastrophiques car ces produits ont une grande stabilité chimique et des concentrations souvent fortes.

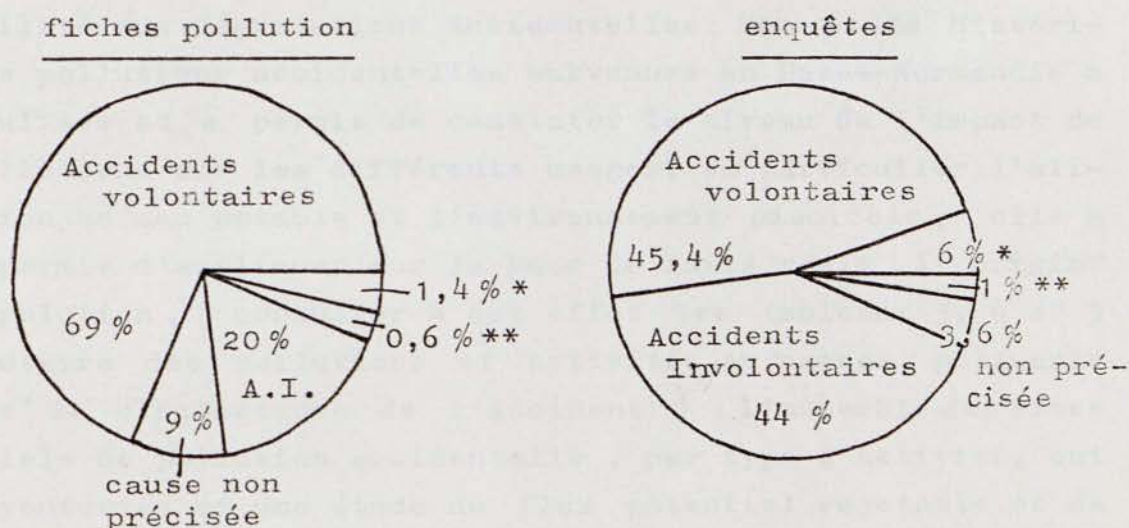
Les conséquences de ces pollutions accidentelles sur les prises d'eau et les usines de potabilisation sont nombreuses :



**FIGURE 3 : PRINCIPALES SOURCES DE POLLUTION ACCIDENTELLES EN FRANCE**



**FIGURE 4 : PRINCIPALES CAUSES DE POLLUTION ACCIDENTELLES EN FRANCE**



\* Accidents de la route

\*\* Accidents de navigation.

Les accidents volontaires : actes de malveillance ou relation de mauvais voisinage, vidanges de citernes ou d'emballages de produits et d'équipements agricoles, déversements délibérés de toutes sortes de produits et attentats qualifiés de politiques.

Les accidents involontaires (A.I.) : ruptures de canalisations, manque de surveillance, fausses manœuvres, incidents divers, pannes de stations d'épuration, fuites de cuves et travaux.

Remarque : Les enquêtes ont une vue plus objective et générale.

modification de filières, fermeture ou ralentissement de l'usine et traitements exceptionnels, coûteux et non-rentables. De plus leur soudaineté et leur gravité sont souvent à l'origine de paniques et de fausses manœuvres de la part des collectivités locales et des exploitants de stations de traitement. Pour prévenir ces problèmes la ville de Paris élabore un fichier des pollutions accidentelles qui permettra, en cas d'accident, de fournir les renseignements nécessaires au bon agissement des exploitants de stations de traitement de l'eau potable. Pour ce fichier il a fallu faire des enquêtes par correspondance, à l'étranger, par contacts, et auprès d'un certain nombre de services, des enquêtes bibliographiques. Il a fallu ensuite traiter les informations recueillies et établir un plan d'action en cas de nouvelle pollution accidentelle.

Une enquête menée en Basse - Normandie par l'agence SAUNIER EAU et ENVIRONNEMENT a inventorié les usages des eaux superficielles, les a localisées géographiquement et a estimé leur sensibilité aux dégradations accidentelles. Une étude historique des pollutions accidentelles survenues en Basse-Normandie a été réalisée et a permis de constater le niveau de l'impact de ces pollutions sur les différents usages, en particulier l'alimentation en eau potable et l'environnement piscicole, elle a aussi permis d'expliquer sur la base de faits réels l'origine de la pollution, ( consulter à cet effet les tableaux 3, 4 et 5 : inventaire des pollutions et activités en causes, polluants rejetés et circonstance de l'accident ). L'ensemble des sites potentiels de pollution accidentelle, par type d'activité, ont été inventoriés et une étude du flux potentiel rejetable et de la probabilité d'occurrence a été réalisée, Tableau 6.

Enfin une synthèse finale a été réalisée en dégagant les "zones à risques" rassemblant des usages sensibles et des sites potentiels de pollutions accidentelles.

Cette étude met en évidence l'importance du problème en Basse-Normandie ainsi que sa spécificité régionale.

Voici les principaux résultats pour cette étude faite en Basse-Normandie et pour laquelle 268 pollutions accidentelles ont été inventoriées (99 pour le Calvados sur 15 ans, 90 pour la

Manche et 79 pour l'Orne sur 10 ans) : L'agriculture semble être à l'origine de 50 % des cas de pollutions par micropolluants. Les industries agro-alimentaires prédominent à 50 % pour les pollutions organiques. Les activités liées au caractère agricole de la région sont responsables à 65-70 % des pollutions par micropolluants et matières organiques. Par contre il semble que les cas de pollution par hydrocarbures ne correspondent pas à un certain type d'activité.

Quant aux sites potentiels de pollution il ressort quatre secteurs dominants : Les sites industriels ( agro-alimentaires, de traitement de surface, de traitement du bois et autres), les sites de stockage d'hydrocarbures, les stations d'épurations et les principaux noeuds ou secteurs de transports routiers, fluviaux ou ferroviaires.

Ces pollutions accidentelles comme les trois autres sources de pollution que nous avons abordées ont des conséquences sur la qualité des eaux brutes destinées à être potabilisées. Généralement, des dégradations de paramètres organoleptiques ( couleur, turbidité, odeur et saveur). Mais le plus souvent les conséquences de ces pollutions sont des sur-concentrations dans certains paramètres physico-chimiques, ou paramètres concernant des substances indésirables (nitrates, nitrites, ammonium, carbone organique total (COT), phosphates...), ou enfin paramètres concernant des substances toxiques (arsenic, cadmium, cyanures, chrome...) et paramètres microbiologiques (coliformes et streptocoques...).

TABLEAU N° 3 : INVENTAIRE DES POLLUTIONS ACCIDENTELLES SURVENUES EN BASSE NORMANDIE

Bassin versant	Source pollution S	Industries						Dépôts H.C			SE	AEP	Plans d'eau	Transport	Divers	Particuliers	Agriculture			Total			
		T.S T.B	Agro-alimentaire			AI	Tot.	Neg.	ZUP								Tot.	Mp	H C	MO	Tot.	T	T/S
			L	A	Tot.																		
TOUQUES	1 100	3	4	2	6	3	12		3	3			1	1	1		1		1	19	17		
DIVES	1 850	5	5	7	12	7	24	1		1	2	1	1	3	1	2	1	1	4	37	20		
ORNE NORD	1 200		3		3	1	4	2		2	1	1		3	1	2	8	1	1	10	24	20	
ORNE SUD	1 700	4	3		3	3	10	4	1	5			3	1		5			5	25	15		
SEULLES	420		3	1	4	1	5							1		3	1		4	10	24		
AURE + DROME	690		2		2		2		1	1						1	1	1	2	6	7		
VIRE	1 250		3	4	7	2	9		1	1	5		2		1		1	2	3	21	17		
DOUVE + TAUTE	1 460		6	3	9	1	10				1			1		2	2	2	6	18	12		
BV NORD COTENTIN	400												1			3	1		4	5	12		
BV OUEST COTENTIN	400		1		1		1				1			1		1	1	1	3	6	15		
SOULLES - SIENNE	700		6	4	10	2	12				1	3		1	1	1			1	18	26		
BV SUD COTENTIN	300		1		1		1									2	1		1	4	13		
SEE SELUNE	1 470	4	2	4	6	2	12	1		1			1	1		3	1	4	8	23	16		
MAYENNE	800		1	2	3	2	5	1		1	2		2	3		2	3	2	7	19	24		
SARTHE	700	3	3	1	4	1	8		1	1	1		1	1		2	1	1	4	15	21		
HUISNE	800	2	1		1	2	5						2			4	1	1	6	14	18		
RISLE + EURE	500														1	2	1		3	4	8		
<b>TOTAL</b>	<b>15 740</b>	<b>21</b>	<b>44</b>	<b>28</b>	<b>72</b>	<b>27</b>	<b>120</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>38</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>72</b>	<b>268</b>	<b>17</b>	

S : surface  
HC : hydrocarbures  
Neg: négociants

SE : Station d'épuration  
AEP: Station d'eau potable

Industries  
T.S. : Traitement de surface  
T.B. : Traitement du bois  
L : Laiteries  
A : Autres agro-alimentaires  
AI : Autres industries

Agriculture  
Mp : Micropolluants  
HC : Hydrocarbures  
MO : Matières organiques oxydables

## POLLUTIONS ACCIDENTELLES RECENSEES SUR LES USINES

## D'EAU POTABLE DE BASSE NORMANDIE

Bassin versant	Station AEP		Pollution accidentelle		
	Nom	Caractéristiques (1)	Origine	Produit	Impact
Orne	Louvigny Caen	- Orne - 2 850 l/s - 6 700 000 m <sup>3</sup>	1971 : Accident routier à Thury Harcourt 20 km en amont.	Phénols	Arrêt 8 jours
	Condé sur Noireau	- Druance - 171 l/s - 890 000 m <sup>3</sup>	1975 : Dépôt résineux d'une usine 1975 : origine indéterminée.	Phénols Mercure	Arrêt 2 jours
	Tinchebray	- Noireau - 25 l/s - 62 000 m <sup>3</sup>	1971 : Usine de traitement de surface.	Solvants	Arrêt quelques jours.
	Landisacq	- Visance - Barrage - 700 000 m <sup>3</sup>	1977 : Déversement dans un ruisseau alimentant le barrage.	Hydrocarbures	Sans conséquences
	Notre Dame du Rocher	- Rouvre - 221 l/s - 390 000 m <sup>3</sup>	1974-75 : Laiterie 1980 : Braconnage laiterie 1983 : Bolaidor.	Ammoniaque Hypochlorite de sodium Fuel	Arrêt 24 heures Arrêt 12 heures Arrêt 24 heures
Vire	St Lô	- Vire - Barrage - 2 800 000 m <sup>3</sup>	1984 : Rupture de bache plastique d'une cuve à lisier	Lisier	Arrêt
	Couvains	- Elle - 110 l/s - 540 000 m <sup>3</sup>	1985 : Vidange d'un étang à Bérigny	Vases	alerte 3 jours avant eau de mauvais goût.
Douve	Le Vretot	- Scye - 190 l/s - 290 000 m <sup>3</sup>	1983 1985	Hydrocarbures	
Nord-Cotentin	Cherbourg	- Divette - 120 l/s - 4 300 000 m <sup>3</sup>	1970 : Rupture de canalisations de l'usine pyrothecmie	Solvants Trichloréthylène	Renforcement Traitement
	Barneville Carteret	- Gerfleur - 50 000 m <sup>3</sup>	1975 1979	Lisier	
SW Cotentin	Donville	- Bosq - 58 l/s - 350 000 m <sup>3</sup>	Débordement citerne de particulier 6 à 7 km en amont	Fuel	alerte par les abonnés. Remplacement de filtres + purge des compteurs : 60 000 F.
Sée-Sélune	Cuves	- Glanon - 93 l/s - 185 000 m <sup>3</sup>	1980	Lisier	
	Montjoie St Martin	- Beuvron - 129 l/s - 219 000 m <sup>3</sup>	Plusieurs cas d'origine agricole	Fuel Lisier	
	Avranches	- Braize - 70 l/s - 1 000 000 m <sup>3</sup>		Lisier	

(1) Nom du cours d'eau - Débit de référence - Production en 1984.

TABLEAU N° 4 ( suite )  
POLLUTIONS ACCIDENTELLES RECENSEES SUR LES USINES  
D'EAU POTABLE DE BASSE NORMANDIE

Bassin versant	Station AEP		Pollution accidentelle		
	Nom	Caractéristiques (1)	Origine	Produit	Impact
Soulles-Sienne	Nicorps	- Soulles - 105 l/s - 970 000 m <sup>3</sup>	1976 : Origine inconnue		Alerte
	Agon Coutainville	- Siame - 290 000 m <sup>3</sup>	1981 : Exploitation agricole	Fuel	Arrêt 24 heures Nettoyage ouvrages
	Soulles	- Soulles - 111 l/s - 490 000 m <sup>3</sup>	Rupture cuve à fuel d'un particulier	Fuel	Arrêt 24 heures
	Ver	- Airou - 50 l/s - 470 000 m <sup>3</sup>	1980 : Origine indéterminée	Fuel	Alerte par la station de la Lande d'Airon
	La Lande d'Airon	- Airon - 50 l/s - 470 000 m <sup>3</sup>	1979-1982-1984-1985 : Carrières	hydrocarbures acides pH	Arrêt 10 jours Sans conséquences
	St Cécile	- Sienne - 260 l/s - 420 000 m <sup>3</sup>	1984 : carrières	Hydrocarbures	Sans conséquences
Mayenne	Couterne	- Mayenne - 170 l/s - 240 000 m <sup>3</sup>	1971-1972-1973 : Suiferie 1984 : Origine inconnue	Amoniaque matières grasses	Arrêt quelques heures
	St Mars d'Egrenne	- Varenne - 700 l/s - 111 000 m <sup>3</sup>	1973 : Garagiste	Fuel	Arrêt 24 heures
	St Bomer Les Forges	- Varenne	1971 : Origine inconnue 1973 : Cuve de particulier 1984 : Origine inconnue.	Hydrocarbures Hydrocarbures	Arrêt 2 h 30 Arrêt 24 heures Arrêt 12 heures
Sarthe	Alençon	- Sarthe - 2 000 l/s - 2 900 000 m <sup>3</sup>	1984 : Phytosanitaire d'origine agricole.	Lindane	Arrêt quelques heures + traitement complémentaire

(1) Nom du cours d'eau - Débit de référence - Production 1984

TABLEAU N° 5 : ORIGINE DES POLLUTIONS ACCIDENTELLES (ACTIVITE ET NATURE DU POLLUANT)

Produits	polluants chimiques					Hydrocarbures			Matières organiques				Autres polluants	Totaux			
	Produits chlorés	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Produits phytosanitaires	Détergents	Autres	TOTAL	Fuel	Autres	TOTAL	Effluents	Boues	Produit travaillé			Déjections animales	TOTAL	
Activités																	
Agriculture			36		4	40	14	1	15				17	17	72	27 % : 27 %	
<u>INDUSTRIES</u>																	
I.A.A.																	
-Industrie laitière	1	6		2		9	11		11	9		15		24	44		
-Autres (abattoirs, équarissage, cidreries, distilleries)		1		1		2	5		5	9		12		21	28	27 %	
Traitements de surface	1				5	6	6	2	8	1				1	15	16 %	
Autres industries					8	8	15	4	19						29		
Stockages d'hydrocarbures								23	1	24					24		
Vidanges plans d'eau		1				1					10			10	11		
Stations d'épuration						-				10	4			14	14	30 % : 30 %	
Divers (transports, AEP, carrières, particuliers...)	8				5	13	8	2	8		1			1	7	31	
Total	10	8	36	3	22	79	82	10	92	31	15	27	17	90	7	268	100 %
						29 %			34 %					34 %	3 %		

INVENTAIRE DES SITES POTENTIELS DE POLLUTION ACCIDENTELLE EN BASSE NORMANDIE

Bassin versant	Source pollution S	Industries									Dépôts H.C			S.E	SAEP	Tot.	Agriculture	
		Traitement S.B			Agro-alimentaires				A.I	Tot.	Neg.	ZUP-ZAC	Tot.				E1	φ S
		S	B	Tot.	L	C.D	A	Tot.										
TOUQUES	1 100	5	11	16	8	13	5	26	1	43	3	1	4	4		51		
DIVES	1 850	3	6	9	7	5	6	18		27	1	2	3	9	2	41		++
ORNE NORD	1 200	14	8	22	3		3	6	1	29	12	9	21	7	1	58		+++
ORNE SUD	1 700	5	4	9	8	2	3	13		22	2	4	6	10	8	46	++	+
SEULLES	420		1	1	2	1	1	4		5				3		8	+	+++
AURE + DROME	690	2		2	5	1	2	8		10				3	1	14	+	+++
VIRE	1 250	5	2	7	7	3	2	12		19	1	2	3	4	6	32	++	
DOUVE + TAUTE	1 460		3	3	10	4	1	15	1	19	2		2	9	3	33		
BV NORD COTENTIN	400	2		2	1		1	2		4	3	5	8		3	17		
BV OUEST COTENTIN	400				1			1		1				1	4	6	+	
SOULLES - SIENNE	700	6	2	8	4		2	6	1	15	5	3	8	4	10	37	+	
BV SUD COTENTIN	300		2	2	1			1	1	4	1	3	4	1	3	12		+
SEE SELUNE	1 470	3	1	4	6	2	5	13		17	2		2	3	7	29	+++	++
MAYENNE	800	3	2	5	3	1	7	11	1	17	6	1	7	6	7	37	++	++
SARTHE	700	3	1	4	1	1	2	4		8		2	2	4	1	15	+	+
HUISNE	800	3	2	5	1	3	2	6	1	12		1	1	6		19	+	+++
RISLE + EURE	500	4	1	5	1		4	2		7				2		9		+
<b>TOTAL</b>	<b>15 740</b>	<b>58</b>	<b>46</b>	<b>104</b>	<b>69</b>	<b>36</b>	<b>43</b>	<b>148</b>	<b>6</b>	<b>259</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>56</b>	<b>464</b>		

TABLEAU N° 6

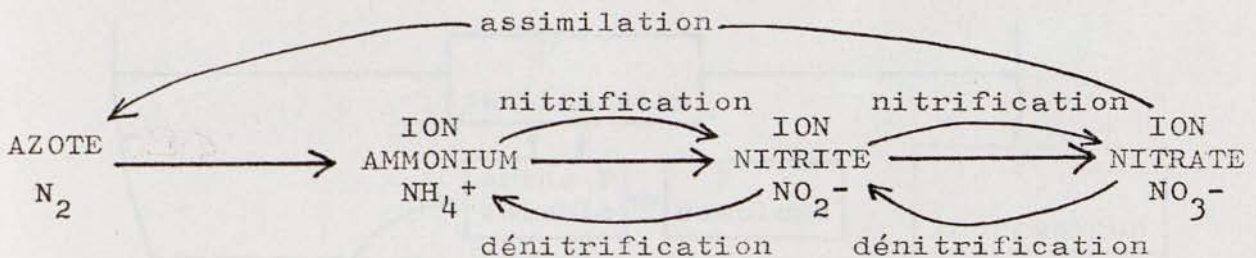
S : Superficie Industries : S : Traitement de surface Agriculture : E1 : Elevage  
 HC: Hydrocarbures B : Traitement du bois φS : Produits phytosanitaires  
 Neg: Négociant L : Laiteries  
 SE: Station d'épuration CD: Cidreries distilleries  
 SAEP: Station d'eau potable A : Autres agro-alimentaires



3- ETUDE DES CONSEQUENCES SUR CERTAINS PARAMETRES DE L'EAU BRUTE.

Nous aborderons ici l'origine et les caractéristiques des deux principaux sels nutritifs apportés par les pollutions, les formes azotées et les formes phosphorées. Puis nous rappellerons le cycle du carbone. Ces 3 paramètres étant traités nous serons à même d'aborder la deuxième partie de ce rapport: Les problèmes d'eutrophisation et de prolifération d'algues.

a) L'azote. A travers les différentes sources de pollutions nous avons énuméré les apports chargés d'azote. En fait comme nous le distinguons sur le schéma suivant, seuls les ions nitrates dans les éléments azotés, sont responsables de l'eutrophisation.



$$\underline{\text{AZOTE TOTAL}} = \text{AZOTE ORGANIQUE } N_2 + \text{ION AMMONIUM } NH_4^+ + \text{ION NITRITE } NO_2^- + \text{ION NITRATE } NO_3^-$$

AZOTE KJELDAHL

Les ions ammonium et nitrite sont très toxiques pour la faune et la flore aquatiques. Par contre l'ion nitrate, qui n'est pas toxique, est un des principaux facteurs de l'eutrophisation des eaux superficielles.

Voir la figure 5 représentant le cycle de l'azote dans l'éco-système aquatique.

FIGURE N° 5 : Cycle de l'azote.

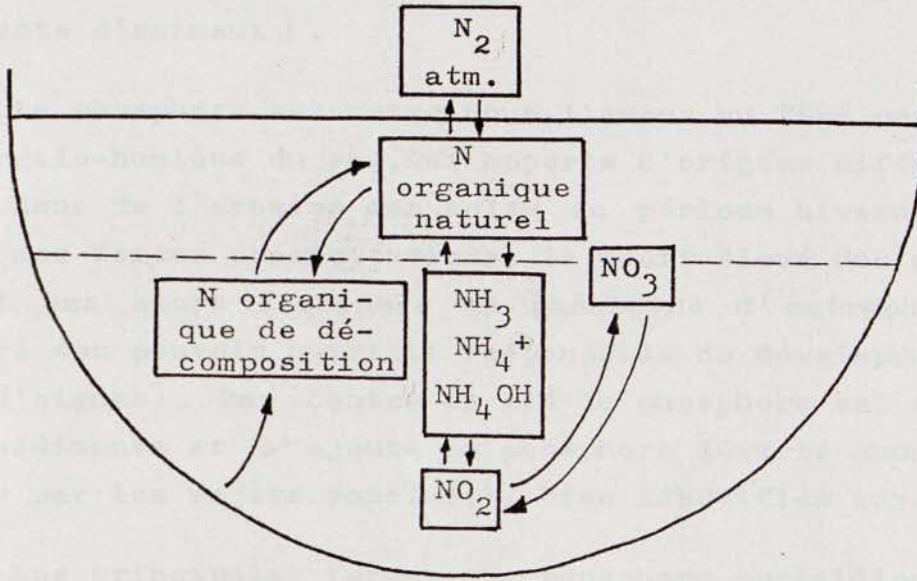
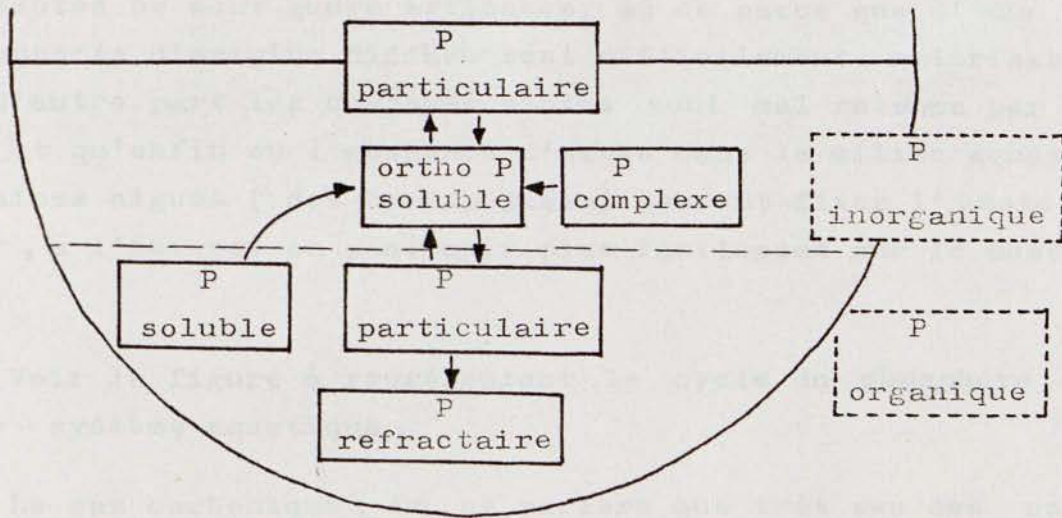


FIGURE N° 6 : Cycle du phosphore .



A l'origine des principales sources de pollutions azotées on trouve les engrais ( sous toutes formes, même nitrates directement), la matière organique azotée ( excréments animaux et humains ), et matière organique végétale ( minéralisation de l'humus et des débris végétaux ).

Les nitrites et nitrates sont pour l'homme une cause de l'inactivation de l'hémoglobine pouvant conduire à une asphyxie, et de la formation de nitrosamines aux propriétés cancérigènes.

b) Le phosphore . L'origine des formes de nutriments phosphorés peut être attribuée aux rejets industriels, aux stations d'épuration et au monde agricole ( engrais, détergents et excréments d'animaux ) .

Le phosphore est comme nous l'avons vu fixé par le complexe argilo-humique du sol, les apports d'origine diffuse proviennent donc de l'érosion des sols ( en période hivernale surtout, lors des fortes précipitations, le débit élevé des cours d'eau n'est pas alors favorable au phénomène d'eutrophisation, ce, malgré son pouvoir nutritif responsable du développement excessif d'algues) . Par contre en été le phosphore est relargué par les sédiments et s'ajoute au phosphore déversé dans les cours d'eau par les rejets ponctuels, bien identifiés eux.

Les principales formes de phosphore sont: L'ion orthophosphate  $PO_4^{---}$  et l'anhydride phosphorique  $P_2O_5$  .

Si les moyens de lutte basés sur l'élimination des composés azotés ne sont guère efficaces, et ce parce que d'une part les apports d'origine diffuse sont difficilement maîtrisables, que d'autre part les composés azotés sont mal retenus par les sols et qu'enfin en l'absence d'azote dans le milieu aquatique certaines algues ( des cyanophycées) peuvent fixer l'azote de l'air, à l'inverse on peut agir plus facilement sur le phosphore .

Voir la figure 6 représentant le cycle du phosphore dans l'éco - système aquatique .

c) Le gaz carbonique . On ne parlera que très peu des caractéristiques de ce gaz, voir la figure 7 représentant le cycle du carbone et l'importance du gaz carbonique dans l'éco-système aquatique.

Abordons plutôt le gaz carbonique comme élément majeur de la photosynthèse . Le  $CO_2$  provenant du métabolisme des bactéries qui transforment les matières organiques en  $CO_2$ , provenant aussi de l'atmosphère ou encore des bicarbonates présents dans l'eau, est assimilé, par les organismes à chlorophylle, au cours d'une

opération appelée photosynthèse . Au cours de cette opération, de l'oxygène est libéré et des hydrates de carbone sont produits, pendant que l'énergie lumineuse est absorbée.

Lors de la photosynthèse, 1 gr de chlorophylle peut produire de 0,4 à 4 gr d'oxygène à l'heure, réciproquement la libération de 1 gr de  $O_2$  correspond grosso-modo à la synthèse de 1 gr de matières organiques .

La photosynthèse obéit à deux cycles l'un diurne et l'autre annuel, le processus est proportionnel au nombre de cellules actives et à la quantité de lumière recue.

On parlera lors de la photosynthèse de :

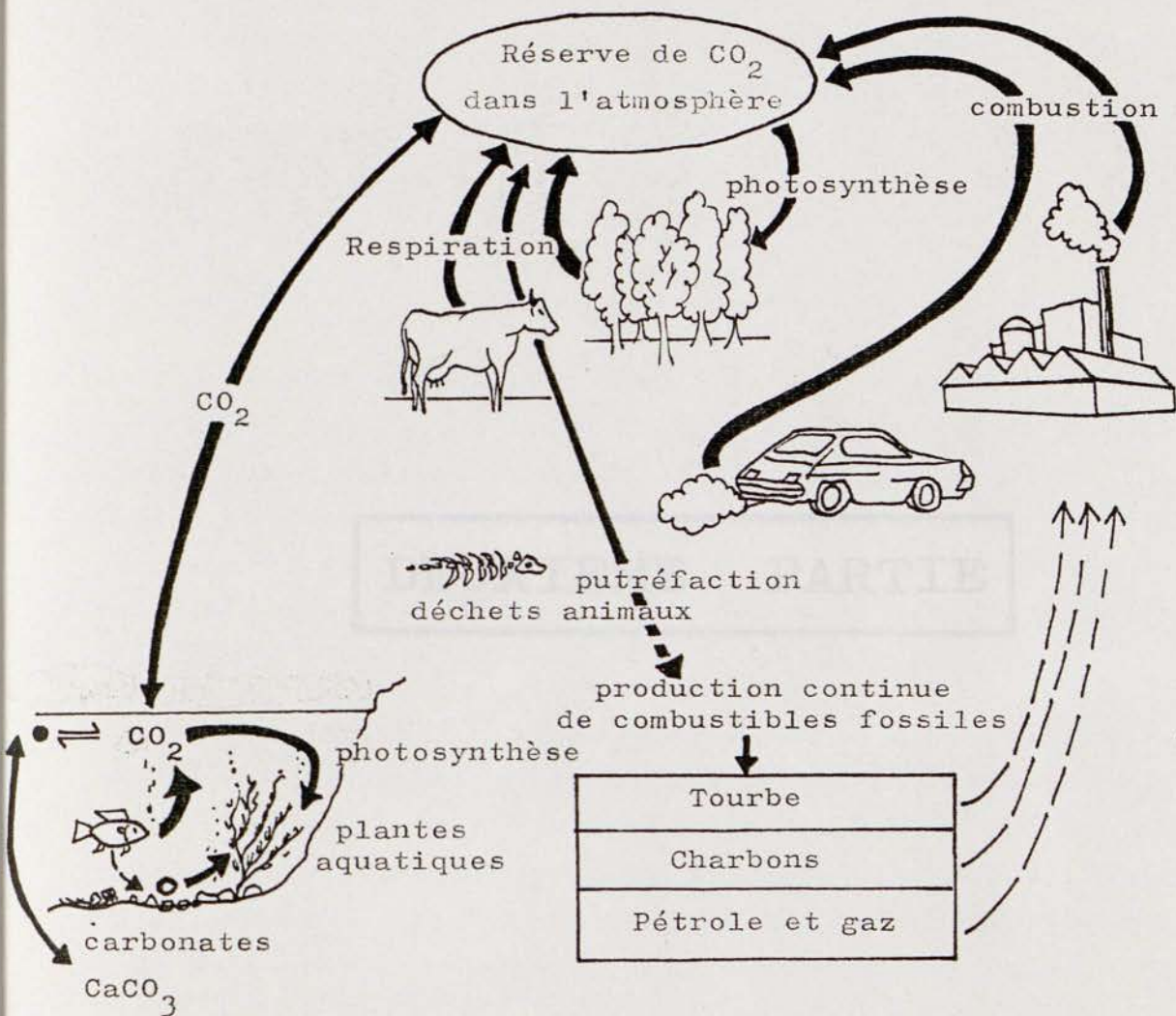
Zone euphotique ; comprise entre la surface et la profondeur à laquelle il ne reste que 1% de la lumière incidente .

Profondeur de compensation ; où la production d'  $O_2$  équilibre exactement les besoins respiratoires du milieu.

Productivité primaire globale ; quantité d'  $O_2$  fournie en un jour par 1 m<sup>3</sup> d'eau courante ou par 1 m<sup>2</sup> de surface de rivière .

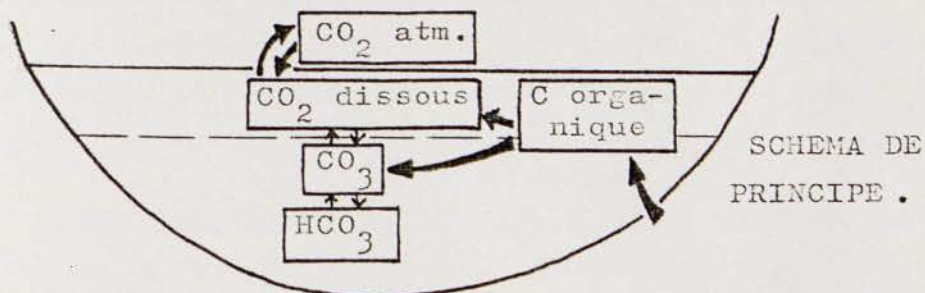
FIGURE N° 7 : Cycle du carbone .

( les flèches continues représentent un flux de  $\text{CO}_2$  . )



● Hydrogénocarbonate

○ Déchets et organismes en décomposition



## DEUXIEME PARTIE

Dans la première partie de cette étude nous avons inventorié toutes les sources de pollution susceptibles d'avoir un effet néfaste sur les eaux destinées à la consommation .

Nous présenterons dans cette deuxième partie, une approche méthodologique qui concerne un phénomène le plus souvent observé dans les retenues, les lacs et quelques cours d'eau .

Ce phénomène, sujet d'inquiétudes depuis de nombreuses années, est celui de l' eutrophisation .

1 -

## L' EUTROPHISATION .

Nous nous réfèrerons tout d'abord à la définition donnée par René COLAS, en 1968, dans son dictionnaire technique de l'eau, qui décrit le phénomène d'eutrophisation comme " un processus évolutif, naturel ou provoqué, rendant un écosystème et particulièrement un lac, de mieux en mieux pourvu de sels nutritifs ( azote et phosphore ) et donc de plus en plus riche en organismes vivants et en matières organiques " .

Cette définition ainsi que la racine étymologique du terme "Eu" bien et "Trophê" nourriture, ce qui signifie " qui nourrit bien ", nous aident à comprendre pourquoi ce phénomène était si convoité par les pisciculteurs . En effet, l'eutrophisation " naturelle " est un phénomène bénéfique qui est parfois recherché pour augmenter la production des étangs ou des lacs .

L'eutrophisation, entendu dans ce sens, est donc un phénomène " naturel " qui atteint les plans d'eau ou "provoqué" par les pisciculteurs, qui en tirent nombre d'avantages. Mais le processus que nous observons actuellement dans les lacs et retenues des pays peuplés et industrialisés est le fait de l'homme. Il faut donc distinguer le terme d'eutrophisation, décrit plus haut, avec son utilisation actuelle et " abusive ", qui en fait un synonyme de pollution et de milieu trop nourri .

Pour définir au plus juste ce phénomène néfaste, il convient de bien comprendre son processus .

Un lac Oligotrophe , étymologiquement " qui nourrit peu " , est le plus souvent situé sur des bassins de roches primaires ou sédimentaires, ses eaux sont peu minéralisées et ont des quantités de phytoplanctons peu importantes mais à espèces variées . Ces eaux oligotrophes sont pauvres en substances nutritives et produisent, de ce fait, peu de matières organiques. Comme l'indique le tableau 7, leurs qualités organoleptiques sont bonnes, elles sont claires et la lumière y pénètre profondément , les pollutions aquatiques y sont inexistantes et leur traitement de potabilisation est simple .

Dans les zones profondes de ces lacs, l'hypolimnion a une bonne oxygénation, la charge interne reste piégée dans les sédiments et le carbone organique dissous est très faiblement représenté. Le peu de matière organique allochtone implique aussi son moindre recyclage, on peut alors assister à la mort des organismes qui s'accumulent rapidement sur le fond. Ils sédimentent et sont progressivement dégradés. L'eau se colore alors en brun, la lumière ne pénètre plus au delà de 5 m et le développement du phytoplancton reste circonscrit à la surface, de sorte que l'anaérobiose s'installe en profondeur et l'aspect réducteur de l'eau du fond facilite le relargage du phosphate, du fer et du manganèse . L'eau se reminéralise quelque peu et la charge en sels nutritifs augmente dans le cas où la charge interne s'ajoute aux apports allochtones que nous avons inventoriés dans la première partie .

Le milieu s'enrichit en matières humiques, la richesse du zooplancton devient variable et la végétation peu développée. Cette évolution du milieu est une pollution en elle même, les eaux sont alors définies comme dystrophes, milieu " qui nourrit mal " .

Une autre évolution du milieu est la suivante : la retenue ou le lac constituant un piège pour les sédiments et les substances nutritives conduit à un enrichissement des biocénoses et aboutit à la constitution de l'édifice trophique le plus complet, l'eau est très minéralisée, le bassin est le plus souvent granitique ou schisteux, la couche pédologique est généralement



un sol très fertile, les espèces phytoplanctoniques sont nombreuses et peu variées. Les nutriments produisent une quantité importante de matières organiques, on assiste alors, quand les conditions climatiques sont favorables, à des booms planctoniques. Le terme qui définit le mieux ce milieu est en fait l'hyper-trophie ou hyperfertilité, dans le sens de " qui nourrit trop ". Abusivement, on qualifie d'eutrophisation, ce phénomène complexe.

Le terme "abusif" d'eutrophie sera lui utilisé, soit pour donner une typologie des eaux, soit pour signifier la structure d'un milieu ou soit pour évaluer son fonctionnement.

La définition, qui à mon sens définit le mieux et le plus simplement le processus d'eutrophisation est " une prolifération végétale ou phytoplanctonique due à un enrichissement en substances nutritives ".

Les symptômes en sont simples :

- Surproduction de plantes macrophytes et d'algues près des bords et de plancton au fond, d'où apparition de fleurs d'eau, formation de tapis d'algues et forte croissance des plantes aquatiques enracinées,
- modification de la répartition des espèces de poissons ( Cyprinidés aux dépens des Salmonidés ),
- diminution de la transparence due à l'accroissement des micro-organismes en suspension, et changement de couleur de l'eau provoqué par le développement des algues au fond et par le processus de décomposition,
- réduction de la teneur en oxygène au fond et accroissement en surface, c'est la stratification chimique. Dans le cas de désoxygénation on peut avoir des écumes sales et des odeurs désagréables.

L'amplification du processus d'eutrophisation conduit au développement d'une végétation luxuriante d'algues, à la formation massive de matières putrescibles qui se décomposent au

fond, à la disparition de l'oxygène dans l'hypolimnion en été , à l'apparition d'hydrogène sulfuré, d'ions libres de fer, de manganèse et d'ammonium et enfin à la formation de nappes de gaz. Le lac ou la retenue devient alors un " Breeder " ou reproducteur, il fabrique de la pollution à partir de celle reçue au lieu de la digérer .

Les facteurs de l'eutrophisation sont très complexes, on peut les résumer comme suit :

- La nature géologique et pédologique du bassin versant ( un massif ancien avec couverture pédologique sera de nature à favoriser l'eutrophisation, contrairement à un bassin sédimentaire calcaire ),
- la morphologie de la retenue, du lac ou du cours d'eau ( un lac peu profond sera plus sensible au phénomène d'eutrophisation ),
- la nature des eaux ( les eaux peu minéralisées sont favorables à la prolifération d'algues bleues, les eaux très minéralisées sont favorables à la prolifération d'algues vertes ),
- la balance ionique des eaux,
- la charge en éléments nutritifs ( azote et phosphore ) exprimée en flux de nutriments, indispensable à la production de matières organiques, mais qui ne nécessite pas des quantités importantes,
- les conditions climatiques : les pluies et les vents, le soleil dont dépendent la température et l'éclairement ,
- le temps de séjour lié aux conditions hydrodynamiques du cours d'eau ,
- l'équilibre carbonaté ( le calcium avec le phosphore augmente fortement la sensibilité au processus d'eutrophisation .

Une classification trophique ou nutritive peut être établie à partir de plusieurs types de paramètres, dont :

- La concentration en éléments nutritifs,
- la biomasse exprimée en teneur en chlorophylle ou en biovolume ,
- la production primaire,
- les données sur le chimisme des eaux,
- les données sur le débit et sur les facteurs physiques extérieurs .

On pourra se rapporter aux tableaux 8 et 9 concernant la classification trophique proposée par l'O.C.D.E. qui est basée sur des valeurs probabilistes.

De nombreux modèles mathématiques de l'eutrophisation sont apparus pour déterminer le niveau trophique d'un lac ou d'une retenue, nous citerons le modèle statistique de LEMEZEC ( figure 8 ) ou celui de VOLLENWEIDER ( figure 9 ) qui sera utilisé dans l'étude N° 3 pour définir l'état trophique de la retenue de la Dathée .

Afin de bien comprendre le mécanisme de prolifération phytoplanctonique, il nous faut aborder plus en détails le phénomène de stratification thermique et chimique .

L'action cumulée des sels nutritifs constituant les nutriments, des conditions hydrodynamiques, de la morphologie de la retenue et des paramètres climatiques, favorise la production photosynthétique, à partir du phytoplancton. On assiste alors à une modification dans la structure des peuplements, en effet, certaines espèces se développent et prolifèrent de façon électorive, alors que d'autres disparaissent. Cette augmentation de la biomasse végétale s'accompagne d'une diminution de la transparence de l'eau. Se développent ensuite, des animalcules d'origine benthique, des Nématodes, Oligochètes, Asellus...La consommation en oxygène dissous, liée à la biodégradation des matières organiques dissoutes et à la respiration de la faune et de la flore aquatique, augmente dans les couches profondes, on assiste ainsi à une diminution de la teneur en oxygène au dessous du seuil critique. Au contraire, dans la couche supérieu-

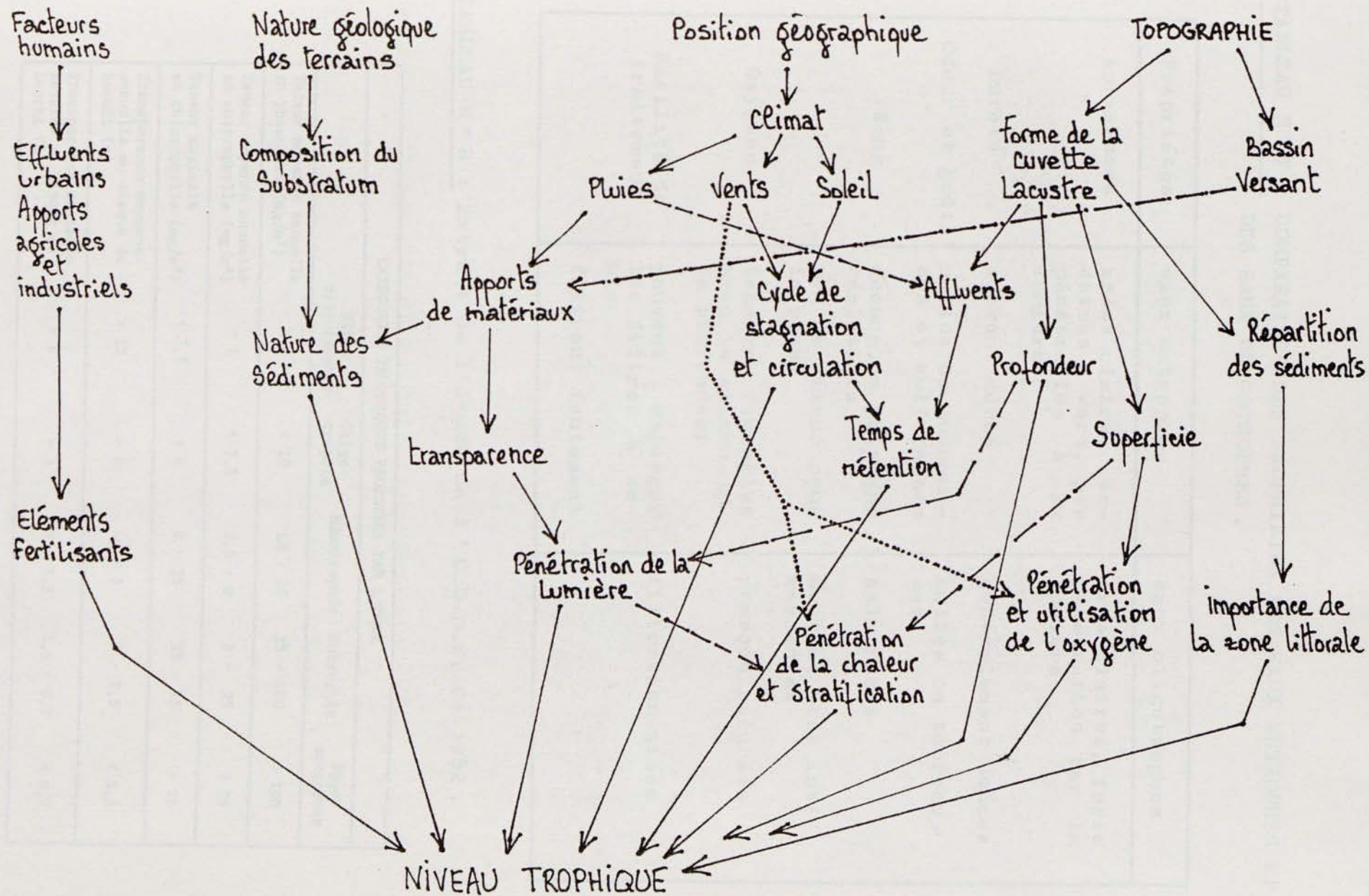


TABLEAU N ° 7 : COMPARAISON DES PROPRIETES DES EAUX EUTROPHES ET DES EAUX OLIGOTROPHES .

Propriétés	eaux eutrophes	eaux oligotrophes
Apparences	assez claire, verdâtres à vert, peu pénétrables à la lumière	très claires, forte pénétration par la lumière
Dureté	souvent dures	généralement douces
Odeur et goûts	nulles ou mauvaises et sulfureuses	nulles ou tourbeuses
Pêche	aucune, ou poissons résistants peu de valeur pour la pêche	salmonidés peuvent être intéressantes
Oxygène	teneurs variables avec la saison et la profondeur	presque saturées
Facilité de traitement	peuvent engorger les filtres à sable filtrent lentement	filtration aisée

TABLEAU N ° 8 : Extrait de l'étude de l' O.C.D.E. de 1982 .

CATEGORIES TROPHIQUES PROPOSEES PAR L'OCDE					
	Ultra-oligotrophie	Oligotrophie	Mésotrophie	Eutrophie	Hyper eutrophie
Teneur moyenne annuelle en phosphore (mg/m <sup>3</sup> )	< 4	< 10	10 - 35	35 - 100	> 100
Teneur moyenne annuelle en chlorophylle (mg/m <sup>3</sup> )	< 1	< 2,5	2,5 - 8	8 - 25	> 25
Teneur maximale en chlorophylle (mg/m <sup>3</sup> )	< 2,5	< 8	8 - 25	25 - 75	> 75
Transparence moyenne annuelle au disque de Secchi (m)	> 12	> 6	6 - 3	3 - 1,5	< 1,5
Transparence minimale mesurée au disque de Secchi (m)	> 6	> 3	3 - 1,5	1,5 - 0,7	< 0,7

TABLEAU N° 9 : Extrait de l'étude de l'O.C.D.E. de 1982.

CLASSIFICATION PROVISOIRE DES ETATS TROPHIQUES SELON LE PROGRAMME D'ETUDE DE L'OCDE CONSACRÉ A L'EUTROPHISATION.

L'attribution d'un état trophique à un lac donné repose sur l'appréciation du chercheur responsable des travaux correspondants. La moyenne géométrique (établie sur le logarithme décimal des valeurs) a été calculée après élimination des valeurs extérieures à l'intervalle  $\pm 2s$  résultats (le cas échéant) du calcul initial

Donnée (valeur moyenne annuelle)		Oligotrophie	Mésotrophie	Eutrophie	Hyper- eutrophie
Phosphore . . . . . total mg/m <sup>3</sup>	$\bar{x}$	8,0	26,7	84,4	
	$\bar{x} \pm 1s$	4,85 - 13,3	14,5 - 49	38 - 189	
	$\bar{x} \pm 2s$	2,9 - 22,1	7,9 - 90,8	16,8 - 424	
	étendue	3,0 - 17,7	10,9 - 95,6	16,2 - 386	750 - 1200
	n	21	19(21)	71(72)	2
Azote total mg/m <sup>3</sup>	$\bar{x}$	661	753	1875	
	$\bar{x} \pm 1s$	371 - 1181	485 - 1170	861 - 4081	
	$\bar{x} \pm 2s$	208 - 2103	313 - 1816	395 - 8913	
	étendue	307 - 1630	361 - 1387	393 - 6100	
	n	11	8	37(38)	
Chlorophylle a mg/m <sup>3</sup>	$\bar{x}$	1,7	4,7	14,3	
	$\bar{x} \pm 1s$	0,8 - 3,4	3,0 - 7,4	6,7 - 31	
	$\bar{x} \pm 2s$	0,4 - 7,1	1,9 - 11,6	3,1 - 66	100 - 150
	étendue	0,3 - 4,5	3,0 - 11	2,7 - 78	2
	n	22	16(17)	70(72)	
Teneur maximale en chlorophylle a mg/m <sup>3</sup>	$\bar{x}$	4,2	16,1	42,6	
	$\bar{x} \pm 1s$	2,6 - 7,6	8,9 - 29	16,9 - 107	1,5
	$\bar{x} \pm 2s$	1,5 - 13	4,9 - 52,5	6,7 - 270	
	étendue	1,3 - 10,6	4,9 - 49,5	9,5 - 275	
	n	16	12	46	
Profondeur de Secchi m	$\bar{x}$	9,9	4,2	2,45	
	$\bar{x} \pm 1s$	5,9 - 16,5	2,4 - 7,4	1,5 - 4,0	
	$\bar{x} \pm 2s$	3,6 - 27,5	1,4 - 13	0,9 - 6,7	
	étendue	5,4 - 28,3	1,5 - 8,1	0,8 - 7,0	0,4 - 0,5
	n	13	20	70(72)	2

$\bar{x}$  = moyenne géométrique

s = écart-type

( ) = le chiffre entre parenthèses indique le nombre de valeurs utilisées lors du calcul initial.

FIGURE N° 8 : Cas d'étude du projet de Lemezec.

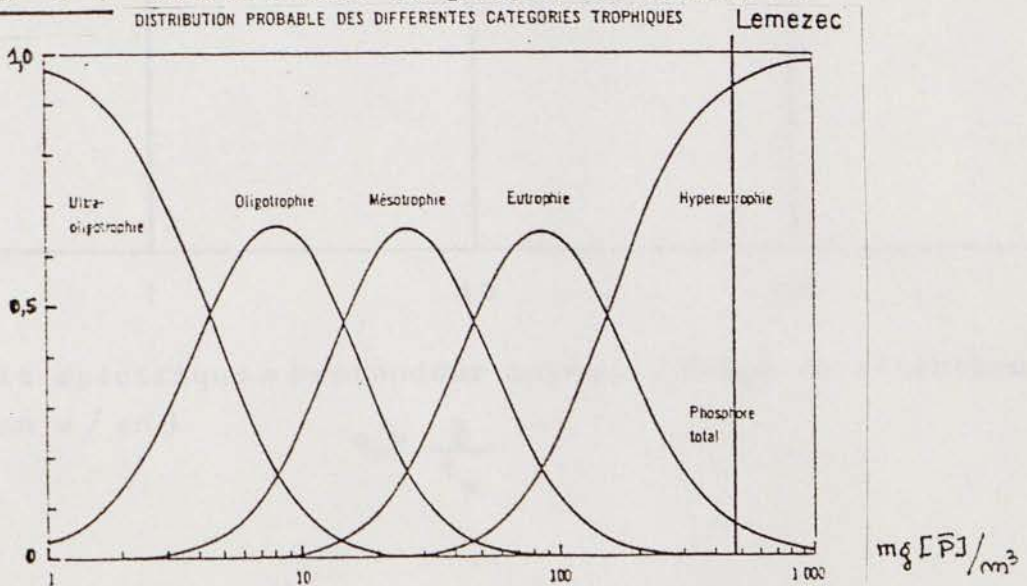
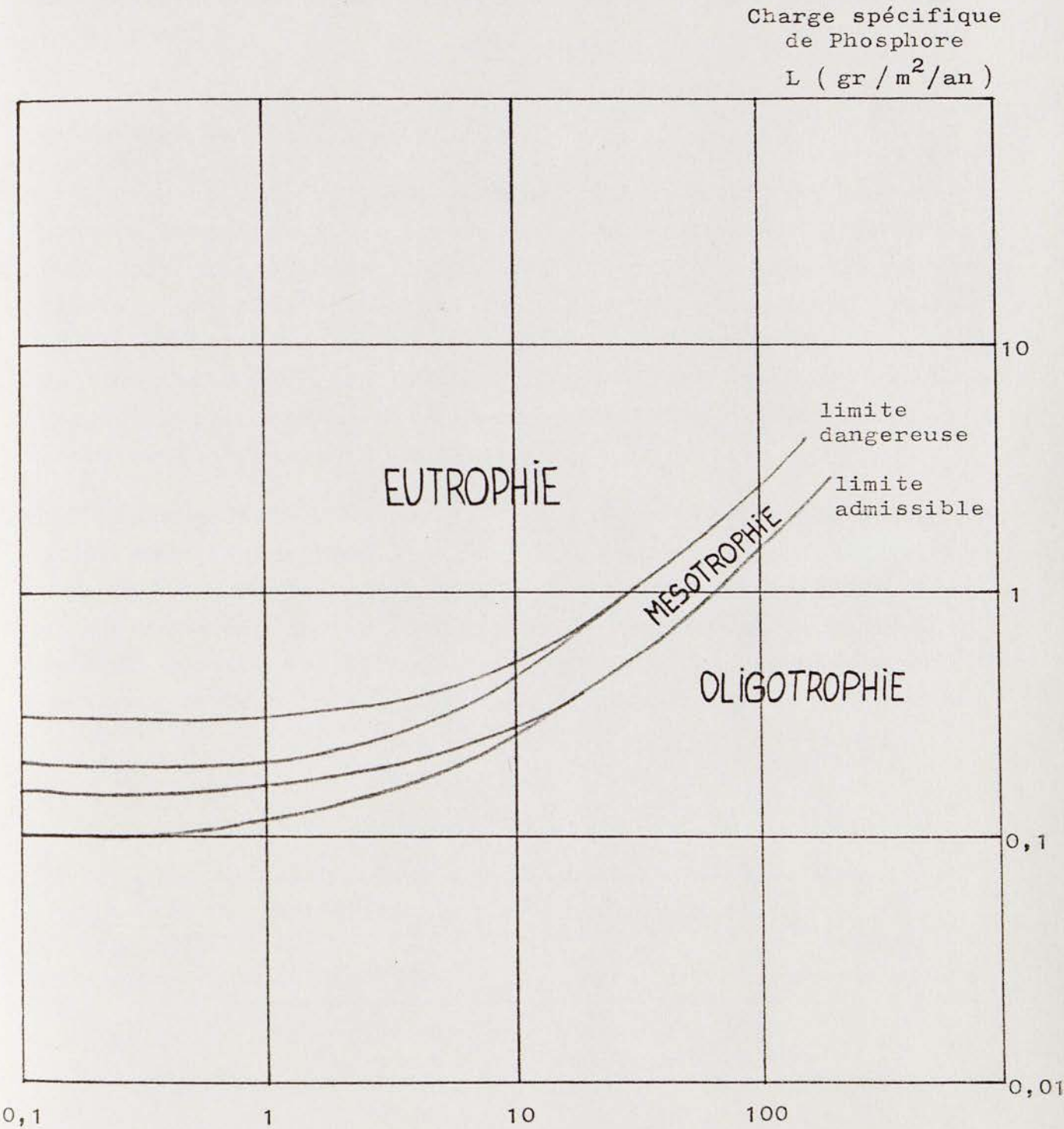


FIGURE N ° 9 : DIAGRAMME DE VOLLENWEIDER.



Débit spécifique = Profondeur moyenne / Temps de rétention  
( en m / an )

$$q_s = \frac{\bar{z}}{t_w}$$

re, on a une sursaturation en oxygène et en azote dissous . La sursaturation en oxygène peut entraîner la mort des poissons. La sursaturation en azote est amplifiée par la présence de nappes phytoplanctoniques formées à fleur d'eau, qui captent l'azote de l'air .

On assiste donc au phénomène de stratification thermique , schématisé sur la figure 10 .

En pays tempérés, les lacs sont le plus souvent monomictiques ou dimictiques ( respectivement mise en circulation une ou deux fois dans l'année ). En hiver la couche supérieure ou épilimnion, est plus froide que la couche profonde ou hypolimnion. En été c'est le contraire, en automne et au printemps on a donc un phénomène de retournement du lac établi par des courants verticaux qui conduisent à la disparition du métalimnion et à l'uniformisation de la température .

Remarquons qu'en période de non-stratification thermique l'eau soutirée au fond de la retenue provient de toute la hauteur de la tranche verticale située au droit de la prise d'eau, alors qu'en période de stratification thermique, la retenue ne se vide que par son hypolimnion, les matières organiques et nutritives restant dans l'épilimnion, l'eau soutirée est froide .

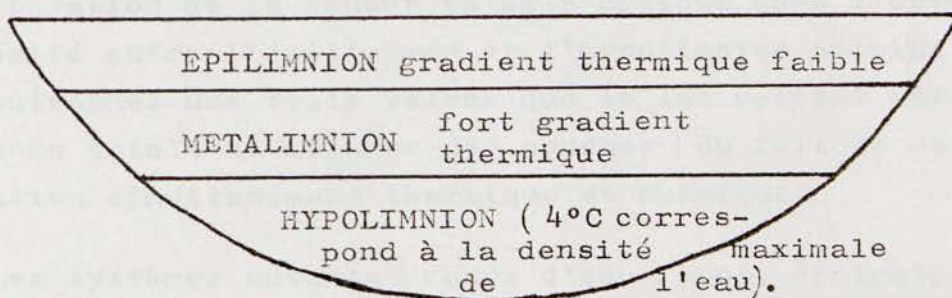
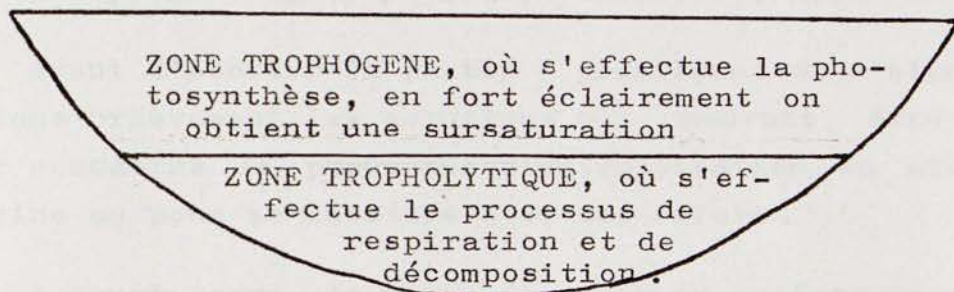


FIGURE N ° 10



Dans un lac eutrophe, comme nous l'avons vu, il y a une différence très accusée des teneurs en oxygène des deux couches par le biais de la biomasse .

FIGURE N ° 11 .



Dans la couche superficielle, ou zone trophogène, la photosynthèse donne lieu à la production d'oxygène, c'est pourquoi cette couche est aussi appelée zone oxydée .

Dans la couche profonde ou 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, cette couche est appelée zone tropholytique ou réduite, voir la figure N ° 11 .

Ces stratifications sont rendues encore plus stables par l'augmentation de la teneur en sels dissous dans l'hypolimnion, la densité entre l'épilimnion et l'hypolimnion atteint dans les eaux eutrophes une telle valeur que le lac devient méromictique ( absence totale de mélange des couches ) du fait de cette stratification simultanément thermique et chimique .

Les systèmes ouverts ( cours d'eau ) sont, contrairement aux systèmes fermés ( lacs, retenues ), peu favorables aux phénomènes d'eutrophisation. Le plancton, en rivière, est soumis à des variations d'éclaircissement, de température et de concentration en éléments chimiques. Le renouvellement en nutriments y est plus rapide, il n'y a pas de stratification. Le cours d'eau est donc

un système non-homogène dans les niveaux trophiques entre l'amont et l'aval.

Or, l'implantation d'un barrage favorise la prolifération des algues dans sa retenue, jouant ainsi le rôle de pépinière en ensemençant le cours d'eau aval lors des restitutions. L'effet est d'autant plus intense que l'inoculum rencontre un milieu favorable, chargé en pollutions organiques, augmentant dans des proportions importantes la prolifération de végétaux.

Avant d'aborder la partie " prolifération d'algues ", présentons brièvement les solutions qui peuvent être apportées pour combattre le processus d'eutrophisation au niveau de son origine ou pour se débattre avec ses effets.

A court terme, le micro-épandage de sulfate de cuivre pour inhiber le développement des algues planctoniques a déjà fait ses preuves.

A moyen terme, on peut essayer de maintenir l'hypolimnion en aérobiose, en injectant de l'oxygène pur ou de l'air. On peut également minimiser la charge en nutriments, en évitant le relargage de la charge interne en phosphore. Au niveau de l'origine du phénomène et à titre préventif, on peut mettre en place des déphosphatations complètes des eaux traitées dans les stations d'épuration du bassin versant et installer des pièges à sédiments à l'amont des retenues.

A long terme, il faudrait sensibiliser le monde agricole, afin de contrôler l'émission d'azote particulaire sur le bassin versant, ceci repose sur une meilleure utilisation des lisiers et engrais.

2 -

## LA PROLIFERATION D'ALGUES.

Nous avons vu que l'action conjuguée de paramètres climatiques, hydrodynamiques et de la présence de quantités suffisantes de sels nutritifs, favorisait le développement des algues planctoniques, dont les espèces vont se succéder du printemps à l'automne selon l'évolution des paramètres internes.

Les Diatomées au printemps,  
les Chlorophycées au début de l'été,  
les Cyanophycées ou Cyanobactéries ( algues bleues ) en été  
et à l'automne .

Le plancton, de part ses cycles de reproduction courts, alliés à une grande prolifération des espèces, réagit très rapidement aux modifications du milieu .

Dans le cas d'eaux fortement eutrophes et par effet cumulatif des apports en nutriments et des conditions climatiques. On peut assister, en 48 h de temps, à des proliférations massives de phytoplancton, appelées souvent blooms planctoniques .

Les Cyanophycées sont les plus inquiétantes, car elles correspondent aux valeurs les plus fortes de matières organiques dissoutes, d'origine algale . Ces algues sont, en effet, capables d'atteindre en biomasse les concentrations les plus élevées. Elles disposent de pigments photorécepteurs leur permettant d'utiliser au maximum le spectre lumineux incident. Si avec de faibles intensités lumineuses, les Cyanophycées parviennent à croître, à l'inverse, en cas d'éclairement trop fort elles sont très sensibles à la photo-inhibition ( arrêt de la photosynthèse ) .

Les principaux éléments nécessaires à la croissance des algues sont l'azote, le phosphore et le gaz carbonique . Si les Cyanophycées réclament des conditions particulières ( Ph élevé ) elles peuvent, à l'inverse, ne nécessiter que très peu de nutriments, leurs développements qualifiés de fleurs d'eau, leur permettent de capter l'azote et le gaz carbonique de l'air, car ces algues contiennent dans leur Cytoplasme des vacuoles gazeuses responsables de leur flottabilité .

D'autres algues, les Diatomées, les Chlorophycées et certaines Cyanophycées ( *Microcystis Aeruginosa*, par exemple ), ne peuvent pas fixer l'azote atmosphérique et nécessitent donc des concentrations importantes en azote dissous .

En général ces algues entraînent des problèmes de goûts et

d'odeurs désagréables dans l'eau potable, et nécessitent de ce fait un traitement d'affinage par filtration sur charbon actif en grains .

Certaines algues, dont des Cyanophycées, produisent des produits extracellulaires potentiellement toxiques . Les substances libérées par les algues sont : Les produits intermédiaires ( acides organiques...), les produits finaux ( de la géosmine, des hormones, enzymes et vitamines ) et enfin des métabolites algals .

Le rejet de produits extracellulaires par les algues a été mis en évidence et mesuré expérimentalement par des chercheurs anglais, sur des algues bleues ou Cyanophycées . Ces mesures ont indiqué que l'émission de métabolites apparaissait très variable en quantité et en qualité selon l'espèce, l'âge de la population et les conditions de l'environnement .

Une étude a été menée en Angleterre, suite à des proliférations d'algues bleu-vertes dans les eaux eutrophes de nombreux lacs et retenues des îles britanniques, et plus spécialement de la *Microcystis Aeruginosa* Kutz qui semblait sécréter des toxines responsables de la mort des animaux aquatiques . Cette étude, menée à l'aide d'expériences faites sur des souris a montré la toxicité indiscutable des toxines secrétées .

Toujours en Angleterre, des essais dans les diverses filières de traitement de l'eau potable ont été faits . Il en ressort qu'aucune des filières habituelles telles que floculation, décantation, filtration ou chloration n'a diminué la toxicité des métabolites . Par contre, un traitement de filtration sur charbon actif a donné des bons résultats quant à la diminution de la concentration des toxines en dessous d'un seuil d'activité .

En Normandie , le massif armoricain, abrite chaque année d'intenses proliférations des espèces les plus sensibles, dans un contexte géopédologique et climatique voisin des régions de Grande Bretagne où, comme nous l'avons vu , la toxicité s'est manifestée .

Ces considérations semblent avoir été faites par l'Agence

Financière de Bassin Seine - Normandie qui souhaiterait que sur l'usine de potabilisation de Flers soit entrepris un suivi de la toxicité des métabolites libérés. En effet, le site de la retenue de la Visance semble convenir à cette étude expérimentale (retenue de faible profondeur, envahie régulièrement par des Cyanophycées parmi les plus nuisibles et alimentant directement l'usine de traitement de Flers).

Certains effets néfastes de ces métabolites ont été observés : mort de la faune aquatique, mort chez le bétail et troubles chez l'homme (gastroentérites et dermatoses sur la peau). Certains produits extracellulaires libérés par les Cyanophycées stimulent ou entravent la multiplication des autres algues.

Ces aspects sont à prendre en compte dans l'élaboration de nouvelles filières de traitement. La troisième partie de cette étude analyse les différents problèmes que l'on rencontre dans chacune des phases du traitement et de la distribution.

( études de cas )

DEUXIEME PARTIE  
( études de cas )

ETUDE N° 1 : LA VIRE ET SON BASSIN VERSANT .

Etude de la qualité des eaux .

## LA VIRE ET SON BASSIN VERSANT .

Le bassin versant de la Vire est formé principalement de terrains primaires ou antécambriens appartenant à la bordure Nord-Est du massif armoricain. Son substratum est surtout constitué de terrains imperméables, les alluvions ne représentent que 3 % de la superficie totale du bassin. La Vire et ses affluents drainent des terrains granitiques ( en amont ) et schisteux et gréseux. Ceux-ci, exceptés les grès, se caractérisent par un faible pouvoir de rétention des eaux. Les ressources en eaux souterraines sont donc faibles. Ceci explique l'option prise dans la département de la Manche dans la gestion de ses ressources. Les roches affleurantes sont cristallines ou sédimentaires détritiques non calcaires, elles subissent une faible altération et les concentrations ioniques naturelles sont donc faibles, se reporter à la carte géologique N° 4.

La Vire a un régime fluvial océanique basé sur l'évaporation plus que sur la répartition des pluies. Les plus hautes eaux ont lieu en janvier ou février et l'étiage se produit généralement en juillet, en août ou en septembre.

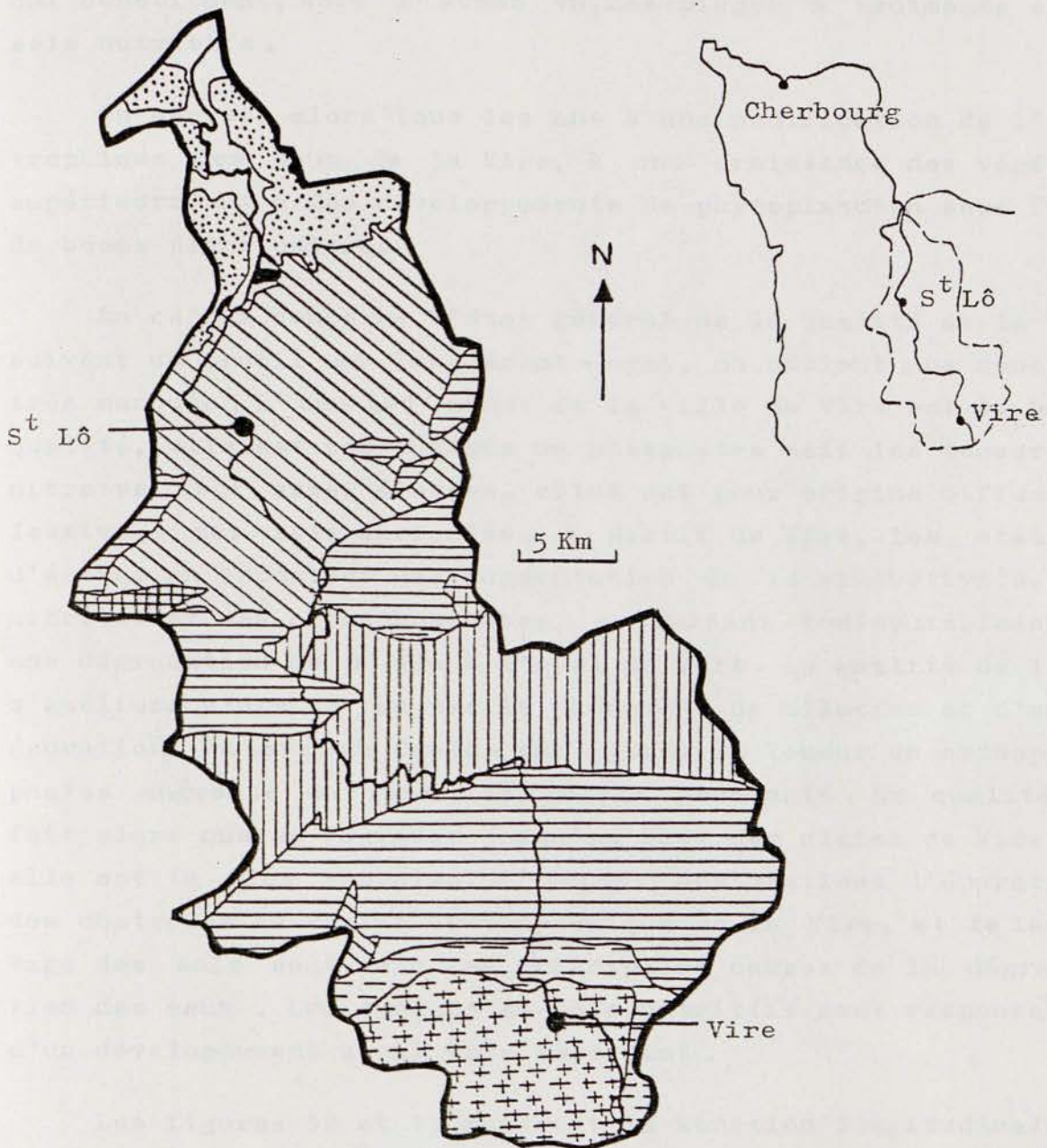
Une étude faite sur la Vire a montré que l'impact de l'action humaine sur la qualité de ses eaux se traduisait par des apports polluants importants.











Apports d'origine agricole car la vocation de cette région est très marquée, élevage de bovins et cultures fourragères. Apports d'origine agro-alimentaire, fromageries, laiteries, cidreries et abattoirs. Et enfin apports d'origine urbaine, les eaux usées après traitement retournent à la rivière.

L'action humaine se traduit aussi par la modification du régime hydrodynamique de la Vire, due à l'établissement de barrages et de biefs; le barrage de la Dathée, celui du Sémilly et de nombreux biefs utilisés pour le fonctionnement de micro-centrales électriques. Ces biefs sont peu nombreux en amont de Vire, mais à partir de Pont Farcy et à l'aval de S<sup>t</sup> Lô leur nombre devient croissant.



CARTE N° 4 : CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA VIRE .



-  Alluvions modernes
-  Trias et Rhétien
-  Permien ( Schistes et argiles )
-  Dévonien à faciès "vieux grès rouges"
-  Cambrien ( Grès, arkoses, schistes )
-  Briovérien supérieur ( Tillites )
-  Briovérien moyen ( Schistes et grès )
-  Calcaires de la Meauffe
-  Zone de métamorphisme de granites anciens
-  Granites anciens ( Cadomien )

Les conséquences sont l'apport de nutriments ( azote et phosphore ) , et leur rétention au niveau des biefs et retenues, qui constituent, nous l'avons vu, des pièges à sédiments et à sels nutritifs .

On assiste alors tous les ans à une modification de l'état trophique des eaux de la Vire, à une croissance des végétaux supérieurs et à des développements de phytoplancton sous forme de booms planctoniques .

En ce qui concerne l'état général de la qualité de la Vire suivant un profil en long amont - aval, on obtient une zonation très marquée . L'eau à l'amont de la ville de Vire est de bonne qualité, elle est peu chargée en phosphates mais les teneurs en nitrates sont assez élevées, elles ont pour origine diffuse le lessivage des sols agricoles . A partir de Vire, les stations d'épuration apportent une augmentation de la conductivité, des nitrites et des orthophosphates, conduisant indiscutablement à une dégradation de l'eau à l'aval de Vire. La qualité de l'eau s'améliore alors un peu par le phénomène de dilution et d'auto-épuration. En aval de Condé - sur - Vire, la teneur en orthophosphates augmente du fait des rejets ponctuels . La qualité ne fait alors que se dégrader jusqu'au bief des claies de Vire, où elle est la plus mauvaise. L'impact des stations d'épuration, des obstacles au régime hydrodynamique de la Vire, et le lessivage des sols sont donc les principales causes de la dégradation des eaux . Les teneurs en sels nutritifs sont responsables d'un développement algal très important .

Les figures 12 et 13 montrent la zonation longitudinale de la biomasse. Cette dernière étant quantifiée par la chlorophylle. Le rapport des densités optiques de la chlorophylle à 430 et à 410 nm fournit des indications sur la proportion de chlorophylle dégradée .

En amont, par exemple, on remarque que la chlorophylle est plus abondante pendant la période de hautes eaux, car les algues sont principalement d'origine benthique, on assiste alors à une augmentation de l'amont vers l'aval, car ces algues trouvent beaucoup de supports .

FIGURE N°12 : PROFIL EN LONG DE L'EVOLUTION DE LA CHLOROPHYLLE .  
 MOIS DE MAI - JUIN ( 1979 ) ; HAUTES EAUX .

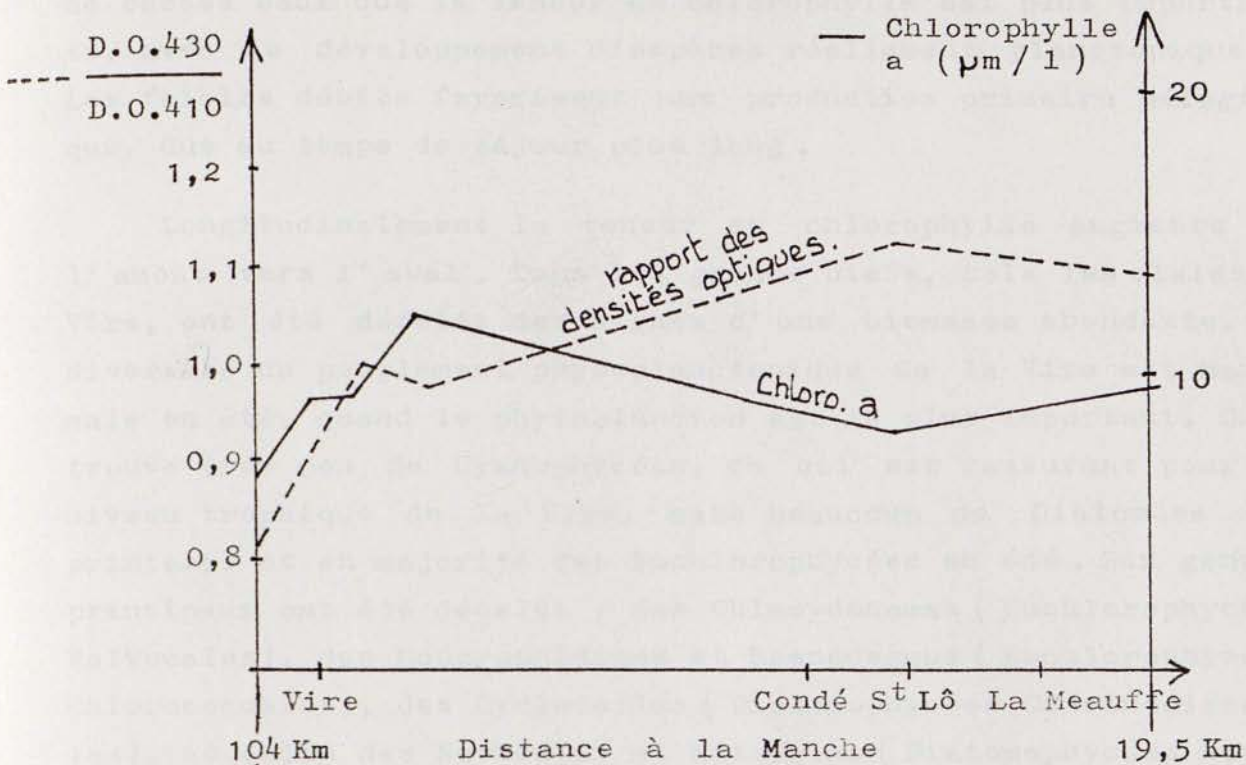
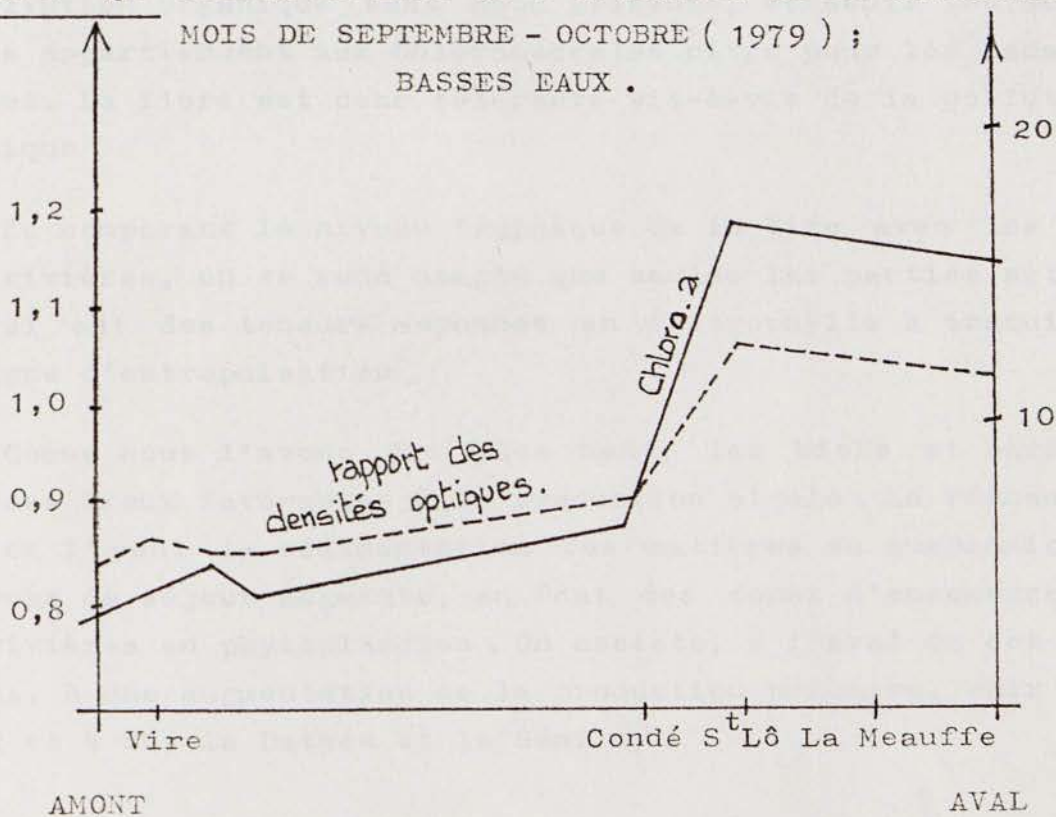


FIGURE N°13 : PROFIL EN LONG DE L'EVOLUTION DE LA CHLOROPHYLLE .  
 MOIS DE SEPTEMBRE - OCTOBRE ( 1979 ) ;  
 BASSES EAUX .



A l'aval, par contre, c'est pendant la période d'étiage ou de basses eaux que la teneur en chlorophylle est plus importante, avec le développement d'espèces réellement planctoniques. Les faibles débits favorisent une production primaire pélagique, due au temps de séjour plus long.

Longitudinalement la teneur en chlorophylle augmente de l'amont vers l'aval. Dans les grands biefs, tels les claires de Vire, ont été décelés des signes d'une biomasse abondante. La diversité du peuplement phytoplanctonique de la Vire est maximale en été, quand le phytoplancton est le plus important. On y trouve très peu de Cyanophycées, ce qui est rassurant pour le niveau trophique de la Vire, mais beaucoup de Diatomées au printemps et en majorité des Euchlorophycées en été. Six genres principaux ont été décelés : des Chlamydomonas (Euchlorophycées Volvocales), des Monoraphidium et Scenedesmus (Euchlorophycées Chlorococcales), des Cyclotella (Diatomophycées Coscinodisciales), et enfin des Naviculas et Nitzchias (Diatomophycées Naviculales). Quatre parmi les genres d'algues les plus résistants à la pollution organique sont donc présents, et seuls les Scenedesmus appartiennent aux Chlorococcales cités pour les lacs eutrophes. La flore est donc tolérante vis-à-vis de la pollution organique.

En comparant le niveau trophique de la Vire avec les autres rivières, on se rend compte que seules les parties situées en aval ont des teneurs moyennes en chlorophylle traduisant un signe d'eutrophisation.

Comme nous l'avons dit plus haut, les biefs et barrages sont des lieux favorables à la production algale. Le réchauffement de l'eau, la sédimentation des matières en suspension et le temps de séjour augmenté, en font des zones d'ensemencement des rivières en phytoplancton. On assiste, à l'aval de ces obstacles, à une augmentation de la production primaire, voir études 2 et 4 sur la Dathée et le Sémilly.

expolitép!

ETUDE N° 2 : LA RETENUE DE LA DATHEE.

Etude de la qualité des eaux et  
du phénomène d'eutrophisation.

Dès 1964, les besoins d'alimentation en eau potable de la ville de Vire ont fait l'objet d'études de la part des services techniques concernés. La population de l'époque s'élevant à 10500 Hab, et l'avenir devant être favorable à la ville de Vire où de nombreuses industries devaient s'installer et où la démographie et l'exode rural avaient prévu un accroissement net de la population, on avait prévu pour l'année 1975, une population de 20 000 Hab. Considérant une consommation de l'ordre de 500 l/j et par Hab ( industries incluses ), on en était arrivé à la nécessité de construire un barrage sur la Dathée, permettant un plan d'eau de 25 ha environ et de 500 000 m<sup>3</sup>.

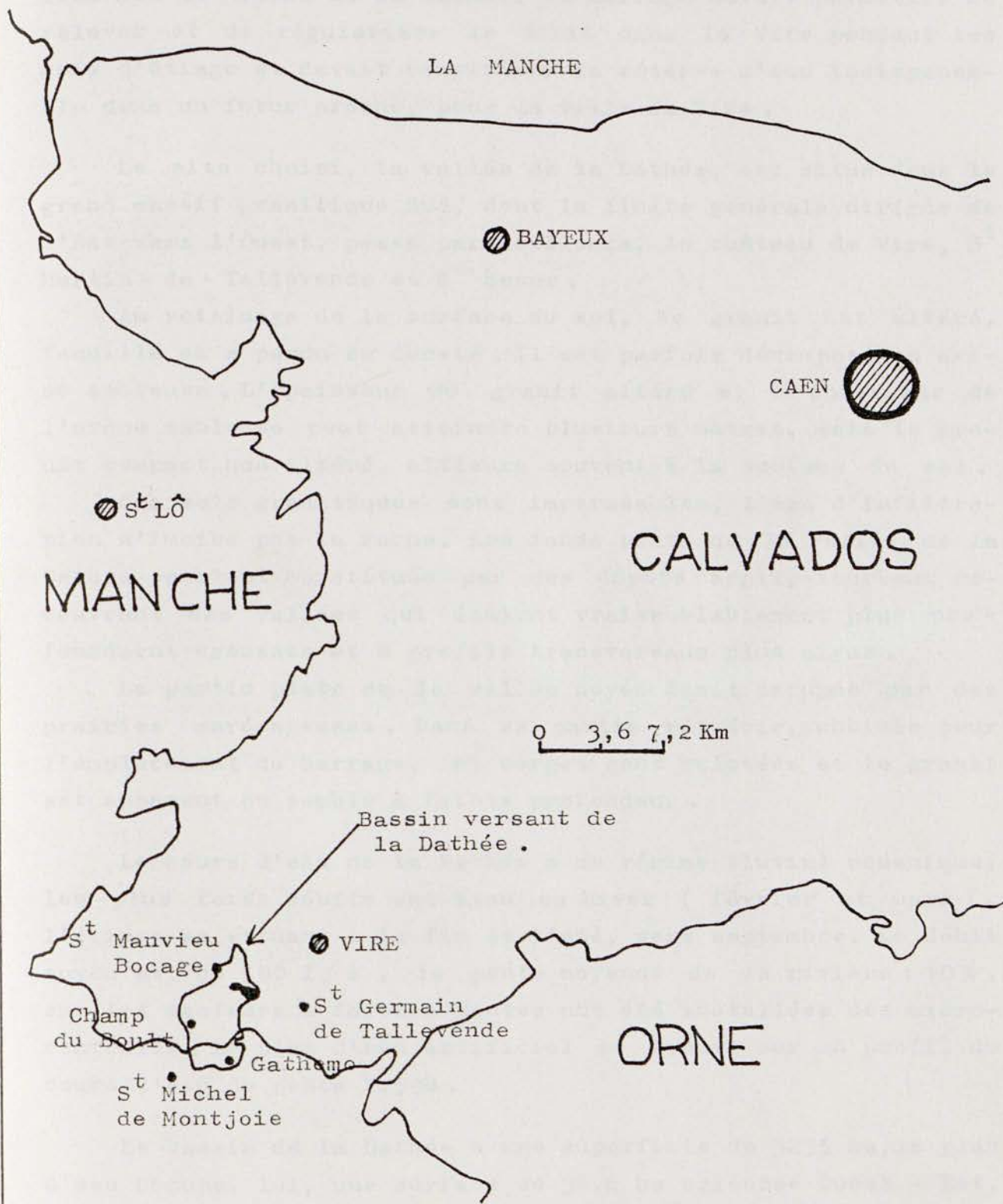
En 1971, une deuxième étude prévoyait une population de 20 000 Hab pour 1980, la population de 1971 étant de 11 000 Hab.

En 1972, l'agence Coyne et Bellier, prévoyant une population variant entre 15 000 et 21 000 Hab pour 1985 ( selon les hypothèses de croissance ), arrivait à la conclusion qu'il était indispensable de construire un barrage. Trois sites furent étudiés et celui de la Dathée fût retenu, voir la carte N° 5.

En 1975, une étude basée sur les prévisions de 21 000 Hab en 1985 et 26 000 Hab en 2000, avec une consommation journalière de 400 à 500 l/j, concluait que l'usine sur la Vire de " Moulin Neuf " et l'usine de Canvie sur la Virène, ne pouvant assurer que 11 000 m<sup>3</sup> de production journalière d'eau potable en 1985, il était indispensable de prévoir un réservoir d'alimentation en eau potable.

Outre cet aspect de réserve d'eau, et pour respecter les objectifs de qualité du cours d'eau à l'aval de Vire ( où la station d'épuration rejette à peu près 130 l/s d'effluents traités ), il a été prescrit un débit à cet endroit de 200 l/s définit par décret du 16 février 1977. Un tel débit ne pouvait être assuré en période de sécheresse sans le soutien d'une retenue.

CARTE N° 5: CARTE DE LOCALISATION DU BASSIN VERSANT DE LA DATHEE.



CARTE I.G.N. e = 1 / 250 000 réduite au 1 / 360 000 .

En 1976 a donc été décidé la construction d'un barrage au lieu dit le Mesnil de la Dathée, ce barrage devait permettre de relever et de régulariser le débit dans la Vire pendant les mois d'étiage et devait constituer la réserve d'eau indispensable dans un futur proche, pour la ville de Vire .

Le site choisi, la vallée de la Dathée, est situé dans le grand massif granitique Sud, dont la limite générale dirigée de l'Est vers l'Ouest, passe par Roullours, le château de Vire, S<sup>t</sup> Martin - de - Tallevende et S<sup>t</sup> Sever .

Au voisinage de la surface du sol, le granit est altéré, fendillé et a perdu sa dureté . Il est parfois décomposé en arène sableuse . L'épaisseur du granit altéré et l'épaisseur de l'arène sableuse peut atteindre plusieurs mètres, mais le granit compact non altéré, affleure souvent à la surface du sol .

Ces sols granitiques sont imperméables, l'eau d'infiltration n'imbibe pas la roche . Les fonds plats de la vallée de la Dathée semblent constitués par des dépôts argilo-tourbeux recouvrant des vallées qui étaient vraisemblablement plus profondément creusées et à profils transversaux plus aigus .

La partie plate de la vallée noyée était occupée par des prairies marécageuses . Dans sa partie rétrécie, choisie pour l'emplacement du barrage, les berges sont relevées et le granit est apparent ou semble à faible profondeur .

Le cours d'eau de la Dathée a un régime fluvial océanique, les plus forts débits ont lieu en hiver ( février et mars ), l'étiage se situant à la fin de l'été, vers septembre . Le débit moyen est de 700 l/s , la pente moyenne de la rivière : 10% , sur les secteurs à faibles pentes ont été installées des micro-centrales . Le plan d'eau artificiel se trouve sur un profil du cours d'eau de pente 2,5‰ .

Le bassin de la Dathée a une superficie de 3235 ha, le plan d'eau occupe, lui, une surface de 38,6 ha orientée Ouest - Est, son volume d'eau est de 1,51 million de m<sup>3</sup> à la cote 162 . Voir la carte N° 6 .

Les caractéristiques du barrage sont :



- Voûte à parement amont vertical circulaire , d' épaisseur constante, avec déversoir libre .
- Hauteur sur fond de fouille : 17 m ,
- Hauteur sur terrain naturel : 11 m ,
- Longueur de crête : 125 m ,
- Rayon amont : 60 m ,
- Epaisseur constante : 1 m 50 ,
- Crête du déversoir ( cote ) : 162 m ,
- Longueur du déversoir : 37 m 50 ,
- Crête de l'ouvrage ( cote ) : 163 m .

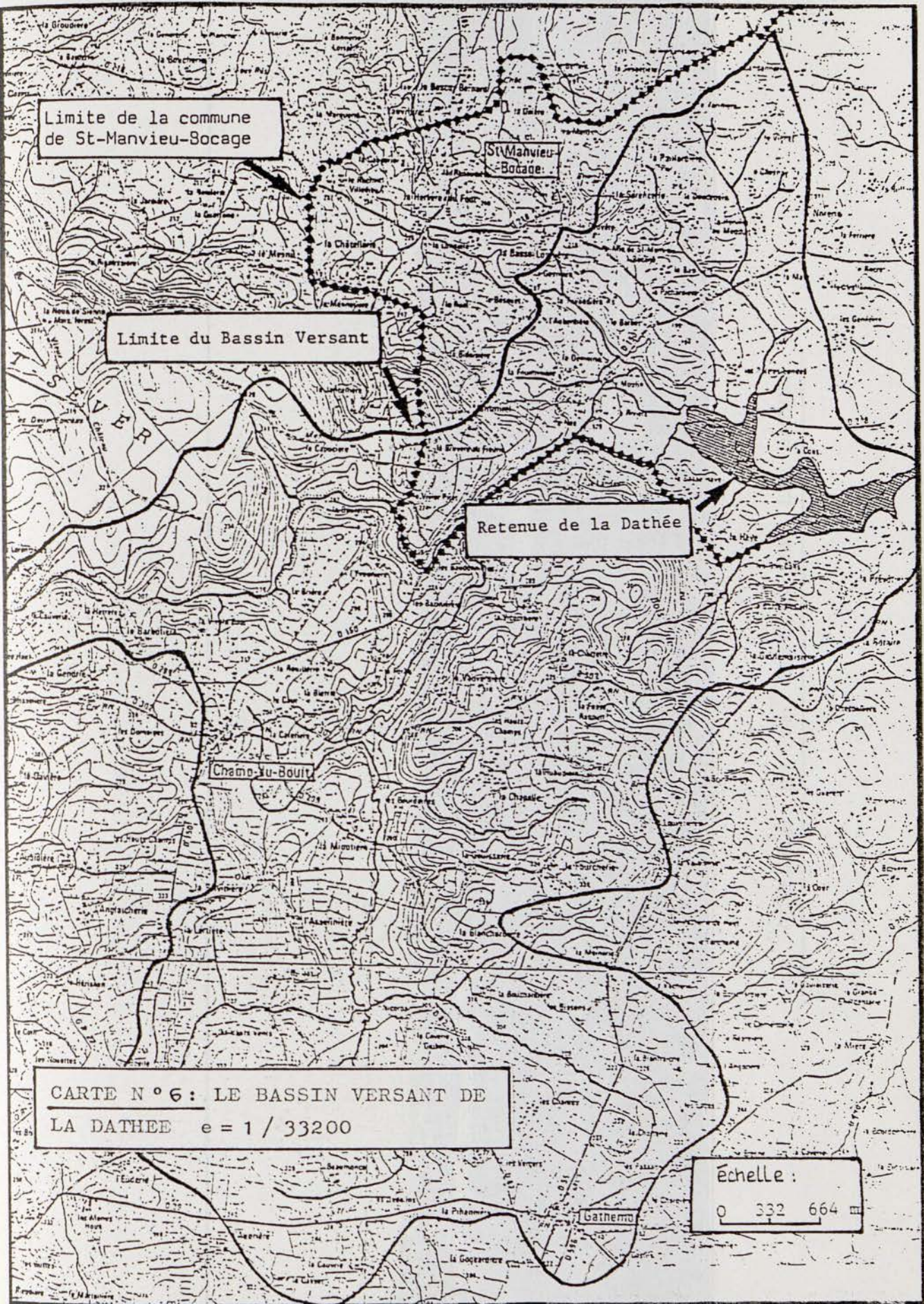
L'eau s'écoule par surverse au dessus du barrage, mais il existe une vanne de fond et une vanne intermédiaire .

La partie Ouest a conservé le caractère naturel, réserve ornithologique. La partie Est a été aménagée en base de loisirs depuis quelques années .

Le barrage de la Dathée possède donc une triple fonction :

- 1 - Réserve d'eau pour l'alimentation de la ville de Vire,
- 2 - Soutien et régulation du débit d'étiage,
- 3 - Base de loisirs, activités touristiques .

Nous verrons par la suite que ces trois fonctions sont difficilement conciliables .



Limite de la commune  
de St-Manvieu-Socage

St-Manvieu-  
Bocage

Limite du Bassin Versant

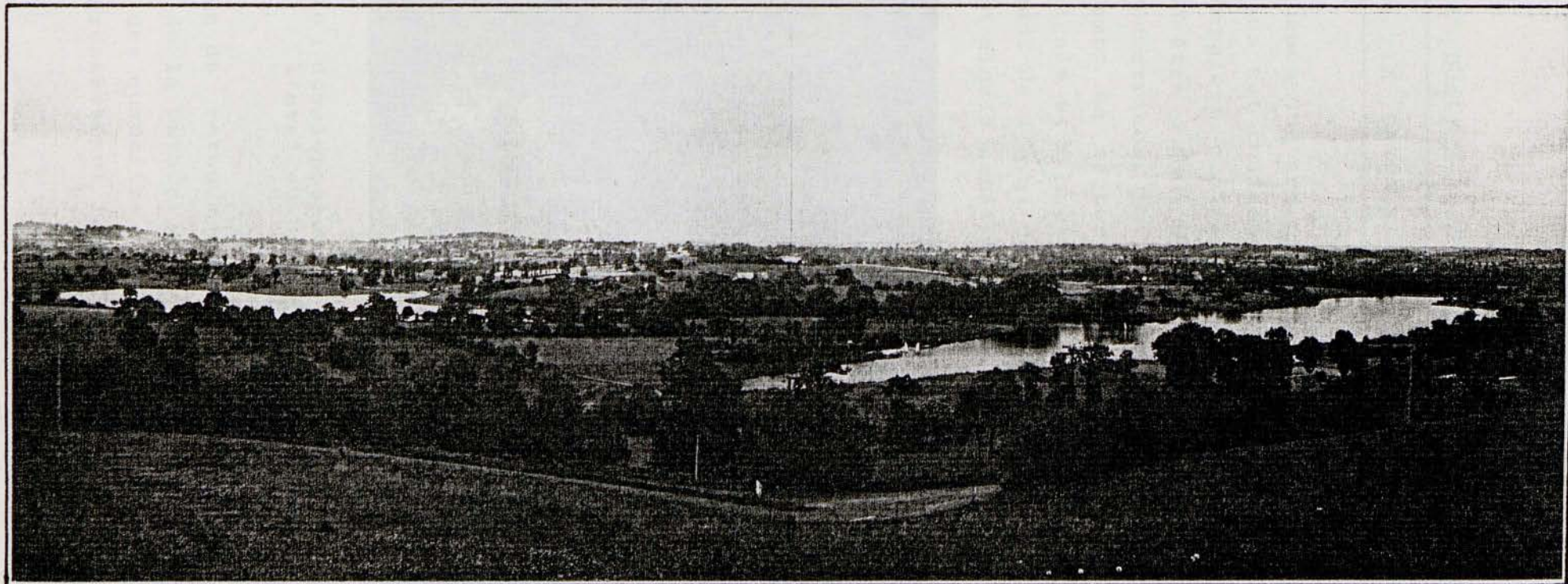
Retenue de la Dathée

Champey-Bouit

Gathemo

CARTE N° 6 : LE BASSIN VERSANT DE  
LA DATHEE e = 1 / 33200

Echelle :  
0 332 664 m



VUE GENERALE DE LA RETENUE DE LA DATHEE.

ETUDE DE LA QUALITE DES EAUX ET DU PHENOMENE D'EUTRO-  
PHISATION DE LA RETENUE DE LA DATHEE .

L'influence du barrage de la Dathée sur le niveau trophique de ses eaux est indiscutable. Il constitue un piège à sédiments, ces derniers contiennent des charges internes en phosphore prêtes à être relarguées dans la retenue quand les eaux deviennent réductrices. Le réchauffement de l'eau et l'augmentation du temps de séjour sont des conditions favorables à la production algale et à la biomasse. Le barrage joue donc le rôle d'ensemencement de l'aval du cours d'eau qui voit l'activité de sa population algale croître.

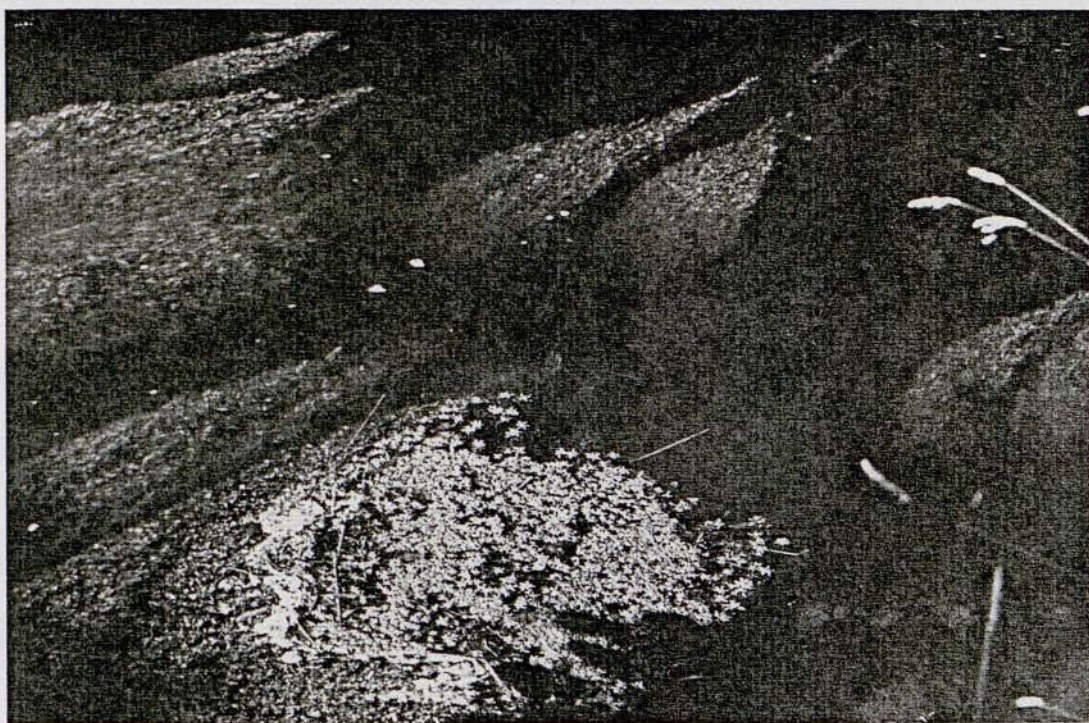


Photo : développement d'herbier sur la Virène à l'aval du barrage de la Dathée .

En queue de retenue, dans la zone de contact entre les eaux vives de la Dathée et celles, stagnantes, du plan d'eau, se déposent des quantités importantes de sédiments tendant à combler progressivement le lit de la rivière.

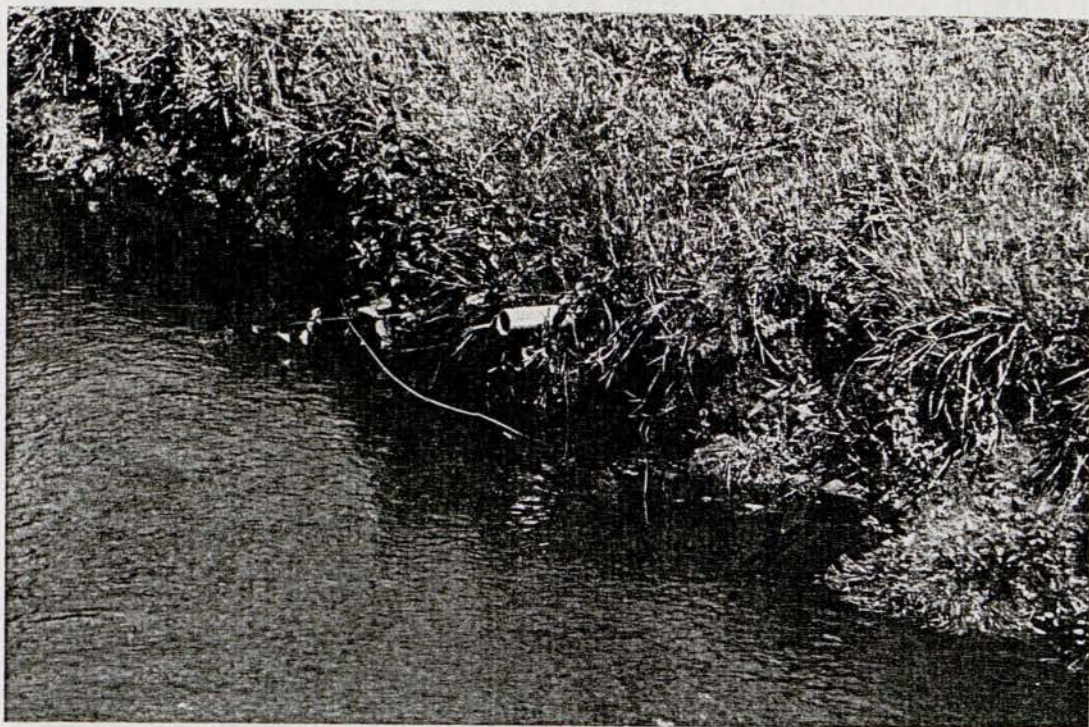


Photo : Drain agricole sur la Virène .

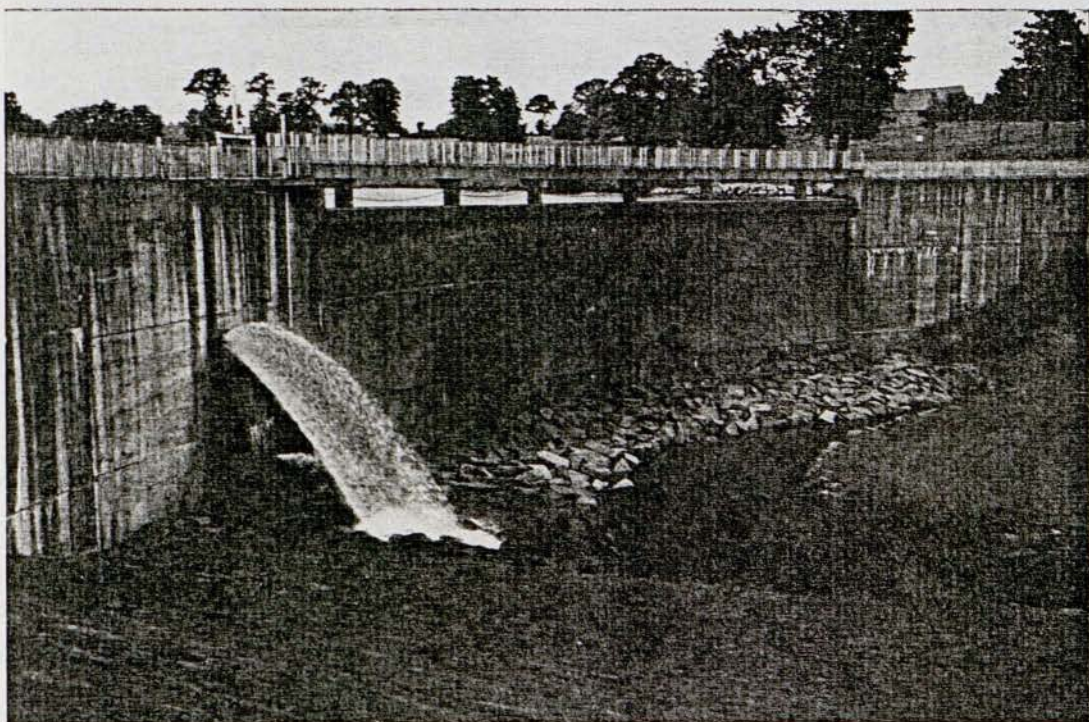


Photo : Vannes, intermédiaire et de fond, pour le soutien du débit d'étéage .

Le barrage, bénéfique dans ses trois fonctions, n'est donc pas profitable au milieu naturel et aux biocénoses, tant au niveau du plan d'eau qu'en aval de celui-ci.

Dès 1979, on a remarqué des développements spectaculaires d'élodées en été, donc seulement deux ans après sa mise en eau. Depuis, on assiste à des proliférations d'algues et à des booms planctoniques assez fréquemment.



Photo : mare, à l'aval de la Dathée, recouverte d'une nappe phytoplanktonique.

Les apports en azote et phosphore sont d'origine diffuse, donc essentiellement agricole pour l'azote et du substrat pour le phosphore, voir étude N° 3, sur l'évaluation du flux entrant.

L'état eutrophe des eaux de la Dathée semble indiscutable. De nombreuses études basées sur le suivi de mesures ont donné un certain nombre de résultats. Voyons plus particulièrement ici, l'évolution de la retenue au cours de l'année.

L'hiver, l'influence des vents et des pluies uniformise la température par retournement du lac. Les concentrations en nitrates sont fortes mais les conditions ne sont pas favorables à

l'eutrophisation. Voir figure N° 14. /

Au mois de mai le gradient est toujours constant sur toute la retenue. Dès le mois de juin on assiste à une stratification thermique et chimique. La fermentation au fond va s'accroître avec l'élévation de la température. En surface, la photosynthèse due à un fort éclaircissement, donne lieu à la production d'oxygène. L'épilimnion ou zone oxygénée, apparaît.

On peut néanmoins assister au printemps et au début de l'été, à des booms planctoniques, quand les conditions sont favorables, prolifération de *Microcystis* par exemple.



Photo : développement de *Microcystis* sur la Dathée,  
( mi - juillet ).

Dans le courant du mois de juillet, la stratification devient alors prononcée. Les zones trophogène et tropholytique apparaissent. Au fond on a, en effet, un épuisement en oxygène, et en surface des sursaturations qui favorisent la production de biomasse. Voir figure N° 15.

Au mois d'août, le réchauffement est intense, la zone tro-

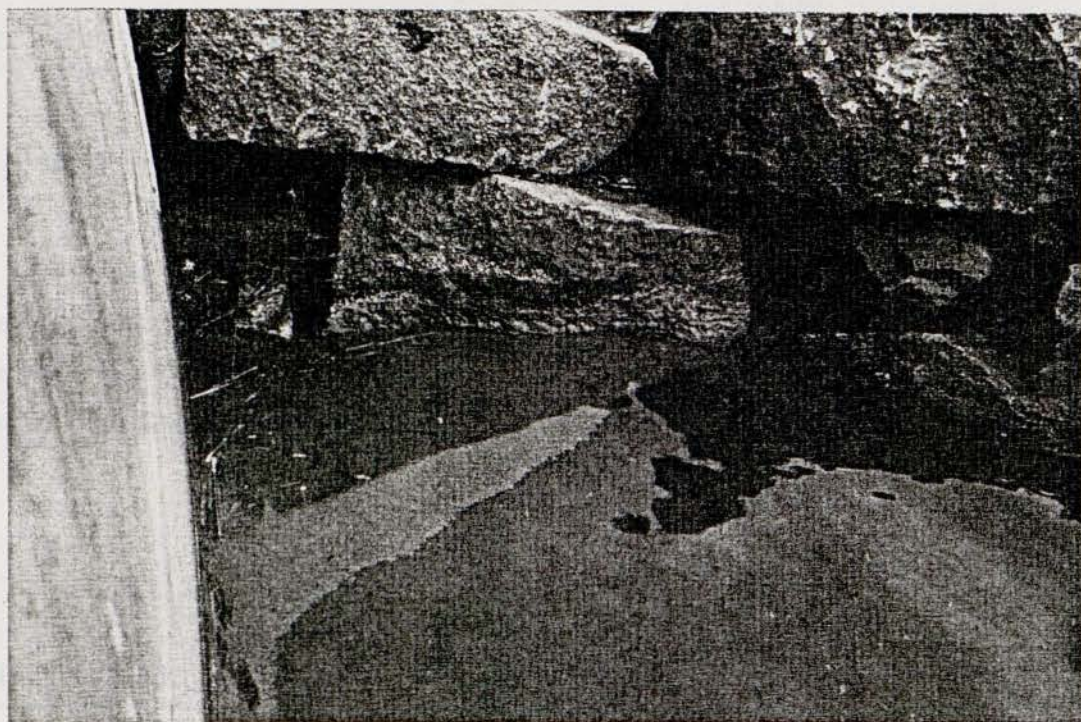


Photo : mi - juillet, la Dathée.  
Microcystis formant fleurs d'eau.



Photo : Cyanophycées  
bleues

Cyanophycées  
Microcystis



FIGURE N ° 14 : La retenue, L' HIVER. *(fin d'Hiver)*

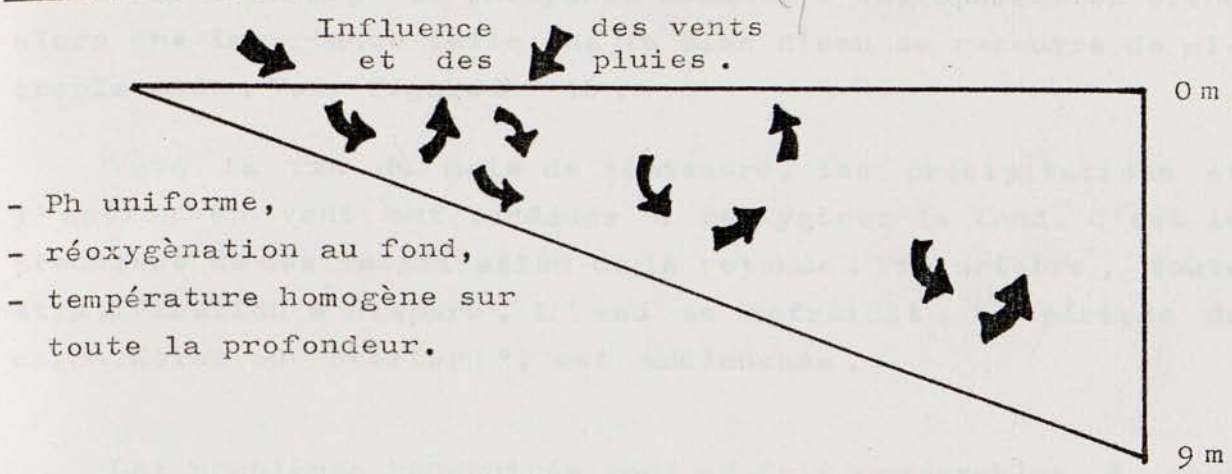


FIGURE N ° 15 : La retenue, AU PRINTEMPS. ( jusqu'à juin )

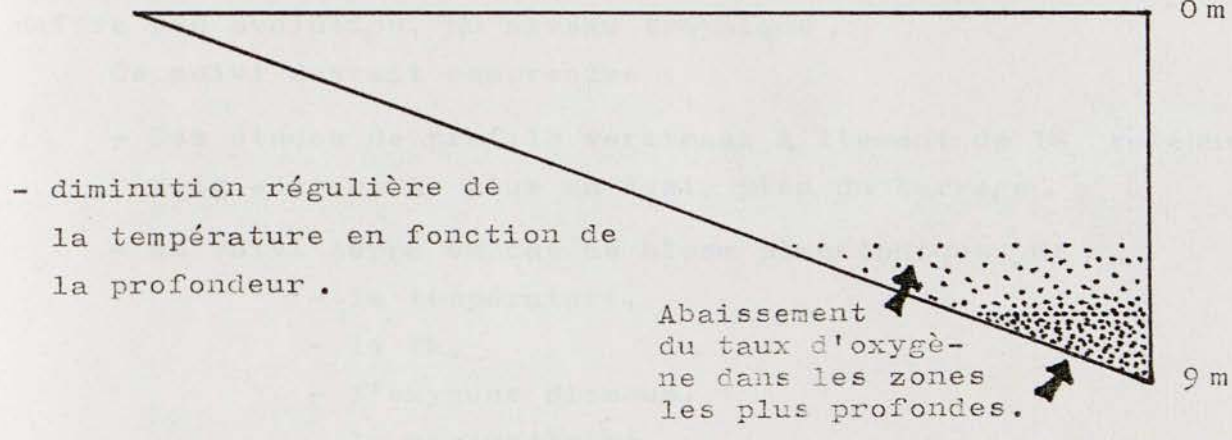
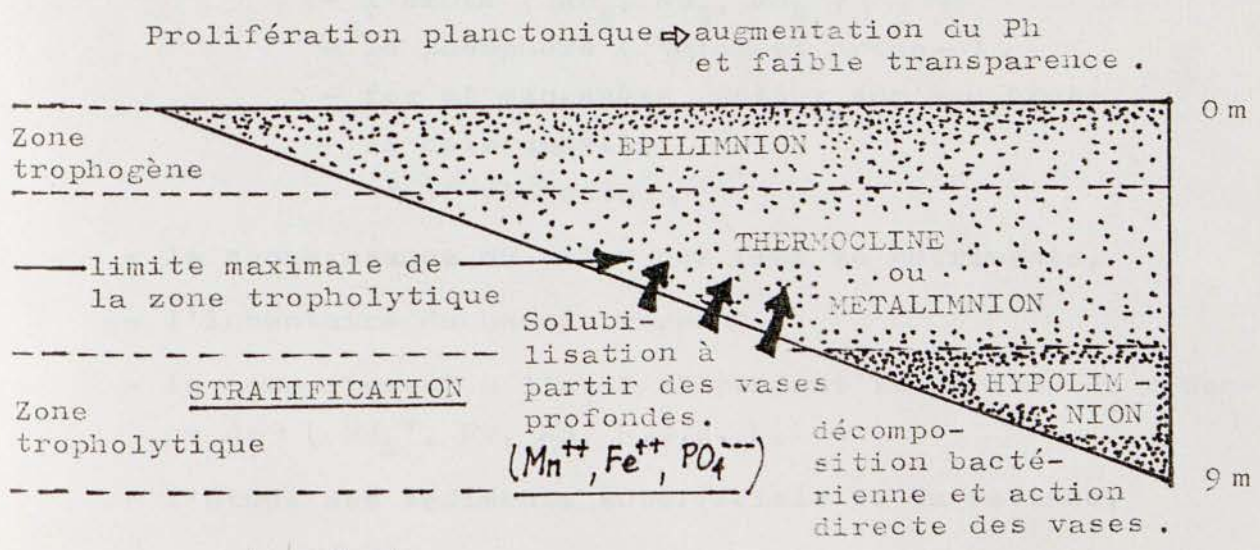


FIGURE N ° 16 : La retenue, DE JUIN A SEPTEMBRE.



*Manque 2 h' de jours début d'Hiver / arrivée des crues*

pholytique gagne sur l'épilimnion. Les concentrations en nitrates et le relargage du phosphore aidant, l'eutrophisation prend alors une importance telle que le plan d'eau se recouvre de microplancton. Voir figure N° 16.

Vers la fin du mois de septembre, les précipitations et l'action du vent ont tendance à réoxygéner le fond. C'est le processus de déstratification de la retenue. Fin octobre, toute stratification a disparu. L'eau se refroidit. La période de circulation ou "overtun", est enclenchée.

Les problèmes rencontrés sont en fait comparables à ceux rencontrés dans la majorité des retenues récentes artificielles et de faible profondeur.

Un suivi régulier de la retenue est indispensable pour connaître son évolution, au niveau trophique.

Ce suivi devrait comprendre :

- Des études de profils verticaux à l'amont de la retenue mais surtout le plus en aval, pied du barrage.
- un suivi serré en cas de bloom planctonique, de :
  - la température,
  - le Ph,
  - l'oxygène dissous,
  - la conductivité,
  - les matières en suspension,
  - l'azote (  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ),
  - le phosphore ( total et ortho - ),
  - fer et manganèse totaux sur eau brute,
  - la chlorophylle,
  - et le plancton ,
- la connaissance du bilan des flux en nutriments,
- l'inventaire du bassin versant,
- le comportement à l'aval et pendant la période de vidange de : (  $\text{NH}_4^+$ , Fe, Mn, M.D.S. ),
- l'étude des sédiments superficiels de la retenue,

- des campagnes d'hydrobiologie,
- et la gestion fine de la retenue ( connaissance des débits entrants et sortants ).

Espérons que si ces études n'ont pas été prévues dès la construction du barrage, elles le soient pour les futures retenues. Le barrage de la Dathée peut donc servir d'exemple pour rechercher une méthodologie d'étude des barrages réservoirs qui permettrait, dans l'avenir, de commettre moins d'erreurs.

Pour la Dathée, la fonction de base de loisirs semble dépasser les deux autres, du fait de leurs incompatibilités, le soutien du débit d'étiage viderait en effet une partie de la retenue, alors pour les activités touristiques...

Certaines mesures compensatoires semblent néanmoins indispensables, tant au niveau de l'aménagement du plan d'eau qu'au niveau du bassin versant :

- Modification du déversement de l'eau de la retenue, qui ne devrait pas seulement s'effectuer par surverse, mais en coordonnant les débits de la vanne intermédiaire et de la vanne de fond,
- réalisation d'un ouvrage de rétention des sédiments en queue de retenue, pour éviter la dispersion des vases dans tout le plan d'eau,
- réalisation d'une passe à poisson,
- maintien des talus, haies du bassin versant nécessaires à la rétention des sols et de l'eau,
- contrôle des foyers ponctuels de pollution,
- et établissement d'un périmètre de protection autour de la retenue.

ETUDE N° 3 : LA RETENUE DE LA DATHEE .

Evaluation des apports en nutriments  
et de l'état trophique .

## EVALUATION DES APPORTS EN NUTRIMENTS ET DU NIVEAU TROPHIQUE DE LA RETENUE DE LA DATHEE .

Cette étude a pour but , dans un premier temps, d'évaluer les flux annuels des apports en nutriments ( azote et phosphore) et dans un deuxième temps, l'évaluation de l'état trophique de la retenue à l'aide du diagramme de Vollenweider, en ne considérant que la charge entrant dans la retenue de la Dathée, sous forme dissoute .

L'évaluation des quantités d'apports en sels nutritifs sera faite pour chaque bras de la rivière amont, constituant les deux seuls pôles d'entrée dans la retenue. Les différentes données sont les mesures faites par le S.R.A.E. de Basse-Normandie entre le 8 mars et le 18 octobre de l'année 1983, (ces mesures sont résumées dans les tableaux 10 et 11).

Le calcul du flux pour les nitrates sera basé sur le principe de corrélation débit/concentration. On a en effet remarqué que les concentrations en nitrates étaient dépendantes des valeurs de débits correspondantes. Il suffit alors d'ajuster, aux points représentant les mesures, une courbe concentration en fonction du débit qui respectera d'une part certaines hypothèses de base quant aux états limites et donnera d'autre part le meilleur coefficient de corrélation. On remarque que si cette loi est assez juste pour les nitrates, elle ne l'est pas pour les phosphates, nous serons donc obligés d'employer une autre méthode pour le flux entrant de phosphore .

Le tableau 12 nous donne les valeurs retenues pour l'ajustement des courbes. Ces dernières sont alors évaluées et écrites sous forme analytique, ( courbes 1 et 2 ).

A partir de ces lois correspondantes ainsi établies, on peut calculer le flux à partir du seul débit connu en continu, tableaux 14 et 15. Les valeurs des flux journaliers sont alors répertoriées mensuellement puis annuellement dans le tableau 13, et ce, pour chaque bras amont de la Dathée .

$$F_{\text{annuel}} = \sum_{i=1}^{365} F_i$$

TABLEAU N°10: Données concernant la Dathée 1.

Secteur	Dathée 1									
Rivière										
n° ordre										
Mois	Mars	Mars	Avril	Avril	Mai	Mai	Juin	Octobre	Octobre	
Jour	8	22	5	19	2	31	20	4	18	
Heure	11 <sup>h</sup> 40	14 <sup>h</sup> 10	11 <sup>h</sup> 10	12 <sup>h</sup> 00	11 <sup>h</sup> 45	11 <sup>h</sup> 20	11 <sup>h</sup> 50	12 <sup>h</sup> 00	11 <sup>h</sup> 55	
t° air										
t° eau						12.0				
pH						7.5				
Cond. 20°						85				
M.E.S.T.	7	12	51	9.1	9	12	7.6	6.4	18	
D.B.O. 5 jours						2.0				
D.C.O.										
Oxydabilité	1.7	4.2	7.0	2.0	5.2	2.6	1.2	2.2	6.2	
Azote Kjeldahl										
O <sub>2</sub> dissous						10.3				
Saturation										
Ca <sup>++</sup>										
Mg <sup>++</sup>										
Na <sup>+</sup>										
K <sup>+</sup>										
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.06	0.07	0.09	0.06	0.09	0.02	0.03			
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>										
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>										
Cl <sup>-</sup>										
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>										
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	13.5	11	6.6	12	8.6	12	12	11	9.3	
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0.08	0.08	0.08	0.03	0.07	0.03	0.06	0.06	0.05	
Débit	0.290	0.280	1.008	0.400	0.331	0.330	0.089	0.050	0.065	

TABLEAU N°11: Données concernant la Dathée 2.

Secteur	Dathée 2									
Rivière										
n° ordre										
Mois	Mars	Mars	Avril	Avril	Mai	Mai	Juin	Octobre	Octobre	
Jour	8	22	5	19	2	31	20	4	18	
Heure	11 <sup>h</sup> 45	14 <sup>h</sup> 15	11 <sup>h</sup> 45	12 <sup>h</sup> 20	11 <sup>h</sup> 50	11 <sup>h</sup> 40	11 <sup>h</sup> 55	12 <sup>h</sup> 05	12 <sup>h</sup> 00	
t° air										
t° eau						12				
pH						7.6				
Cond. 20°						86				
M.E.S.T.	13	20	52	15	17	3.1	17	21	137	
D.B.O. 5 jours						2.1				
D.C.O.										
Oxydabilité	2.1	4.5	6.7	2.2	5.4	3.9	1.4	3.2	10	
Azote Kjeldahl										
O <sub>2</sub> dissous						10.3				
Saturation										
Ca <sup>++</sup>										
Mg <sup>++</sup>										
Na <sup>+</sup>										
K <sup>+</sup>										
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.07	0.07	0.16	0.05	0.07	0.05	0.02			
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>										
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>										
Cl <sup>-</sup>										
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>										
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	13.9	11	8.8	12	9.7	13	13	11	10	
PO <sub>4</sub> <sup>----</sup>	0.08	0.08	0.11	0.04	0.07	0.03	0.06	0.07	0.05	
Débit	0.265	0.250	0.366	0.294	0.258	0.117	0.181	0.089	0.139	

TABLEAU N °42: Concentrations et débits - S.R.A.E. 1983

Date	Dathée 1			Dathée 2		
	Q <sub>1</sub> m <sup>3</sup> /s	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg / l)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> (mg / l)	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /s	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg / l)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> (mg / l)
08.03.83	0,290	13,5	0,08	0,256	13,9	0,08
22.03.83	0,280	11	0,08	0,250	11	0,08
05.04.83	1,008	6,6	0,08	0,366	8,8	0,11
19.04.83	0,400	12	0,03	0,294	12	0,04
02.05.83	0,331	8,6	0,07	0,258	9,7	0,07
31.05.83	0,117	13	0,03	0,330	12	0,03
20.06.83	0,089	12	0,06	0,181	13	0,06
04.10.83	0,050	11	0,06	0,089	11	0,07
18.10.83	0,065	12	0,05	0,139	10	0,05

TABLEAU N °43: Calcul des flux de nitrates ( apports ).

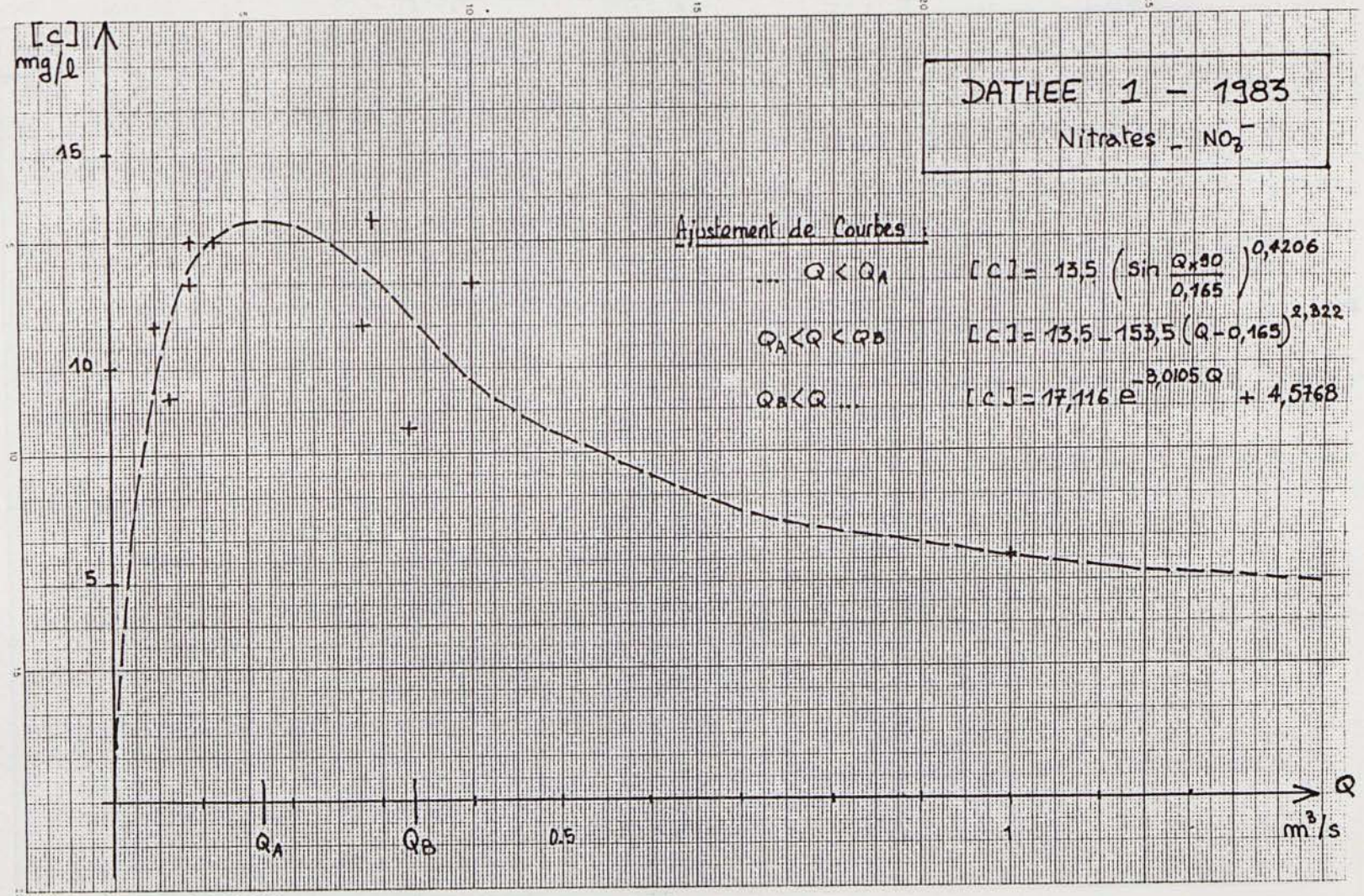
Date	Dathée 1		Dathée 2	
	Flux mensuel	moyenne par jour	Flux mensuel	moyenne par jour
Janvier	10,95 t	0,353 t	9,14 t	0,295 t
Février	10,00 t	0,357 t	8,42 t	0,301 t
Mars	9,98 t	0,322 t	8,73 t	0,282 t
Avril	10,90 t	0,363 t	8,83 t	0,295 t
Mai	10,64 t	0,343 t	9,29 t	0,300 t
Juin	4,36 t	0,145 t	5,34 t	0,178 t
Juillet	3,11 t	0,100 t	2,55 t	0,082 t
Août	4,82 t	0,156 t	1,80 t	0,058 t
Septembre	2,21 t	0,074 t	2,75 t	0,092 t
Octobre	1,72 t	0,056 t	3,40 t	0,110 t
Novembre	2,65 t	0,088 t	4,06 t	0,135 t
Décembre	6,39 t	0,206 t	8,81 t	0,284 t
TOTAL =	77,73 t/an		73,12 t/an	



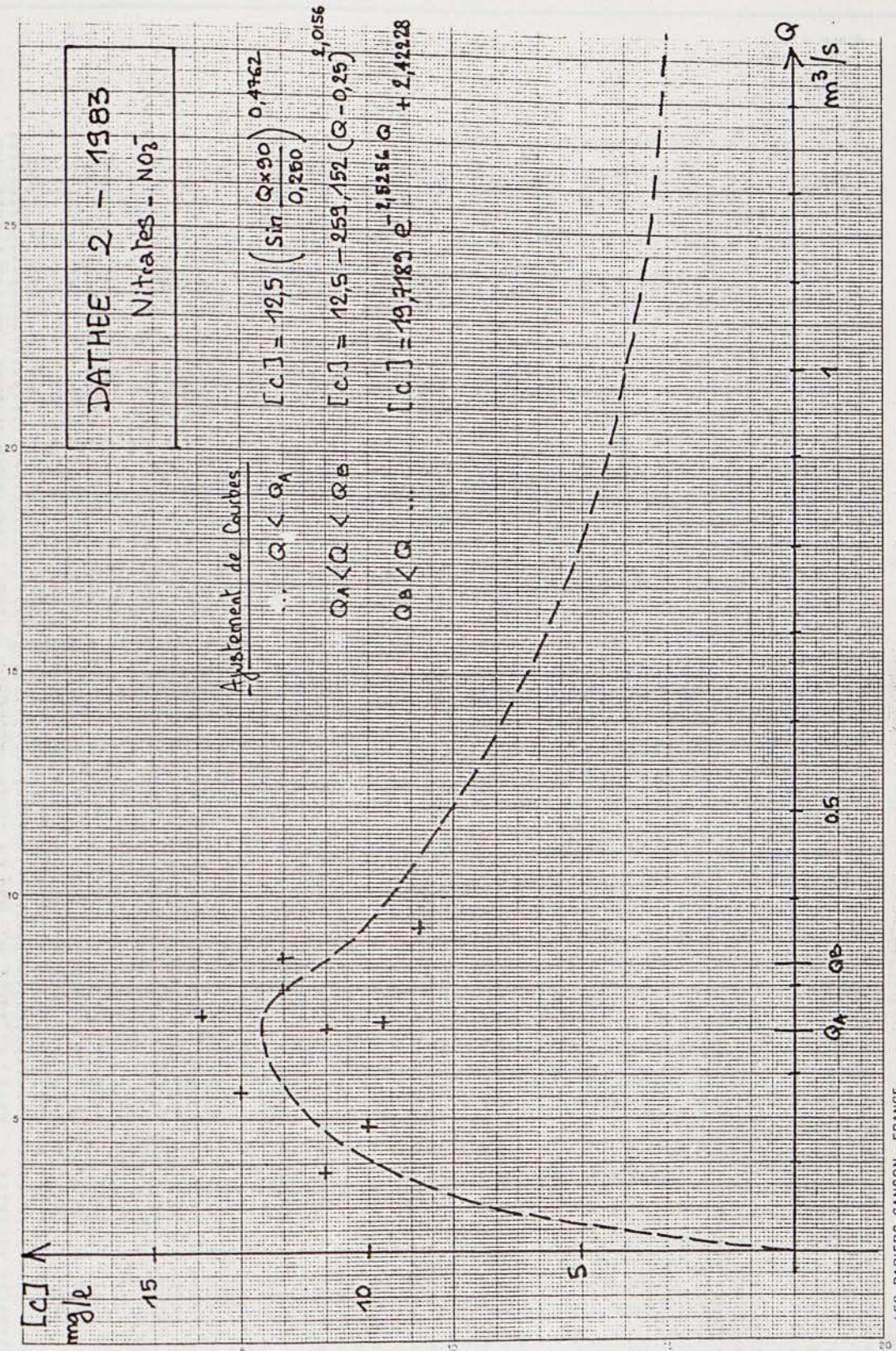
DATHEE 1 - 1983  
Nitrates -  $\text{NO}_3^-$

Ajustement de Courbes :

$Q < Q_A$        $[C] = 13,5 \left( \sin \frac{Q+90}{0,165} \right)^{0,4206}$   
 $Q_A < Q < Q_B$        $[C] = 13,5 - 153,5 (Q - 0,165)^{2,322}$   
 $Q_B < Q \dots$        $[C] = 17,116 e^{-3,0105 Q} + 4,5768$



COURBE N° 2 : Ajustement de la concentration en  $\text{NO}_3^-$  en fonction du débit ; Dathée 2.



LES PAPIERS CANGON - FRANCE

SURFACE DU BASSIN VERSANT NATUREL 21,5KM2  
 ALTITUDE DU ZERO DE L ECHELLE 162,80METRES N.G.F  
 STATION ARTIFICIELLE CODE CONTROLE 2  
 EQUIPEMENT LIMNIGRAPHE A FLOTTEUR  
 MISE EN SERVICE STATION 1982 LIMNIGRAPHE 1982

MINISTERE DE L AGRICULTURE  
 NUMERO CODE HYDROLOGIQUE 9501  
 COURS D EAU DATHEE 1  
 STATION SAINT MANVIEU BOGAGE  
 CODE COMMUNE 14611

ANNEE 1983

DEBITS MOYENS JOURNALIERS EN M3/S

JOUR	JANVIER	FEBVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMB.	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	
1	,570	,685	,425	,467	,446	,242	,114	,065	,046	,050	,047	,154	
2	,645	,515	,437	,555	,377	,226	,110	,074	,048	,052	,047	,140	
3	,630	,605	,413	,495	,280	,201	,110	,064	,053	,049	,047	,131	
4	,595	,482	,406	,560	,386	,145	,110	,060	,062	,050	,047	,130	
5	,755	,570	,370	1,14	,303	,110	,128	,060	,063	,048	,046	,130	
6	,600	,615	,355	,755	,368	,078	,130	,060	,052	,046	,045	,130	
7	,600	,520	,355	,725	,305	,059	,117	,060	,050	,045	,045	,114	
8	,535	,345	,341	,790	,325	,148	,110	,060	,050	,045	,048	,110	
9	,520	,525	,292	,765	,303	,150	,105	,060	,054	,045	,045	,198	
10	,575	,500	,283	,720	,352	,140	,101	,060	,102	,046	,046	,358	
11	,540	,490	,269	,685	,705	,130	,099	,060	,081	,040	,046	,144	
12	,535	,479	,255	,620	,710	,135	,090	,060	,066	,040	,046	,130	
13	,555	,468	,255	,575	,605	,139	,090	,060	,062	,046	,046	,130	
14	,533	,453	,303	,525	,560	,125	,090	,060	,097	,049	,045	,130	
15	,559	,426	,364	,473	,525	,116	,090	,060	,092	,094	,046	,201	
16	,355	,406	,263	,447	,545	,110	,090	,060	,093	,280	,045	,159	
17	,355	,390	,277	,468	,575	,104	,089	,059	,059	,163	,045	,142	
18	,355	,375	,276	,625	,725	,110	,090	,060	,174	,066	,045	,146	
19	,355	,374	,291	,438	,585	,110	,086	,057	,168	,062	,045	,168	
20	,355	,381	,272	,446	,530	,117	,088	,058	,071	,057	,045	,187	
21	,355	,370	,256	,401	,505	,127	,089	,056	,174	,049	,045	,170	
22	,355	,338	,290	,359	,471	,130	,090	,089	,085	,046	,042	,268	
23	,355	,343	,565	,335	,460	,137	,090	,060	,063	,047	,044	,312	
24	,355	,476	,465	,318	,450	,133	,090	,060	,059	,046	,047	,234	
25	,355	,710	,360	,317	,409	,130	,090	,060	,055	,045	,120	,216	
26	,355	,595	,398	,304	,378	,130	,082	,060	,052	,046	,535	,292	
27	,355	,590	,550	,302	,342	,130	,070	,060	,051	,047	,920	,219	
28	,352	,472	,417	,315	,306	,121	,074	,060	,050	,047	,298	,217	
29	,436		,356	,304	,291	,120	,070	,060	,050	,051	,246	,217	
30	,650		,500	,393	,262	,126	,068	,058	,050	,048	,188	,217	
31	,720		,407		,238		,063	,049		,050		,217	
QJMM	1,47	1,47	,955	2,02	1,17	,460	,217	,130	,460	,740	1,75	,670	
VALEURS MENSUELLES ET ANNUELLES													
QARS	,423	,491	,359	,520	,439	,133	,094	,061	,075	,061	,113	,164	,250
QSPE	22,5	22,9	16,6	24,2	20,4	6,15	4,37	2,85	3,48	2,34	5,25	8,55	11,6
MM	60,3	55,5	44,6	63,0	54,5	16,0	11,7	7,60	9,00	7,60	13,7	23,0	36,6

DIVERS  
 DEBIT MAXIMUM CONNU POUR L ANNEE 2,02 POUR UNE HAUTEUR DE ,58  
 TYPE DES INFLUENCES AMONT ?  
 STATION EXPLIQUÉE PAR LE SPAE 6

TABLEAU N°14: Valeurs des débits journaliers pour l'année 1983 - Dathee 1.

SURFACE DU BASSIN VERSANT NATUREL 21,5KM2  
 ALTITUDE DU ZERO DE L ECHELLE 162,72METRES N.G.F  
 STATION ARTIFICIELLE CODE CONTROLE 2  
 EQUIPEMENT LIMNIGRAPH A FLOTTEUR  
 MISE EN SERVICE STATION 1982 LIMNIGRAPH 1982

MINISTERE DE L AGRICULTURE  
 NUMERO CODE HYDPOLOGIQUE 9501303  
 COURS D EAU DATHEE 2  
 STATION SAINT MANVIEU BOCCAGE  
 CODE COMMUNE 14611

ANNEE 1983

DEBITS MOYENS JOURNALIERS EN M3/S

TABLEAU N°15 : Valeurs des débits journaliers pour l'année 1983 - Dathee 2.

JOUR	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMB.	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
1	,376	,382	,293	,277	,284	,239	,129	,085	,053	,099	,125	,240
2	,391	,330	,292	,304	,265	,223	,118	,095	,049	,100	,127	,240
3	,380	,348	,292	,298	,240	,214	,118	,100	,063	,098	,124	,240
4	,377	,319	,283	,315	,287	,214	,116	,095	,078	,085	,117	,240
5	,421	,338	,272	,486	,261	,214	,130	,090	,085	,085	,118	,240
6	,371	,350	,261	,367	,262	,214	,127	,086	,068	,076	,118	,240
7	,366	,338	,249	,363	,240	,213	,117	,085	,065	,071	,109	,235
8	,340	,329	,256	,359	,240	,194	,111	,085	,060	,072	,107	,223
9	,325	,321	,261	,356	,248	,187	,106	,085	,063	,077	,118	,251
10	,341	,317	,256	,339	,270	,187	,102	,079	,112	,082	,116	,313
11	,303	,307	,251	,324	,378	,187	,102	,072	,096	,096	,112	,251
12	,292	,297	,246	,318	,435	,187	,101	,076	,085	,098	,116	,240
13	,315	,289	,241	,310	,405	,187	,097	,080	,079	,086	,114	,240
14	,345	,283	,244	,302	,387	,187	,093	,084	,102	,099	,107	,240
15	,312	,277	,270	,293	,369	,176	,089	,085	,118	,151	,108	,282
16	,287	,271	,240	,282	,368	,161	,085	,085	,128	,252	,102	,265
17	,276	,265	,240	,269	,378	,158	,083	,084	,105	,214	,102	,253
18	,266	,254	,240	,329	,410	,156	,077	,065	,160	,161	,102	,249
19	,254	,249	,236	,264	,366	,149	,085	,059	,209	,162	,102	,253
20	,244	,253	,216	,283	,341	,142	,085	,070	,135	,161	,102	,265
21	,234	,247	,221	,271	,334	,137	,085	,071	,203	,154	,102	,264
22	,225	,240	,232	,265	,326	,135	,085	,102	,165	,131	,101	,281
23	,217	,246	,341	,256	,320	,162	,085	,071	,123	,126	,102	,308
24	,214	,286	,312	,244	,317	,170	,085	,068	,119	,125	,111	,286
25	,227	,321	,282	,238	,307	,155	,085	,067	,114	,134	,197	,278
26	,240	,376	,290	,226	,296	,148	,085	,063	,104	,128	,358	,309
27	,240	,323	,336	,224	,282	,141	,085	,058	,102	,119	,360	,292
28	,246	,325	,304	,240	,266	,136	,097	,054	,102	,118	,291	,278
29	,280		,280	,227	,251	,135	,101	,063	,102	,124	,276	,258
30	,354		,295	,255	,240	,135	,094	,063	,102	,123	,258	,250
31	,371		,266		,236		,086	,058		,119		,242
01MM	,560	,620	,500	,920	,740	,345	,161	,135	,292	,407	,680	,407

	VALEURS MENSUELLES												ET		ANNUELLES	
BASS	,504	,303	,268	,296	,310	,175	,098	,077	,105	,120	,147	,260	,205			
ASPE	14,2	14,1	12,5	13,8	14,4	8,15	4,57	3,58	4,88	5,60	6,80	12,1	9,50			
MM	37,9	34,1	33,4	35,7	38,6	21,1	12,2	9,60	12,6	15,0	17,7	32,3	300			

DIVERS  
 DEBIT MAXIMUM CONNU POUR L ANNEE ,920 POUR UNE HAUTEUR DE ,44  
 TYPE DES INFLUENCES AMONT 7  
 STATION EXPLICITEE PAR LE SRAE 6

avec  $F_i = C (Q_i) \times Q_i \times \Delta t$  où  $\Delta t = 86\,400 \text{ s}$ ,  
 $C$  en  $\text{t/m}^3$ ,  
 et  $Q$  en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

On obtient comme le résultat l'indique : 150,85 t/an en azote - nitrate. Donc 34,13 t/an en azote. Ramené à la superficie du bassin versant, 3235 ha, on obtient : 10,55 Kg/ha/an.

L'exactitude de ce résultat repose bien sûr, entièrement, sur la recherche au plus juste possible de l'ajustement de la courbe  $[\text{NO}_3^-] = f(Q)$ .

En précisant que la superficie du bassin versant se compose de : 275 ha d'espaces boisés,

105 ha de cultures,

170 ha de vergers et plantations,

2685 ha de prairies, on pourra comparer ce chiffre de 10,55 Kg/ha/an d'azote représentant la perte annuelle en nutriment azoté par hectare, avec ceux donnés dans pareils cas :

sols cultivés : 2 à 20 Kg/ha/an d'azote,

cultures intensives : 10 à 50 Kg/ha/an d'azote,

prairies et forêts : 0,3 à 3,5 Kg/ha/an d'azote,

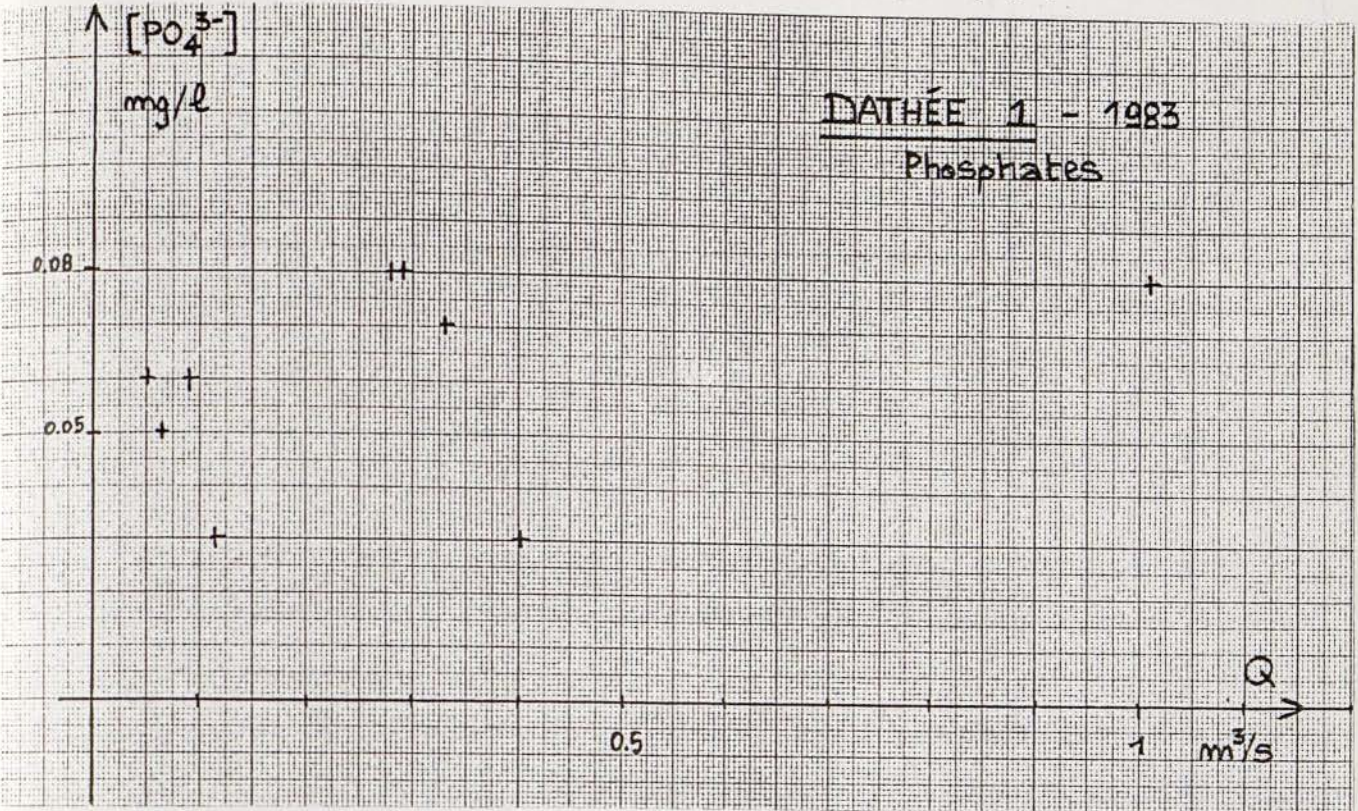
jachère : 20 à 90 Kg/ha/an d'azote.

Pour le phosphore, le problème est différent. D'une part on remarque, sur les courbes 3 et 4, que le nombre de points est insuffisant pour adopter une méthode d'ajustement, d'autre part on ne peut pas trouver de bonnes corrélations entre le débit et la concentration en phosphore.

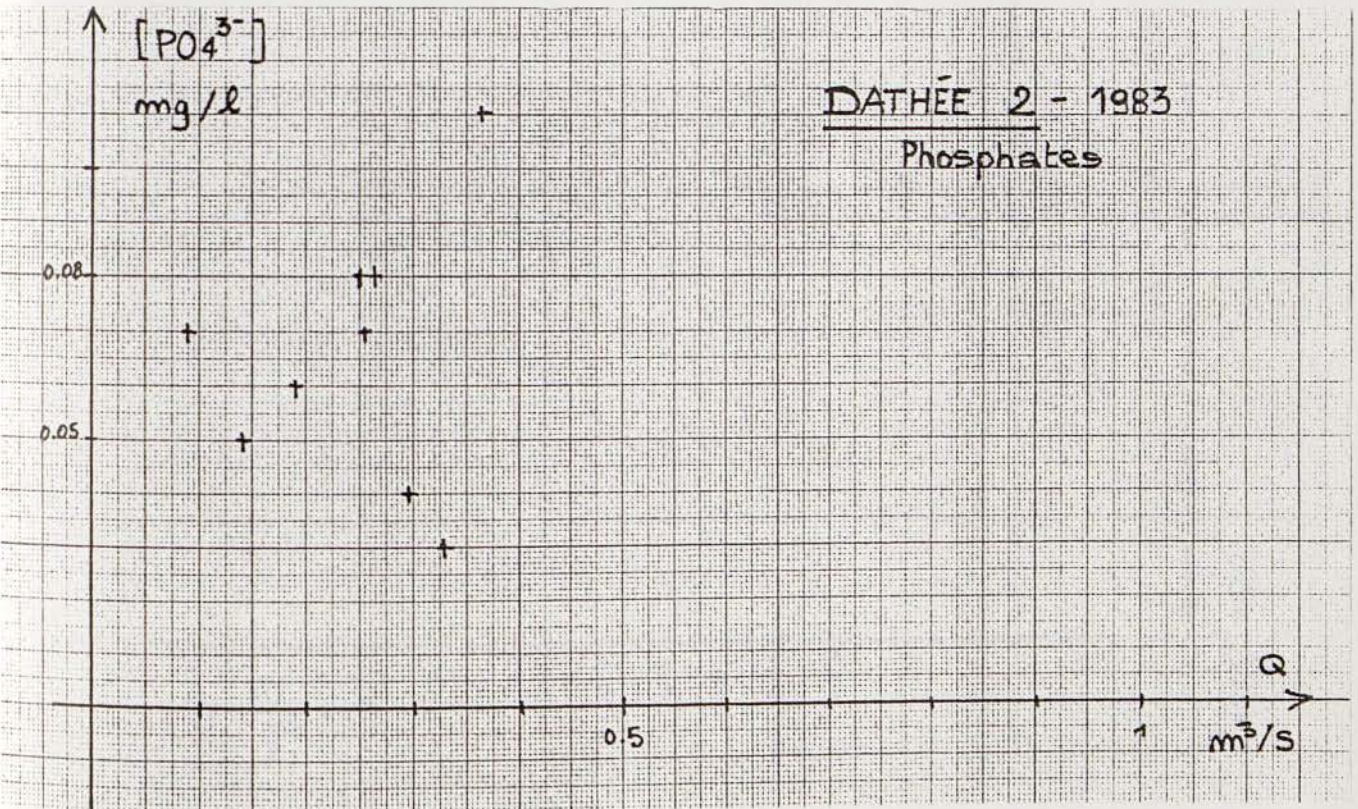
Pour le calcul du flux annuel d'apport en phosphore, nous avons simplement associé à chaque mesure représentée dans l'échelle temps, la valeur de la concentration en orthophosphate. Il nous a alors suffi, grâce à des hypothèses de base concernant les variations saisonnières de la concentration, de trouver la courbe qui représentera la meilleure corrélation avec les mesures, courbe N° 5.

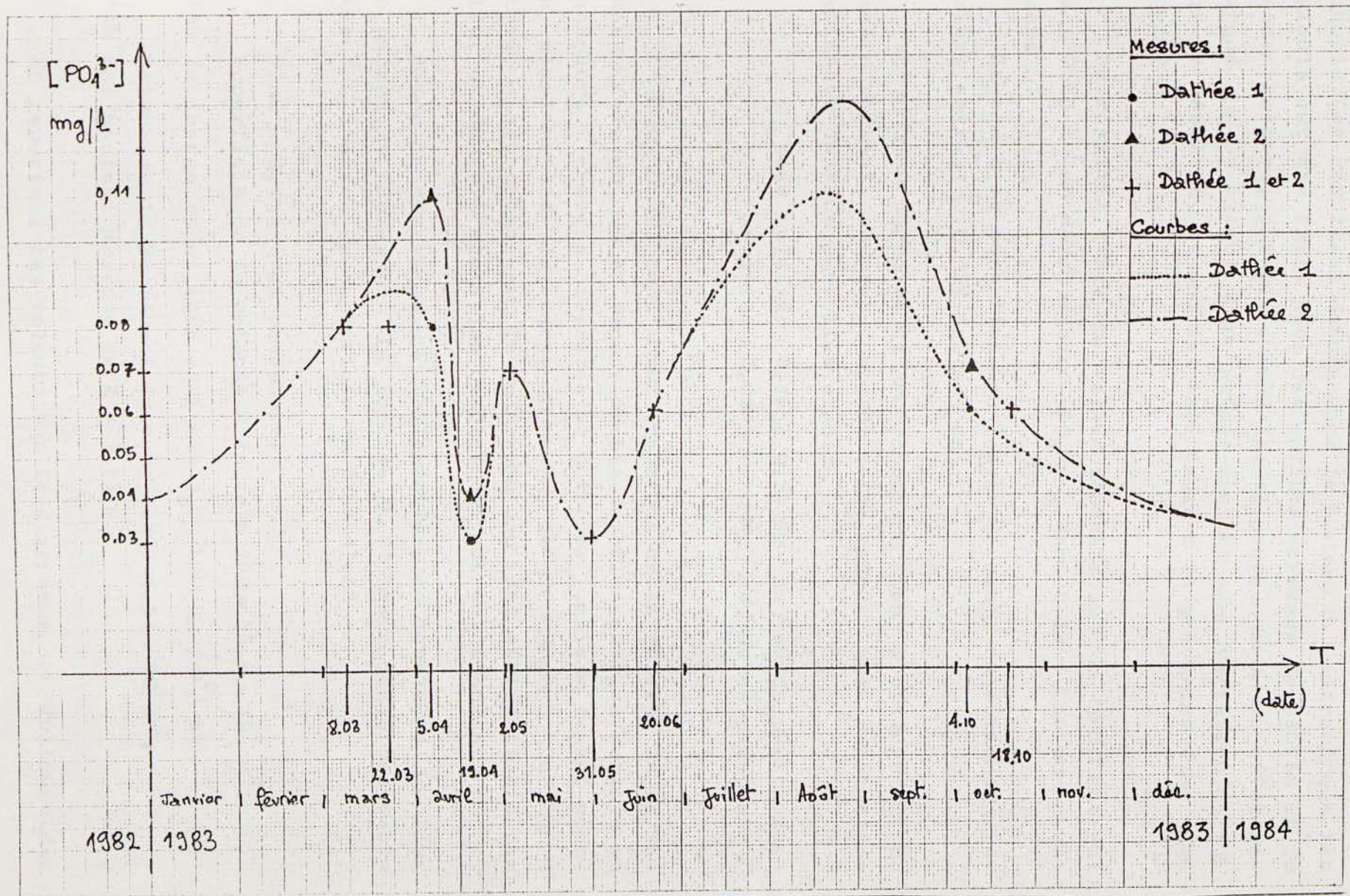
Associées aux seuls hydrogrammes de la Dathée 1 et de la

COURBE N° 3 : Essai d'ajustement de la concentration en  $PO_4^{3-}$  en fonction du débit - Dathée 1 - 1983 .



COURBE N° 4 : Essai d'ajustement de la concentration en  $PO_4^{3-}$  en fonction du débit - Dathée 2 - 1983 .





COURBE N°5 : Variation de  $[PO_4^{3-}]$  au cours de l'année 1983 .

Dathée 2, on peut alors calculer la valeur des flux mensuels et annuels. Les résultats donnés dans le tableau 16 montrent que les calculs ont été faits pour des valeurs moyennes de débits et de concentrations, calculées tous les 15 jours. On a en effet remarqué qu'un calcul plus précis donnait une variation de 5% sur le résultat, ce qui est inférieure à la précision de la courbe.

Le résultat donne une valeur annuelle du flux total entrant de : 0,85 t/an de phosphore -  $\text{PO}_4$ ---, donc 0,28 t/an de phosphore.

Ramené à la superficie du bassin versant, on obtient le résultat suivant : 0,088 Kg/ha/an.

L'origine urbaine de ce phosphore étant à exclure sur ce bassin versant, on peut comparer cette valeur aux fourchettes utilisées dans de pareilles études.

sols cultivés : 0,16 à 0,25 Kg/ha/an de phosphore,  
prairies : 0,02 à 0,20 Kg/ha/an de phosphore.

L'évaluation de l'état trophique de la retenue de la Dathée se fera non pas en tenant compte du bilan entrées/sorties en phosphore (charges dissoutes et internes), mais en tenant compte, simplement de la charge dissoute de phosphore. On fait ainsi l'hypothèse que le relargage par les sédiments n'a pas lieu, on donnera alors les conclusions qui en découlent.

Selon le diagramme de Vollenweider, on considère le flux en phosphore concernant la période du 15 mars au 15 septembre ramené à l'unité de superficie du plan d'eau.

Flux = 0,156 t de phosphore,

Superficie de la retenue à la cote 162 =  $38,6 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ ,

d'où la charge spécifique estivale  $q_s = 0,81 \text{ gr/m}^2/\text{an}$ .

Volume de la retenue à la cote 162 =  $1,51 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ,

d'où une hauteur moyenne de  $\bar{Z} = 3,91 \text{ m}$ .

En reportant ces valeurs sur le diagramme de Vollenweider



TABEAU N°16: Calcul du flux en phosphates ( apports ) .

Dathée 1				Dathée 2		
quinzaine / mois	Q <sub>1</sub> m <sup>3</sup> /s	PO <sub>4</sub> --- mg / l	Flux t /15 j	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /s	PO <sub>4</sub> --- mg / l	Flux t /15 j
1ère/01	0,600	0,040	0,0311	0,350	0,040	0,0181
2ème/01	0,360	0,045	0,0210	0,280	0,045	0,0163
1ère/02	0,550	0,054	0,0385	0,300	0,054	0,0210
2ème/02	0,380	0,065	0,0320	0,250	0,065	0,0211
1ère/03	0,300	0,075	0,0292	0,270	0,075	0,0262
2ème/03	0,300	0,087	0,0338	0,280	0,090	0,0327
1ère/04	0,650	0,087	0,0733	0,350	0,160	0,0726
2ème/04	0,350	0,035	0,0159	0,230	0,050	0,0149
1ère/05	0,380	0,070	0,0345	0,300	0,070	0,0272
2ème/05	0,400	0,045	0,0233	0,330	0,045	0,0192
1ère/06	0,150	0,030	0,0058	0,200	0,030	0,0078
2ème/06	0,130	0,045	0,0076	0,150	0,045	0,0087
1ère/07	0,100	0,075	0,0097	0,100	0,075	0,0097
2ème/07	0,090	0,090	0,0105	0,085	0,090	0,0099
1ère/08	0,060	0,100	0,0078	0,085	0,110	0,0121
2ème/08	0,060	0,110	0,0086	0,070	0,125	0,0113
1ère/09	0,060	0,100	0,0078	0,080	0,125	0,0130
2ème/09	0,060	0,082	0,0064	0,120	0,105	0,0163
1ère/10	0,045	0,060	0,0035	0,090	0,070	0,0082
2ème/10	0,060	0,055	0,0043	0,130	0,060	0,0101
1ère/11	0,045	0,045	0,0026	0,110	0,050	0,0071
2ème/11	0,170	0,040	0,0088	0,180	0,043	0,0100
1ère/12	0,150	0,037	0,0072	0,240	0,038	0,0118
2ème/12	0,250	0,032	0,0104	0,260	0,032	0,0108
TOTAL = ( en t/ an )			0,4336			0,4161

on obtient une droite horizontale à laquelle on associe les débits limites de chaque zone, figure 17.

Zone eutrophe  $Q < Q_1 = 180 \text{ l/s}$ ,

Zone oligotrophe  $Q > Q_2 = 450 \text{ l/s}$ .

On peut ainsi remarquer qu'actuellement, malgré le débit prescrit dans le cahier d'exploitation du barrage, qui est de 200 l/s, le débit de cette période se trouve sans doute dans la zone limite dangereuse ( 180 l/s ), du moins pour le débit de la période de basses eaux.

En évitant à tous prix le relargage par les sédiments de la charge interne en phosphore, et en maintenant un débit suffisant, on pourrait ralentir le processus d'eutrophisation, ou du moins en diminuer l'importance.

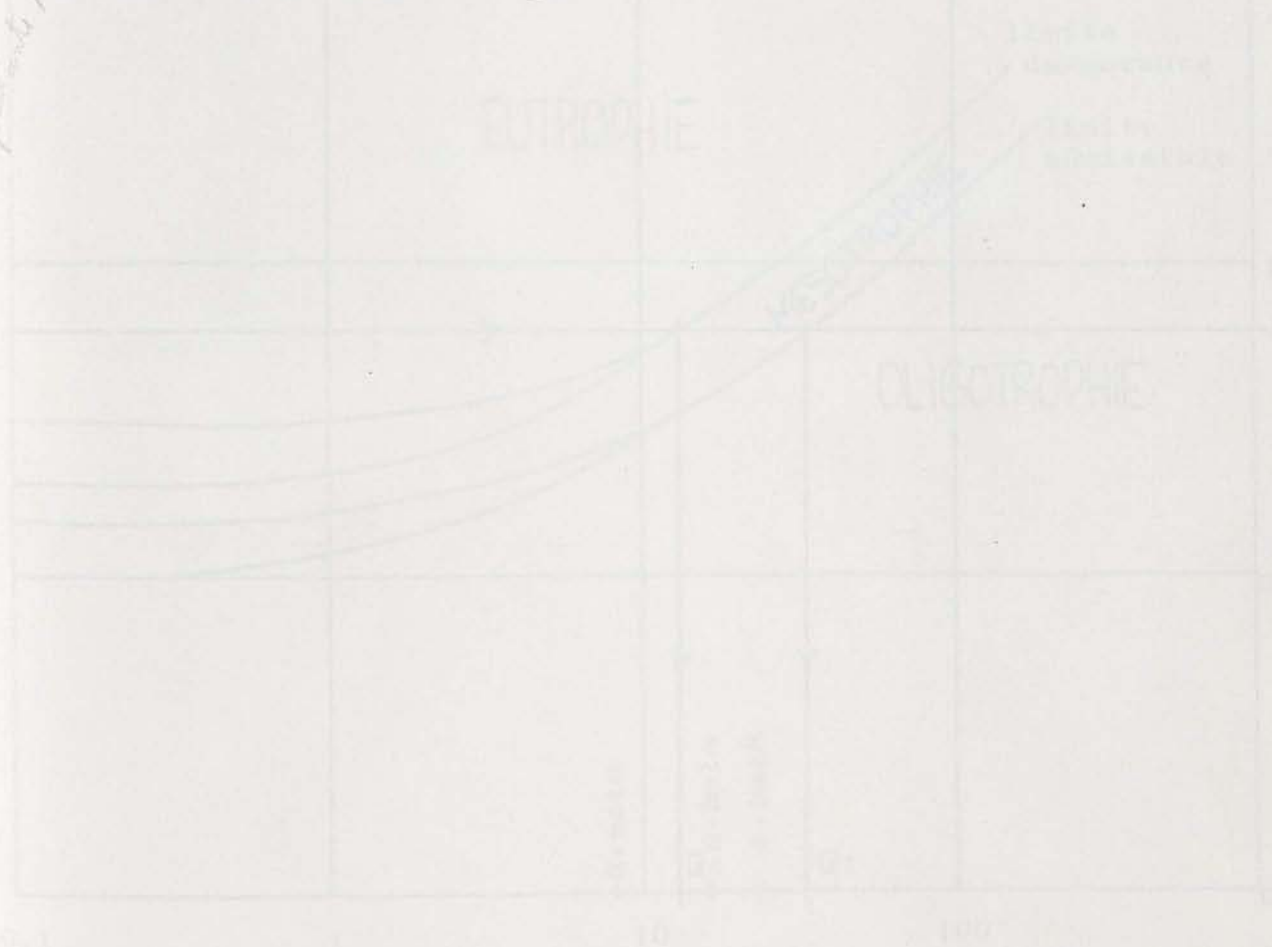
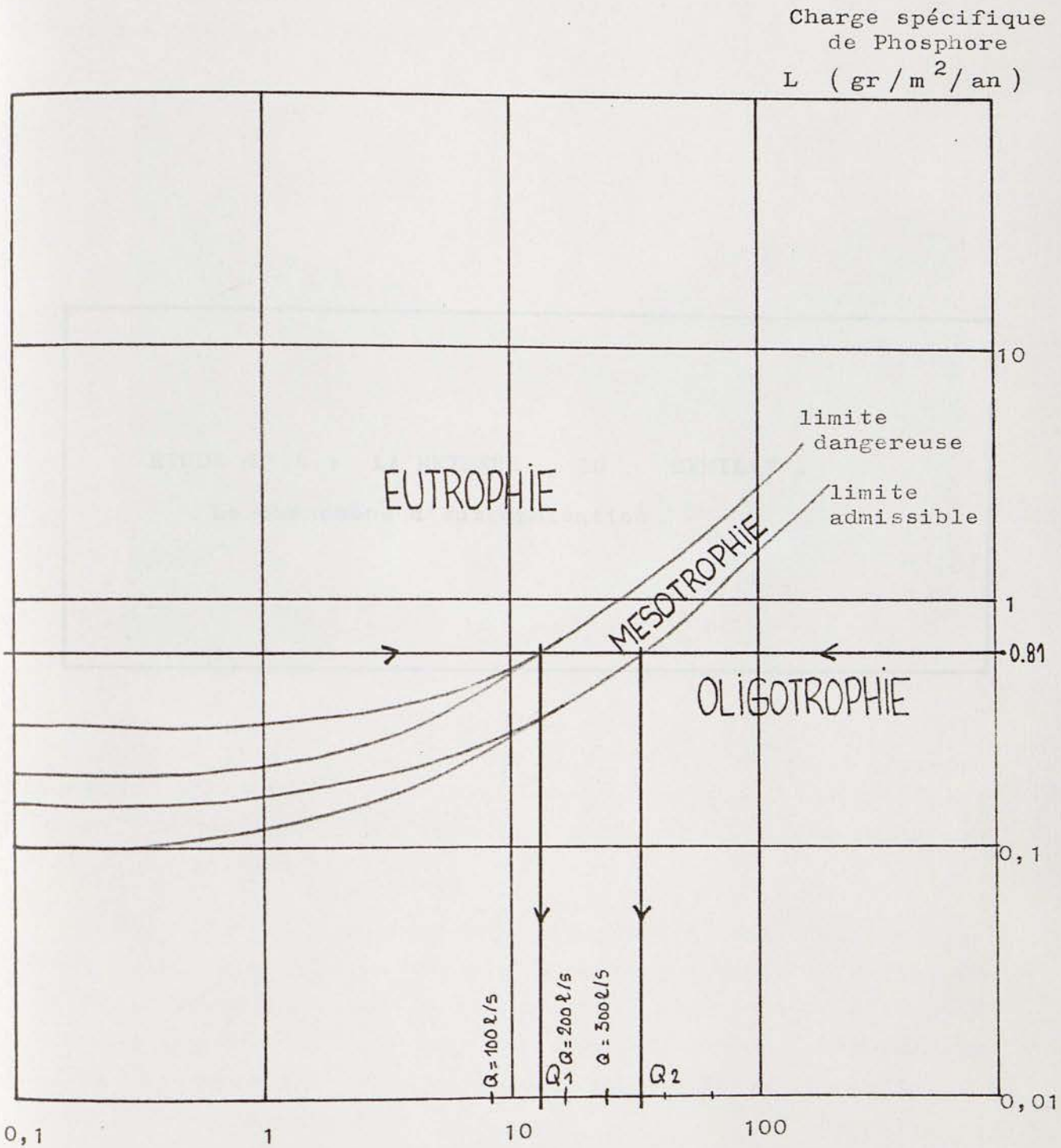


FIGURE N°17 : DIAGRAMME DE VOLLENWEIDER.

Etude de cas concernant la retenue de la Dathée.



Débit spécifique = Profondeur moyenne / Temps de rétention  
( en m / an )

$$q_s = \frac{\bar{z}}{t_w}$$

Depuis 1952, date de construction du barrage, la retenue de Semilly assure au département de l'Yonne un approvisionnement en eau potable de la ville de Y<sup>1</sup> 10.

#### ETUDE N ° 4 : LA RETENUE DU SEMILLY .

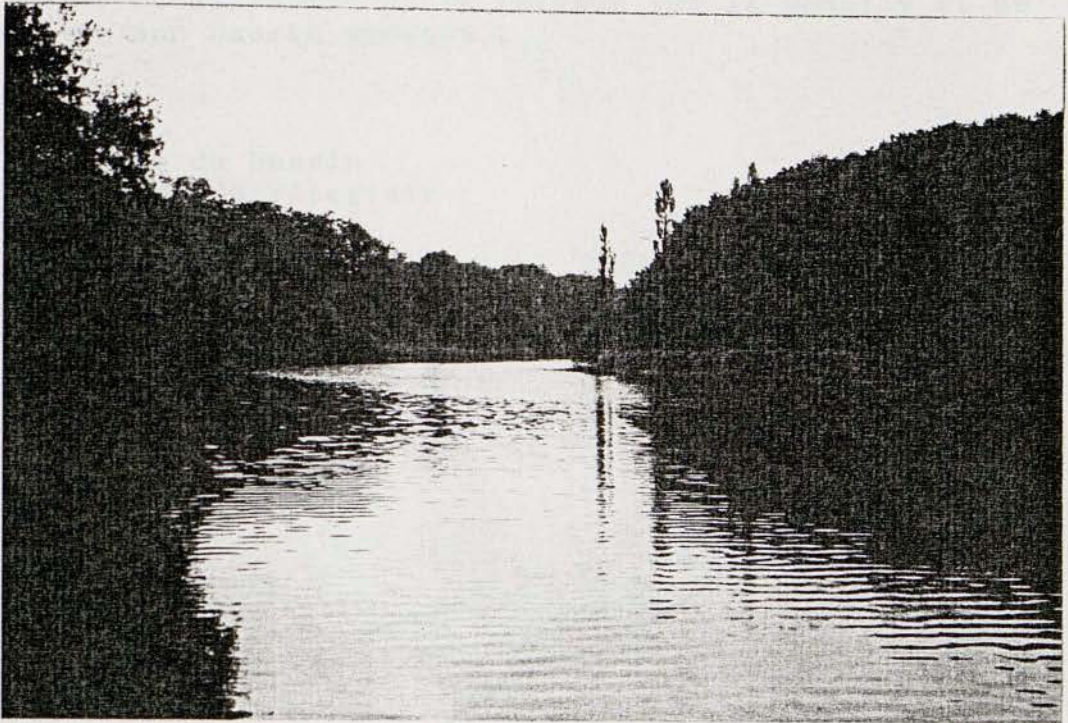
Le phénomène d'eutrophisation .

Ces dernières années ont été marquées par une dégradation de la qualité de l'eau de la retenue de Semilly, due à l'augmentation de la charge organique et minérale apportée par les effluents des stations de traitement des eaux de la région de Y<sup>1</sup> 10.

Depuis 1975 les problèmes de pollution de la retenue de Semilly ont été aggravés par l'augmentation de la charge organique et minérale apportée par les effluents des stations de traitement des eaux de la région de Y<sup>1</sup> 10.

La situation de la retenue de Semilly est caractérisée par une dégradation de la qualité de l'eau, due à l'augmentation de la charge organique et minérale apportée par les effluents des stations de traitement des eaux de la région de Y<sup>1</sup> 10.

Depuis 1962, date de construction du barrage, la retenue du Sémilly assure sa fonction de réservoir d'alimentation en eau potable de la ville de S<sup>t</sup> Lô.



Comme toutes les retenues de cette région, on a remarqué quelques années après sa construction, une évolution de l'état trophique des eaux, conséquence de l'impact sur les caractéristiques du milieu.

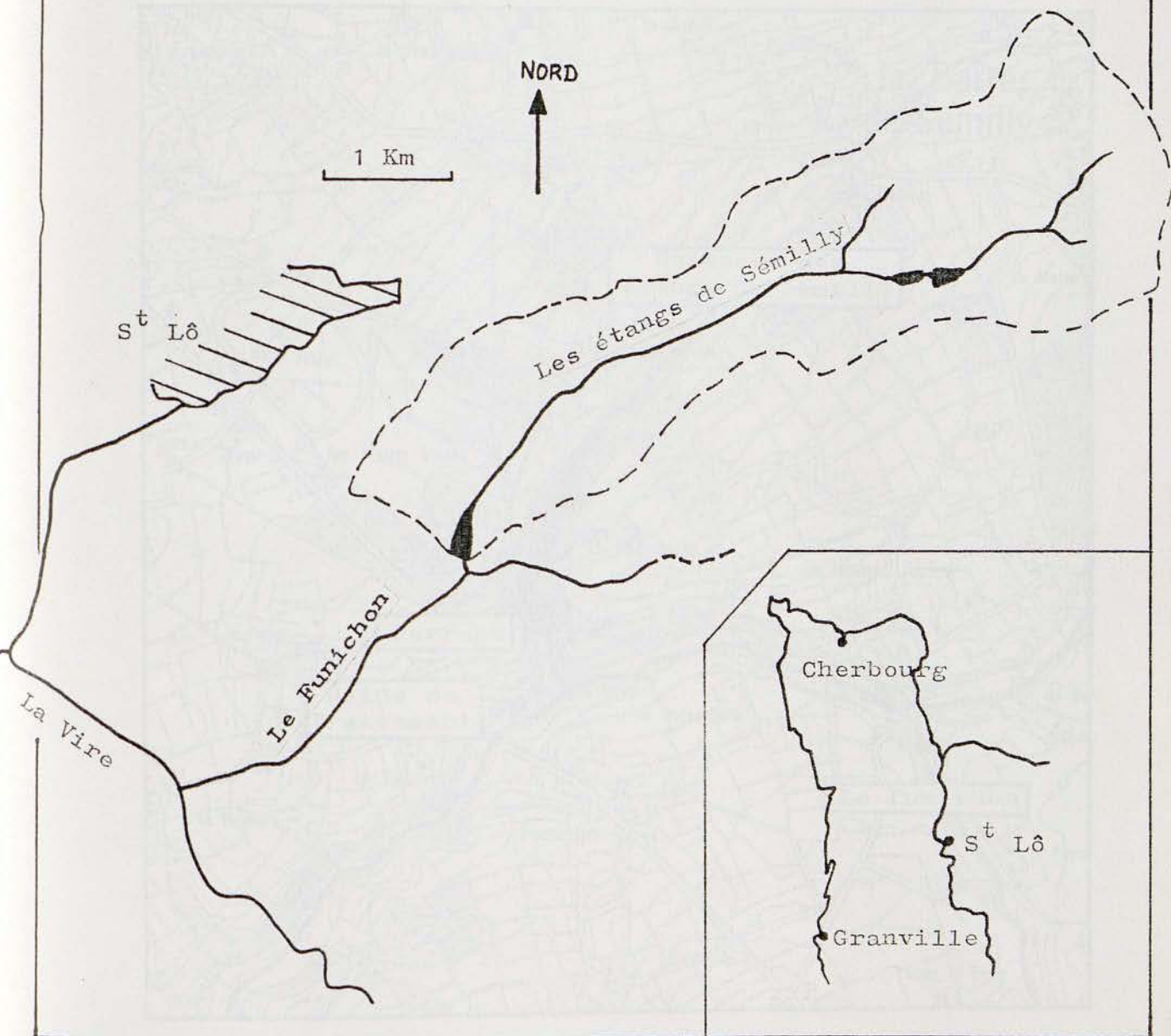
Dès 1976 des problèmes sont apparus à l'usine de traitement du Fumichon. Cette dernière traite les eaux de la Vire et du Fumichon et les eaux de la retenue. En fait elle utilisait son captage sur la Vire pour maintenir le niveau de la retenue durant les mois d'août et septembre. Une telle politique est abandonnée maintenant.

Il se trouve que l'impact du barrage sur l'évolution de l'éco-système aquatique ait apporté de nouveaux problèmes pour le traitement de l'eau potable. En effet, la retenue constituant son propre piège à sédiments confère à ses eaux des teneurs en

SUPERFICIE DU BASSIN : 1380 ha

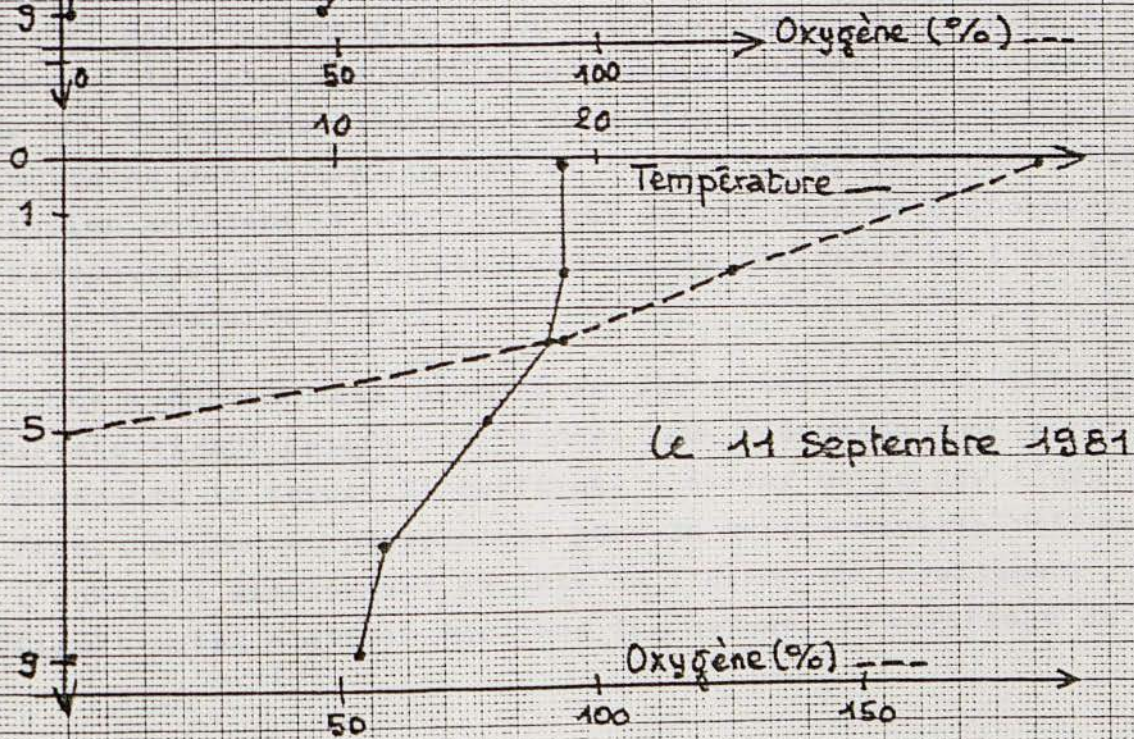
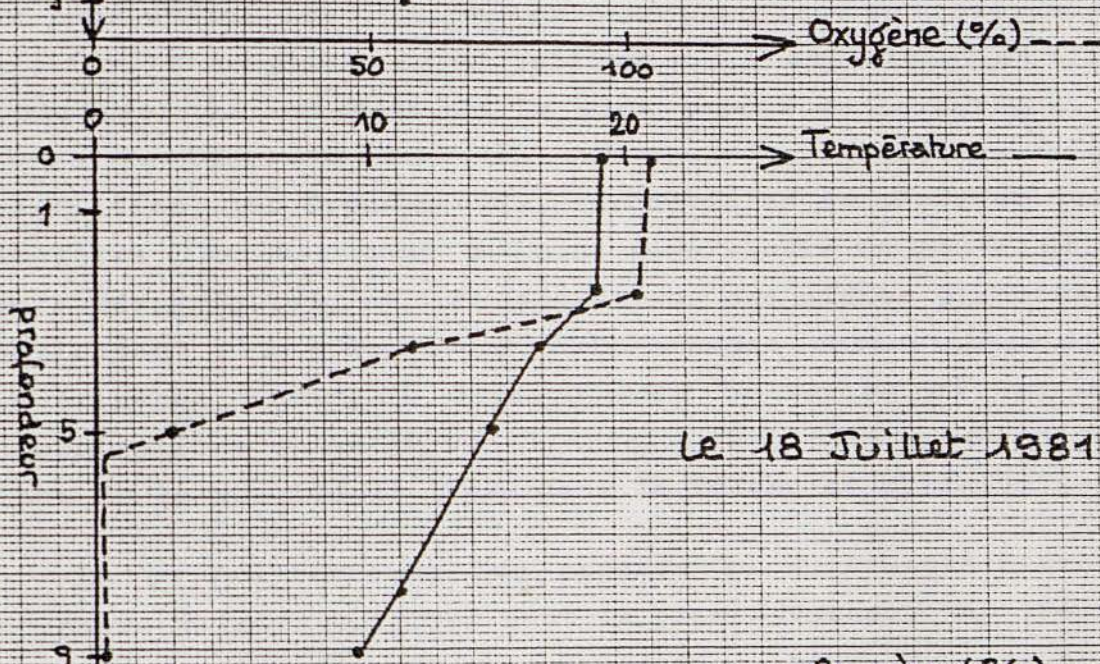
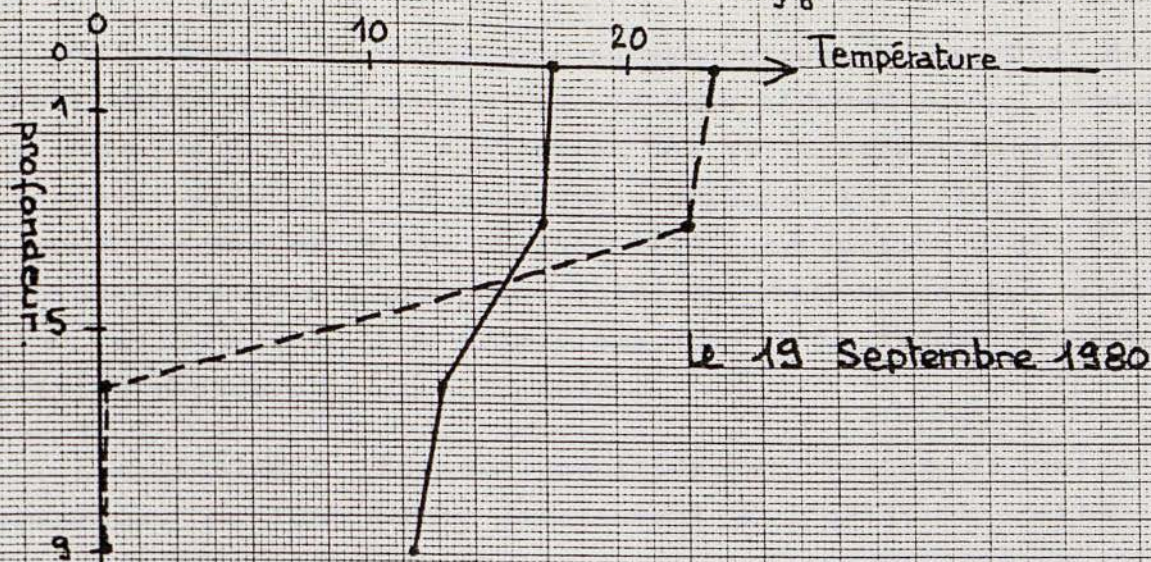
CARTE N°7 : Localisation de la retenue sur la Sémilly et de son bassin versant .

----- Limite du bassin versant du réservoir





FIGURES N° 18 à 20 : Profils verticaux de la température et de l'oxygène dans la retenue





16 jours et la nuit ??  
On constate en effet une sursaturation en oxygène dans l'épilimnion et une anoxie totale dans l'hypolimnion pendant les mois de juillet à septembre. Une telle stratification est évidemment associée à une production primaire très élevée durant le mois de septembre. La productivité (production d'une unité de biomasse algale) présente, elle, un maximum en été plutôt qu'en automne, car les conditions sont très favorables à une activité photosynthétique intense. *jusqu'au*

Les problèmes liés aux quantités importantes de matières organiques se font sentir directement à l'usine de traitement car pour éviter les trop fortes concentrations en azote ammoniacal, fer et manganèse de l'hypolimnion, l'exploitant s'efforce d'utiliser la prise d'eau la plus proche de la surface. A ce niveau la biomasse abondante est cause du colmatage fréquent des filtres, les Cyanophycées, susceptibles de sécréter des métabolites toxiques sont en plus générateurs de goûts et d'odeurs désagréables, et les sécrétions des algues planctoniques contiennent des précurseurs d'Haloformes susceptibles d'être cancérigènes. Enfin, le développement bactérien du aux fortes concentrations en matières organiques est source de dégradations de la qualité de l'eau dans le réseau de distribution.

En ce qui concerne les apports en nutriments (Azote et Phosphore) leurs origines sont le bassin versant du Sémilly, la Vire, par l'intermédiaire du captage, pour les formes dissoutes, et le relargage par les sédiments pendant le mélange des eaux de la période hivernale. En juillet les teneurs maximales en nitrates dans l'épilimnion et en orthophosphates dans l'hypolimnion semblent s'expliquer par la présence de Cyanophycées développées en fleurs d'eau, captant le phosphore de l'épilimnion et l'azote de l'air.

Une réduction des apports en azote serait donc ici sans résultats significatifs. Par contre une réduction des apports en phosphore le serait. Il suffirait d'éviter de pomper l'eau de la Vire, chargée en phosphates, pour la mettre dans la retenue, en l'envoyant directement en tête de l'usine de traitement. Il suffirait aussi d'éviter par tous les moyens, le relargage de la

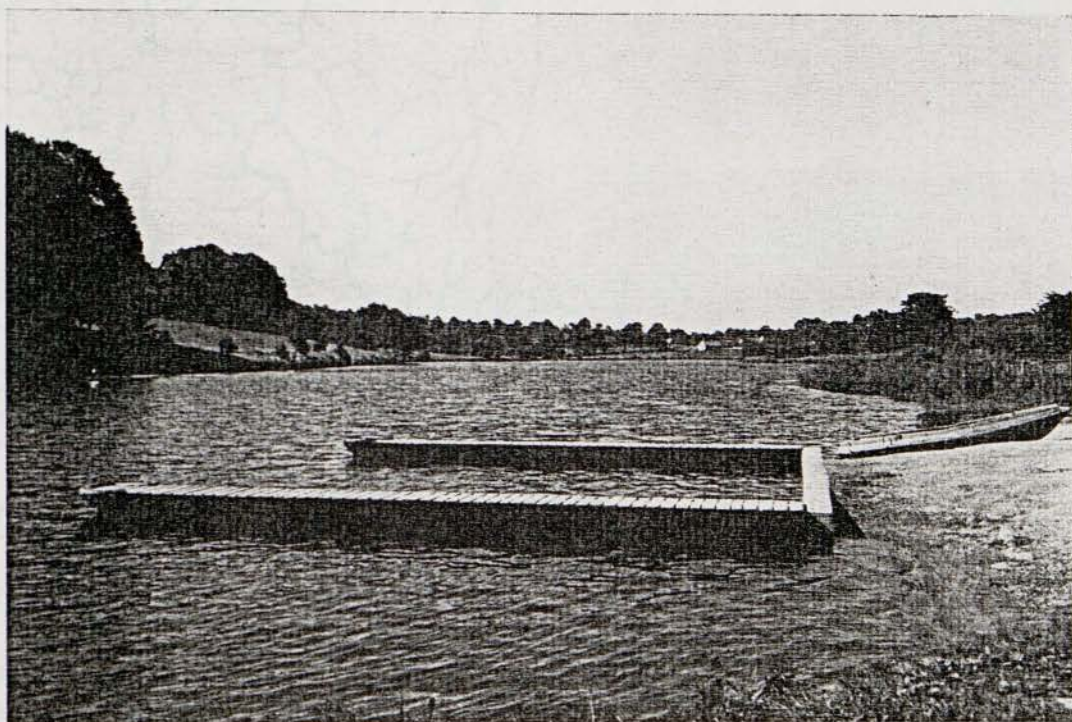
charge interne en phosphore par les sédiments .

Le cas du Sémilly est singulier car contrairement à la Vissance ou à la Vire, il n'y a pas de rejets ponctuels . Les sources de nutriments sont naturelles ou d'origine agricole . C'est pourquoi seules les solutions curatives seraient efficaces . Il semble nécessaire aussi de modifier la filière de traitement en conséquence .



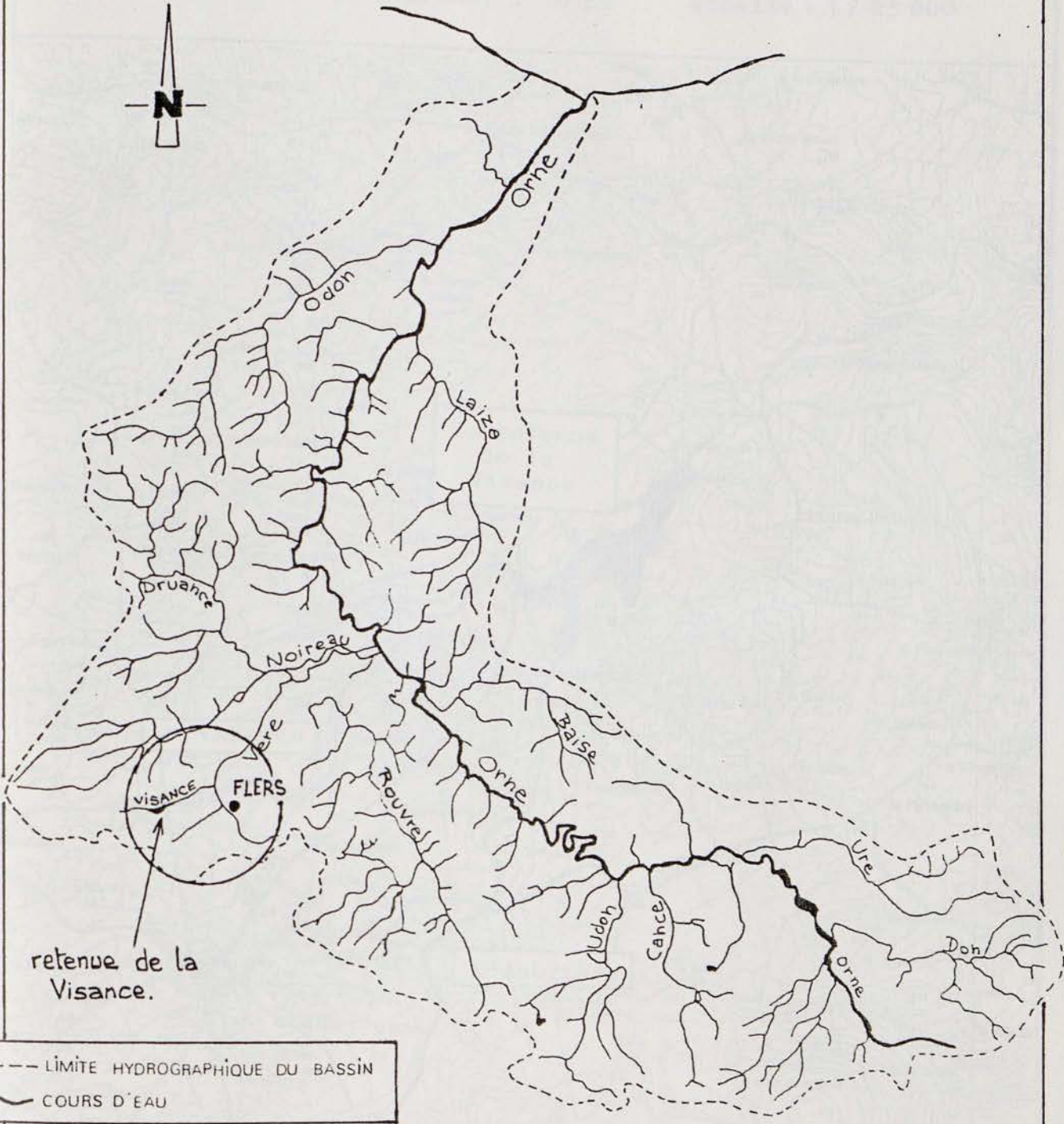
CARTE N° 9 : CARTE DE LOCALISATION DE LA RETENUE DE LA VISANCE  
SUR LE MASSIF CENTRAL DE LA VARENNE

Implantée à quelques Km de Flers, la retenue de la Visance assure d'une part la vocation de réservoir pour l'alimentation de la ville de Flers ( l'eau est amenée gravitairement de Landisacq à l'Est de Flers, où elle sera traitée avec l'eau de la Varenne ). Par l'intermédiaire direct de la mini - station de la SAUR implantée sur le site du barrage, la commune de Landisacq est aussi alimentée en eau potable . Enfin la retenue assure la vocation de zone de loisirs, qui est destinée à s'étendre dans les prochaines années si l'évolution de son état trophique va en s'améliorant . ( voir carte N°9 ) .



La retenue connaît depuis de nombreuses années, essentiellement aux mois d'août et septembre, des proliférations phytoplanctoniques intenses . La vocation de bassin d'alimentation , outre les nombreuses difficultés déjà rencontrées, est sévèrement compromise . La gestion du bassin est assurée depuis deux ans par le service technique de la ville de Flers . Il semble que l'entretien de la retenue, le faucardage des berges du plan d'eau et des affluents amonts (Visance et Aubrière) ainsi que

CARTE N° 8 : CARTE DE LOCALISATION DE LA RETENUE DE LA VISANCE  
SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ORNE .







FAUCARDAGE DES BERGES  
DE LA VISANCE PAR LE  
SERVICE TECHNIQUE DE  
LA VILLE DE FLERS .

la vidange des bassins de décantation à l'amont de la retenue ralentissent le processus de prolifération des algues .

Mais les apports de phosphore et d'azote en quantités importantes ainsi que divers paramètres favorisent toujours l'enclenchement du processus d'eutrophisation .

Des signes d'un déséquilibre trophique des eaux conduisant à terme à une eutrophisation générale des eaux, et la mise en évidence en septembre 81 par le S.R.A.E. de basse-Normandie et l'Agence Financière de Bassin Seine - Normandie d'un développement monospécifique de *Microcystis Aeruginosa* ( famille des algues bleu-vertes, Cyanophycées ) ont conduit la ville de Flers à demander le suivi d'une étude de la qualité des eaux de la retenue . Cette étude commencée en janvier 86 par l'Agence Saunier

se terminera en décembre de cette même année .

Cette étude a pour but le suivi de la qualité des eaux sur les affluents à l'amont de la retenue et sur la visance en aval du barrage, le suivi de la qualité des eaux de la retenue suivant deux profils verticaux, l'un à mi-retendue et l'autre en pied de barrage, afin d'analyser l'évolution de la consommation en oxygène et la stratification des différents paramètres de l'eau . Le dernier point est l'étude de la nature des sédiments en 4 points de la retenue ( Carte N° 10 ) dans la perspective de déterminer la contribution de chaque affluent dans la charge interne en phosphore, afin d'apporter des solutions visant à diminuer ces apports ou à éviter leur relargage .

Quelques remarques peuvent être faites . Du point de vue des apports il faut distinguer ceux de chaque affluent amont, la Visance apporte des quantités importantes de sédiments et surtout de sables, l'utilité des bacs de décantation est donc ici réelle . L'Aubrière apporte elle, des charges dissoutes de nutriments azotés et phosphorés dans des concentrations importantes, en effet, sur son bassin versant elle compte la station d'épuration de Chanu et une usine de traitement des sols ( entre autre, phosphatation de surface ), ces rejets ponctuels doivent donc être sévèrement suivis et contrôlés .

Du point de vue de l'écosystème de la retenue, il est nécessaire de prendre des mesures préventives et curatives afin d'éviter le relargage de la charge interne en phosphore en la fixant à l'aide des ions calcium par exemple, d'autre part afin d'oxygéner et d'aérer l'hypolimnion par des moyens mécaniques et enfin, afin de piéger, à l'entrée de la retenue, la prolifération d'algues en fixant artificiellement celles-ci à des supports que l'on placerait dans les bacs de décantation en période estivale .

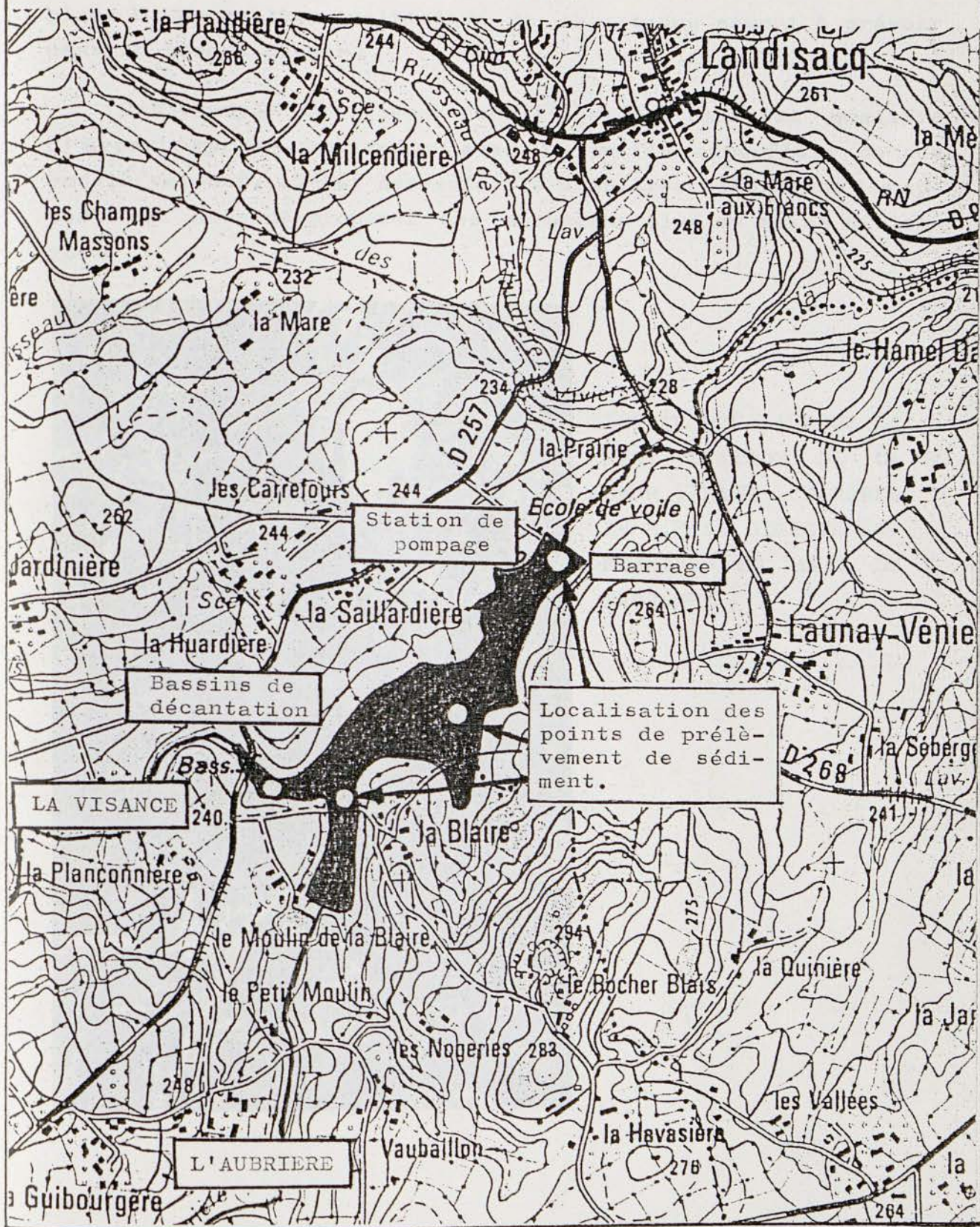
Il semble qu'à court terme des solutions exclusivement curatives soient nécessaire pour éviter la prolifération d'algues qui sécrètent des métabolites souvent toxiques . Epannage de sulfate de cuivre par exemple, car on a remarqué la forte sensibilité des Cyanophycées au cuivre . Il faut aussi s'assurer

99



CARTE N° 10 : Localisation des points de prélèvement de sédiment .

e = 1 / 12 500



que les algues ne relâchent pas d'endotoxines sous l'effet du cuivre .

Une réadaptation de la filière de traitement et la mise en place d'une gestion qualitative de la retenue seront à prévoir dans un proche avenir .

Cet exemple de retenue dont l'état des eaux est qualifié d'hypertrophique, montre qu'avec la petite superficie de son bassin versant, il est assez facile d'analyser l'origine des apports et donc de proposer des solutions plus ou moins efficaces .



SORTIE DES EAUX DE LA  
MINI - STATION DE LA  
SAUR . EAUX CHARGÉES  
EN M.E.S. DIRECTEMENT  
REJETÉES EN AVAL DU  
BARRAGE .

EXPLIQUER EN QUELQUE MANIÈRE LE RÔLE DES ÉLÉMENTS ENTRAJÉS  
PARMI LES DIVERS ÉLÉMENTS DES LIQUIDES EN QUESTION. (L'ORNE  
ET FLEURY).

Voici les cartes de localisation de ces lieux.

Les données sont celles qui ont été fournies par le Service  
de la Santé Publique de la Région de Louvain-la-Neuve.

La première partie de l'étude, qui est consacrée à la  
description de la situation géographique et à la description  
des divers éléments qui entrent en jeu dans le problème.

ETUDE N° 6 : L'ORNE A LOUVIGNY .  
Suivi de la qualité des eaux .

La Orne est une rivière qui prend sa source dans la commune  
de Louvain-la-Neuve et se jette dans la Meuse à Louvigny.  
Elle est alimentée par les eaux de pluie et les eaux de  
ruisseau qui coulent dans les vallées.

La qualité de l'eau de la Orne est généralement bonne,  
mais elle peut être affectée par les activités agricoles  
et industrielles qui se trouvent dans la région.

Les données de la Orne sont les suivantes :  
- Longueur : 12 km  
- Largeur : 10 m  
- Profondeur : 2 m

## EXPLOITATION STATISTIQUE ET GRAPHIQUE DES RELATIONS ENTRE LES PARAMETRES LES PLUS SIGNIFICATIFS DES EAUX DE L'ORNE ENTRE LOUVIGNY ET FLEURY .

Voir les cartes de localisation ci - après .

Les données sont celles des mesures effectuées de 81 à 85 par le Laboratoire du S.R.A.E. de Caen, voir les pages 107 à 111.

---

La première courbe représente, pour les années 81 à 85 , l'évolution de la concentration en nitrates . Cette courbe, presque périodique, possède en effet des maxima vers les mois de février et mars, quand les précipitations importantes sont responsables du lessivage des sols agricoles, et des minima vers les mois d'août à octobre, quand les précipitations quasi-inexistantes sont la cause des débits d'étiage des rivières du bassin versant et quand les conditions climatiques sont favorables à la consommation de l'azote par les végétaux aquatiques.

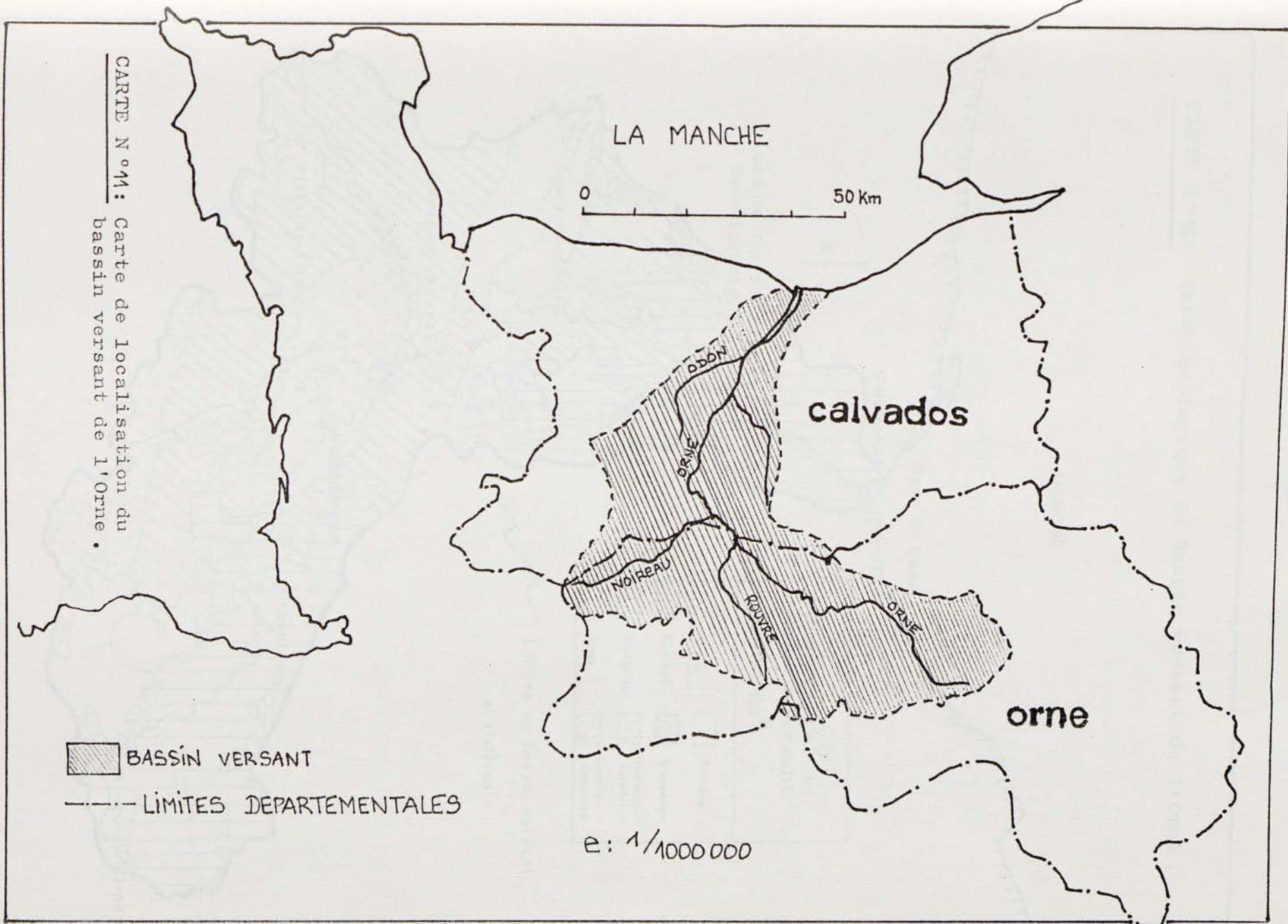
Ce raisonnement est d'autant plus vrai que la loi débit-concentration en nitrates possède une très bonne corrélation. Cet argument a d'ailleurs été utilisé dans l'étude 3 concernant le calcul des apports en nitrates dans la retenue de la Dathée.

La droite  $\Delta$  représentée sur cette courbe est la droite de corrélation linéaire, sa pente représente l'augmentation des concentrations moyennes en nitrates dans l'eau de l'Orne . On peut remarquer que cette pente est plus faible que celle de la période 1972-80 ( chiffres S.R.A.E. ) et semble due à une prise de conscience dans l'utilisation abusive des engrais azotés .

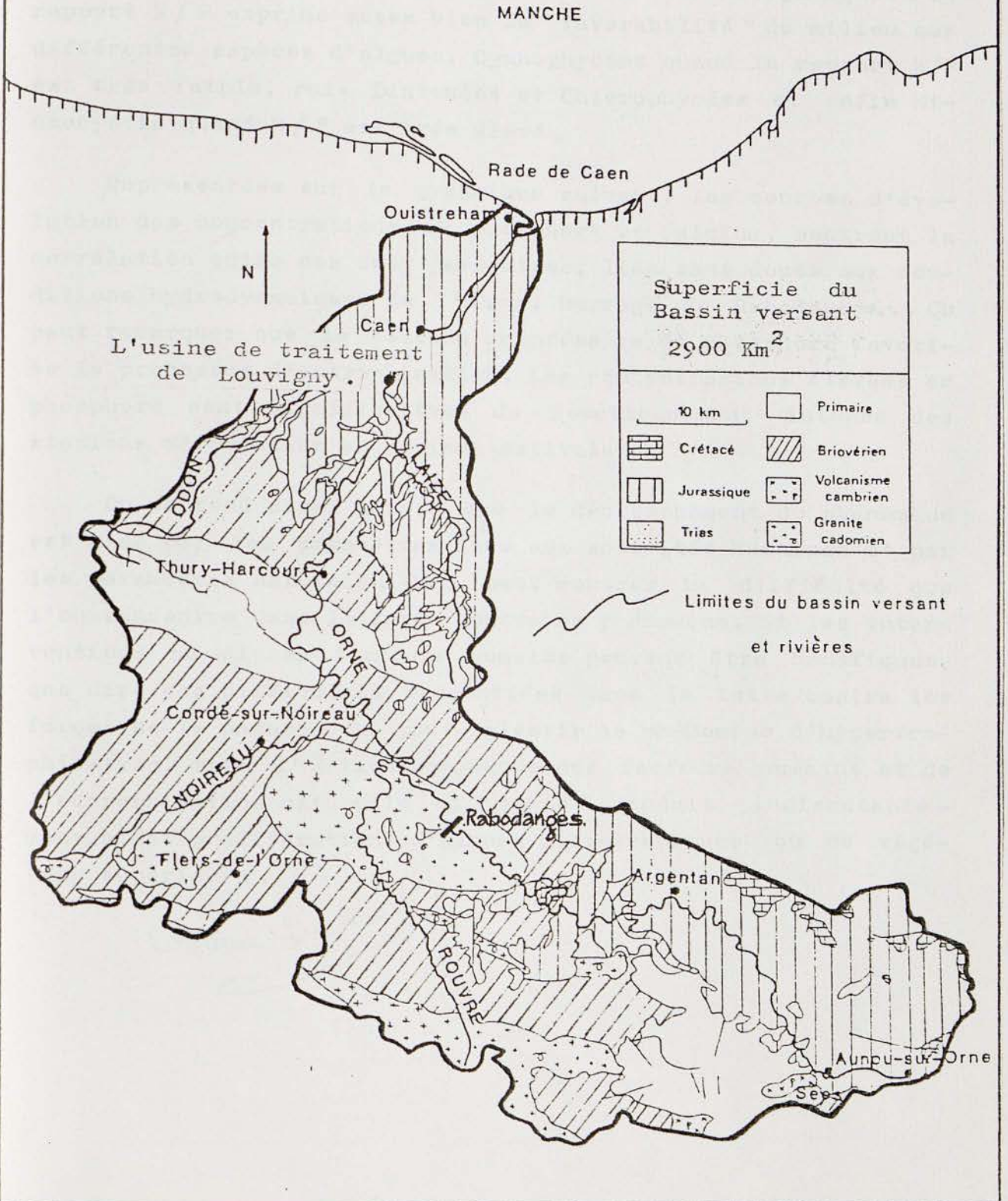
Le deuxième graphique montre la bonne corrélation entre le rapport charge en azote sur charge en phosphore, la température et la teneur en oxygène dissous. Ces corrélations sont d'ailleurs meilleures que si on avait pris la concentration en nitrates, au lieu de N/P .

Les minima de cet ensemble de courbes représentent les maxima pour la température (qui a été décalée d'un mois sur l'échelle temps, pour tenir compte de ses effets à moyen terme) , les minima pour les teneurs en oxygène dissous et les minima

CARTE N°11: Carte de localisation du bassin versant de l'Orne.



CARTE N°12: Carte géologique du bassin versant de l'Orne.



Superficie du Bassin versant  
2900 Km<sup>2</sup>

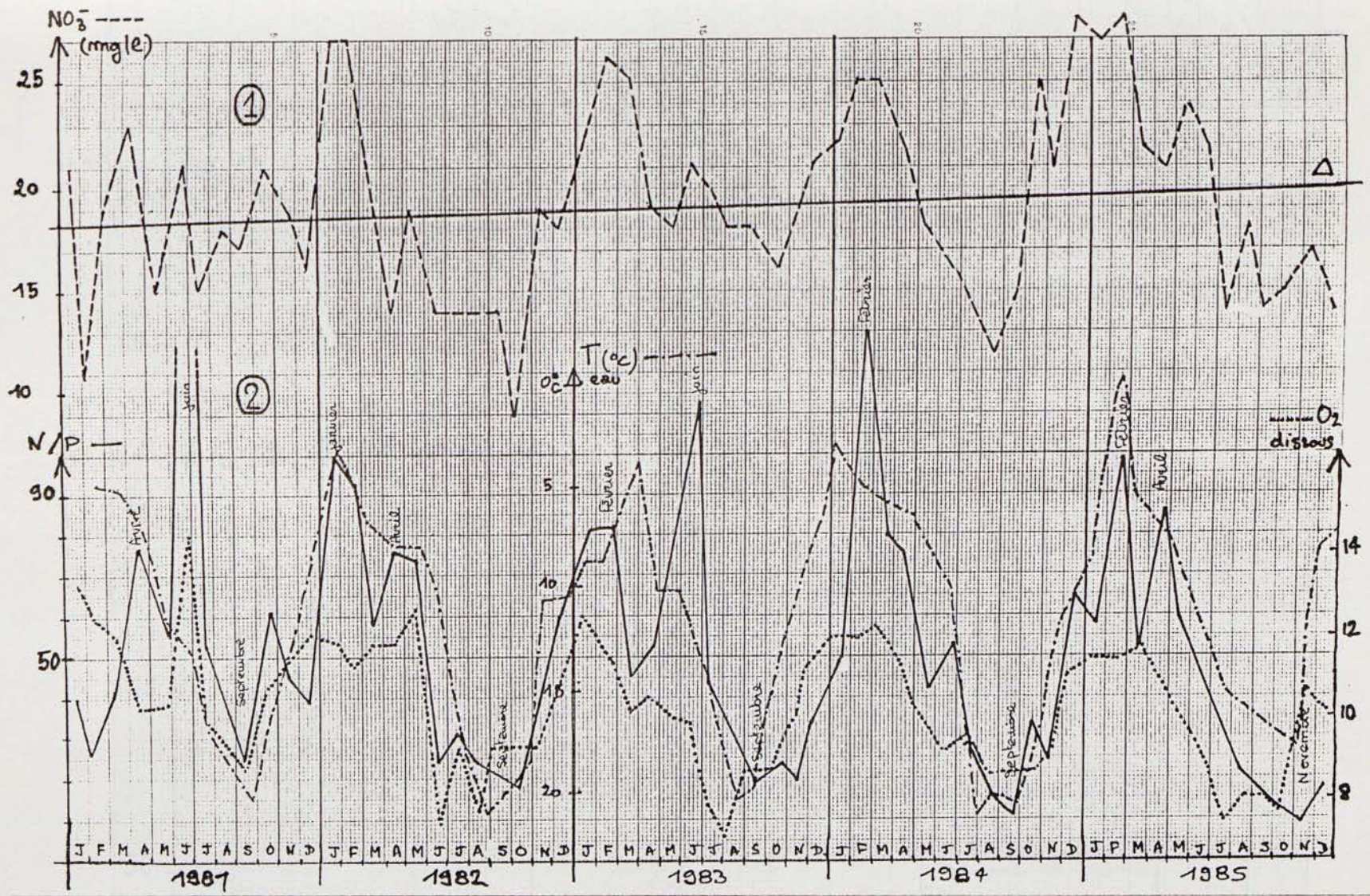
pour le rapport N/P.

Les faibles valeurs des teneurs en oxygène dissous représentent les perturbations minimales dues au régime hydrodynamique de l'Orne en période d'étiage, et à la consommation en oxygène due aux fortes concentrations en matières organiques. Le rapport N/P exprime assez bien la "favorabilité" du milieu aux différentes espèces d'algues. Cyanophycées quand le rapport N/P est très faible, puis Diatomées et Chlorophycées et enfin Microcystis quand N/P est très élevé.

Représentées sur le graphique suivant, les courbes d'évolution des concentrations en phosphore et calcium, montrent la corrélation entre ces deux paramètres, liée sans doute aux conditions hydrodynamiques de l'Orne, barrage de Rabodanges... On peut remarquer que le calcium en présence du phosphore favorise le processus d'eutrophisation. Les concentrations élevées en phosphore sont significatives du fonctionnement intense des stations d'épuration en période estivale.

On se rend ainsi compte que le déclenchement du phénomène est aidé par les paramètres liés aux activités humaines et par les paramètres naturels. Ceci peut montrer la difficulté que l'on rencontre dans la lutte contre ce phénomène. Si les interventions au niveau facteurs humains peuvent être bénéfiques, que dire des difficultés rencontrées dans la lutte contre les forces de la nature? On peut ralentir le phénomène d'hypertrophisation, mais l'action conjuguée des facteurs humains et de l'eutrophisation naturelle ou "lente" conduit indiscutablement à des proliférations d'algues microscopiques ou de végétaux supérieurs.

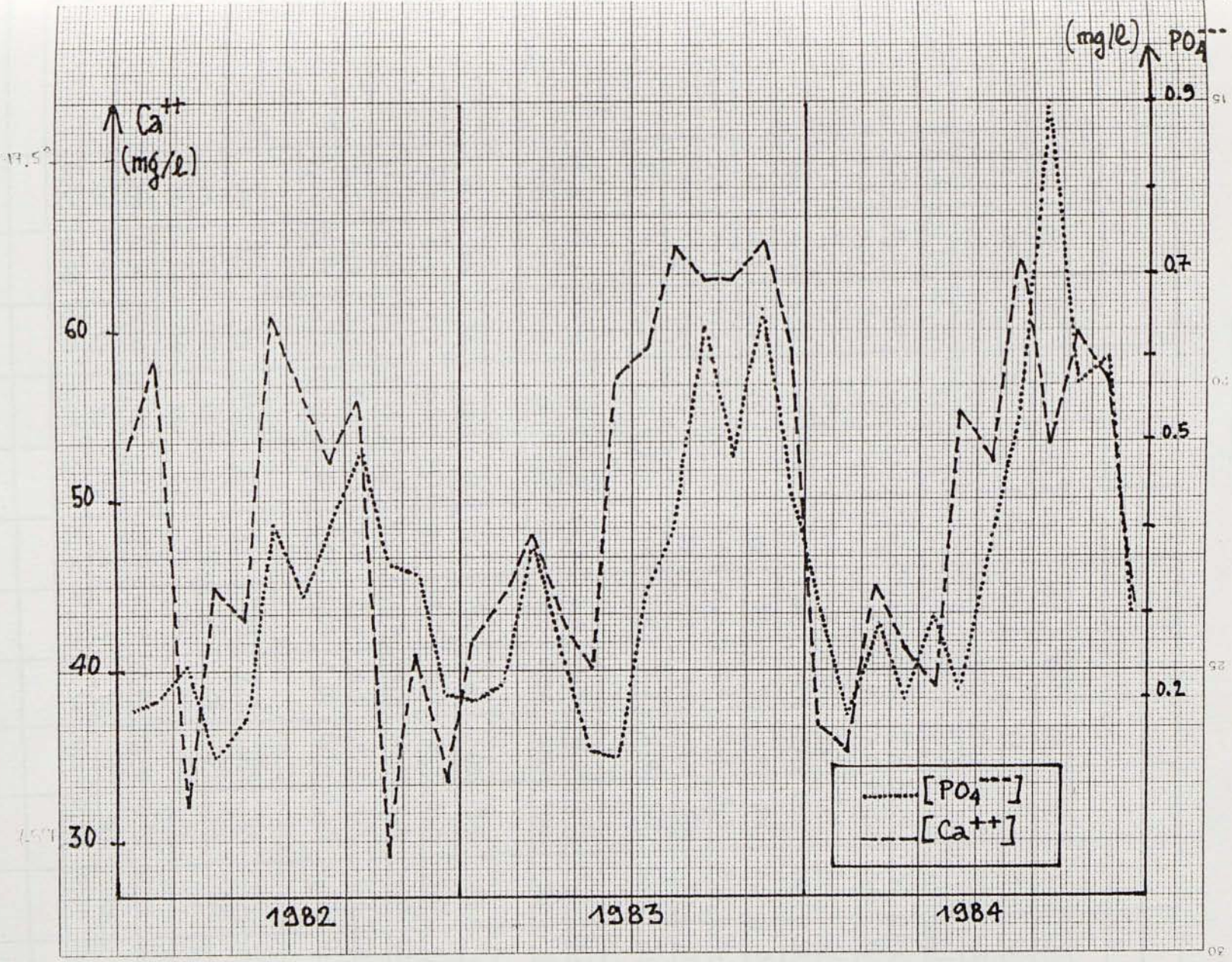
*Caractère hypofavable!*



① -----  $[NO_3^-]$  (mg/l)      ② ——— N/P  
 ..... Température (abscisse décalée d'1 mois - ordonnée décroissante)  
 -.-.-.-.-  $O_2$  dissous (mg/l)



COURRDI N°7 : Concentration en  $PO_4^{---}$  et  $Ca^{++}$  .



ANNEE 1981

Secteur												
Rivière												
n° ordre												
Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Jour	14	02	04	08	25	22	15	17	14	19	18	14
Heure	10H40	12H00	10H20	10H30	10H30	16H20	16H50	14H20	16H10	11H40	9H50	10H20
MOS/ORIGINE	108,47	109,07	110,13	111,27	112,83	113,73	114,50	115,57	116,47	117,63	118,60	119,47
t° air	8,0	8,0	5,0	7,5	13,0	17,5	21,0	20,5	18,0	13,0	10,5	9,0
t° eau	5,0	5,0	7,0	10,5	13,0	17,0	18,5	20,5	17,0	12,5	9,0	3,0
pH	7,2	7,0	7,3	7,8	7,8	9,2	8,2	7,9	7,9	7,6	7,5	7,3
Cond. 20°	280	330	270	290	290	360	380	390	430	260	290	260
M.E.S.T.	17	8,0	53	20	57	18	13	9	9	24	4,3	26
D.B.O. 5 jours	5,0	4,1	4,5	2,4	3,8	5,6	3,5	4,6	2,4	3,3	2,8	4,4
D.C.O.	16	14	22	14	32	22	16	16	14	20	10	18
Oxydabilité	2,5	1,7	4,2	2,6	5,7	3,2	3,0	2,2	2,0	4,2	2,0	3,4
Azote Kjeldahl												
O <sub>2</sub> dissous	13,2	12,4	12,0	10,2	10,3	14,5	9,8	9,2	8,6	10,8	11,5	12,1
Saturation	100	95	100	91	99	150	100	100	88	100	99	93
Ca <sup>++</sup>	39	48	38	42	43	54	56	62	68	35	43	40
Mg <sup>++</sup>	5,1	5,4	4,1	4,3	5,1	5,1	5,1	4,7	6,0	5,2	5,0	4,2
Na <sup>+</sup>	11,8	11,9	10,3	11,6	10,3	14,0	14,0	14,8	18,0	11,8	14,0	12,2
K <sup>+</sup>	3,3	3,1	3,3	3,0	3,3	2,8	3,4	4,0	4,1	4,1	3,4	4,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,20	0,13	0,21	0,05	0,07	0,01	0,03	0,04	0,06	0,10	0,12	0,22
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>						22						
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	96	123	99	110	124	111	151	171	189	92	113	102
Cl <sup>-</sup>	25	25	22	23	22	28	28	26	31	22	23	24
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	19	19	19	16	11	19	19	19	22	19	17	20
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,09	0,09	0,09	0,12	0,12	0,09	0,06	0,04	0,06	0,10	0,11	0,10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21	11	19	23	15	21	15	18	17	21	19	16
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0,33	0,30	0,31	0,21	0,19	0,05	0,20	0,31	0,49	0,24	0,30	0,29
Débit												
N/P	44,31	25,66	42,70	76,36	55,24	292,44	52,20	40,32	24,13	60,96	44,19	38,52

Secteur												
Rivière												
n° ordre												
Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Jour	20	10	17	14	10	16	12	18	13	06	08	08
Heure	10H40	10H00	10H40	10H00	10H50	10H40	10H50	10H30	10H50	10H40	10H20	10H40
MONTORAGINE	120,67	121,33	122,57	123,47	124,33	125,53	126,40	127,60	128,43	129,20	130,27	131,27
t° air	8,0	9,5	7,0	5,0	13,0	19,0	20,0	20,0	18,5	14,0	16,0	9,0
t° eau	5,0	7,0	8,0	8,0	11,0	18,0	21,0	20,0	18,5	10,5	10,5	8,5
pH	7,3	7,4	7,5	7,9	8,1	7,6	8,2	7,9	8,2	7,5	7,7	7,6
Cond. 20°	310	350	240	300	300	370	370	340	350	220	280	230
M.E.S.T.	11	9,0	56	9,0	20	9,0	12	16	6,0	110	4,2	30
D.B.O. 5 jours	3,8	3,6	5,3	4,0	6,3	2,4	4,4	1,5	2,8	4,6	1,6	2,8
D.C.O.	10	8,0	24	12	22	16	20	12	14	48	8	24
Oxydabilité	1,3	1,9	4,2	1,3	3,0	2,7	3,0	2,6	2,7	11	2,6	4,2
Azote Kjeldahl												
O <sub>2</sub> dissous	11,8	11,3	11,9	11,8	12,9	7,7	9,3	7,7	9,4	9,3	9,3	10,6
Saturation	92	93	100	99	120	81	100	85	99	85	86	92
Ca <sup>++</sup>	53	58	32	45	43	61	56	52	56	29	41	34
Mg <sup>++</sup>	4,5	4,0	4,0	4,3	4,6	3,7	5,5	5,3	5,8	3,5	4,2	4,6
Na <sup>+</sup>	11,6	11,9	10,8	11,8	16,2	13,0	16,6	13,6	19,6	11,0	14,0	11,0
K <sup>+</sup>	3,4	3,3	3,4	3,0	3,4	5,2	4,4	4,4	4,6	5,9	4,1	3,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,17	0,14	0,21	0,02	0,02	0,13	0,04	0,03	0,02	0,21	0,09	0,10
CO <sub>3</sub> <sup>---</sup>												
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	133	144	85	118	118	162	166	144	159	78	113	92
Cl <sup>-</sup>	27	26	21	24	24	27	30	27	33	21	21	21
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	21	19	11	19	19	19	22	21	25	21	23	19
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,10	0,13	0,09	0,06	0,09	0,18	0,05	0,04	0,04	0,10	0,10	0,11
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27	27	20	14	19	14	14	14	14	8,8	19	18
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0,18	0,20	0,24	0,13	0,18	0,41	0,32	0,41	0,49	0,36	0,35	0,21
Débit à Grimbois	42,0	22,8	55,1	15,7	13,6	5,80	4,69	5,24	14,2	30,6	15,1	59,3
NA	98,87	94,07	58,04	74,99	73,54	24,05	80,43	23,73	19,86	17,18	37,85	59,83

ANNEE 1983

ORNE

Fleury

I 362 10

Secteur												
Rivière												
n° ordre												
Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Jour	17	21	21	18	25	20	06	03	14	26	16	07
Heure	11H20	11H00	15H10	10H50	10H30	11H10	11H10	10H30	10H50	10H30	10H10	10H20
Maisl'origine	132,57	133,70	134,70	135,60	136,83	137,67	138,20	139,10	140,47	141,87	147,53	143,23
t° air	9,0	2,5	12,0	8,0	13,0	22,5	22,0	16,0	15,0	6,5	5,0	-1,0
t° eau	8,5	3,5	10,0	10,0	13,0	16,5	20,5	20,0	15,0	9,5	7,0	2,5
pH	7,6	7,5	7,9	7,7	8,0	8,9	8,6	8,6	8,0	8,0	7,9	8,1
Cond. 20°	260	300	310	290	270	360	370	390	400	390	410	370
M.E.S.T.	13	4	5	18	20	34	14	9	4	3	2	3
D.B.O. 5 jours	3,5	2,1	1,8	2,8	2,4	5,3	2,6	1,2	1,8	1,9	2,9	3,1
D.C.O.	18	10	10	10	18	12	16	8	18	18	14	16
Oxydabilité	2,3	0,8	1,8	2,4	2,9	2,8	2,6	2,7	1,8	2,4	2,0	2,5
Azote Kjeldahl									0,1			
O <sub>2</sub> dissous	12,6	11,6	10,3	10,6	10,1	10,0	8,1	7,1	8,7	8,9	10,0	11,2
Saturation	110	86	91	96	95	100	90	77	86	77	82	81
Ca <sup>++</sup>	42	44	48	43	40	57	59	65	63	63	65	58
Mg <sup>++</sup>	5,1	4,4	4,7	4,7	4,4	4,9	4,6	4,8	5,1	5,6	5,0	5,1
Na <sup>+</sup>	11,0	11,9	14,0	11,2	10,7	15,6	14,8	15,6	21,0	17,6	19,8	16,8
K <sup>+</sup>	3,3	3,1	3,3	3,1	2,8	3,4	4,0	4,6	4,8	5,2	5,3	5,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,14	0,15	0,07	0,23	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,19
CO <sub>3</sub> <sup>---</sup>						13	12	13				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	111	112	124	121	115	132	134	151	186	179	188	151
Cl <sup>-</sup>	23	22	23	23	18	25	24	28	29	30	31	28
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	19	19	20	19	16	21	24	20	25	27	27	26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,12	0,07	0,09	0,09	0,05	0,08	0,08	0,07	0,04	0,05	0,05	0,10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23	26	25	19	18	21	20	18	18	16	18	21
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0,20	0,22	0,38	0,25	0,14	0,13	0,33	0,40	0,64	0,48	0,66	0,45
P total en PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>									0,78			
Débit												
N/P	80,17	82,11	45,77	52,95	89,34	112,41	42,18	31,32	19,53	23,17	18,95	32,51

Année 1984

ORNE

Fleury.

I 362 10

Secteur												
Rivière												
n° d'ordre												
Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Jour	11	13	12	10	09	21	20	22	17	15	05	04
Heure	10h40	10h10	10h50	10h30	11h00	9h20	10h30	10h30	17h20	11h20	11h00	10h20
MOIS/ORIGINE	144,37	145,43	146,40	147,33	148,30	149,20	150,67	151,73	152,57	153,50	154,17	155,13
t° air	9,0	1,0	5,5	7,0	9,0	20,0	21,0	19,0	14,0	10,5	6,0	10,0
t° eau	5,0	6,0	6,0	8,0	11,0	21,0	20,0	20,5	17,0	13,0	10,0	8,0
pH	7,9	7,6	7,9	7,6	7,9	8,7	8,4	8,5	8,2	8,1	8,1	8,0
Cond. 20°	270	250	300	260	260	330	350	380	350	360	350	280
M.F.S.T.	7	12	3	8	14	14	12	4	6	3	3	7
D.B.O 5 jours	4,2	4,3	4,3	3,7	4,7	9,0	-	2,0	2,4	1,8	2,2	3,1
D.C.O	14	14	8	10	18	12	14	14	16	12	16	18
Oxydabilité	2,1	2,8	1,0	1,5	3,2	3,2	2,9	0,8	2,8	2,4	3,2	3,2
Azote Kjeldahl						-	-	-	-	0,4	0,7	0,9
O <sub>2</sub> dissous	12,1	12,0	12,3	11,6	10,2	9,2	9,6	8,7	8,8	8,7	9,2	11,1
Saturation	94	94	98	98	92	100	110	97	91	81	83	93
Ca <sup>++</sup>	37	35	45	41	39	55	52	64	53	60	57	44
Mg <sup>++</sup>	4,2	4,5	4,6	4,1	3,8	3,8	3,3	4,7	6,1	4,2	5,2	4,1
Na <sup>+</sup>	13,0	11,2	14,8	11,2	13,2	13,6	17,0	18,4	20,6	17,4	16,6	11,9
K <sup>+</sup>	3,6	3,1	3,0	3,0	3,8	3,3	5,0	4,6	5,5	4,8	5,5	4,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,14	0,09	0,05	0,07	0,17	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,04	0,12
CO <sub>3</sub> <sup>---</sup>						8,4	6,0					
HCO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	85	78	110	100	102	134	130	77,5	154	153	156	101
Cl <sup>-</sup>	24	25	25	24	26	37	33	40	40	33	33	29
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	26	17	20	21	18	20	25	21	24	28	21	20
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,11	0,08	0,08	0,08	0,17	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,12
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22	25	25	22	18	16	14	12	15	25	21	28
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0,31	0,18	0,23	0,20	0,30	0,21	0,38	0,53	0,90	0,57	0,60	0,30
Débit m <sup>3</sup> /s	24,5	50,0	17,0	33,4	27,0	8,10	7,60	1,75	3,40	5,70	7,40	21,0
NO <sub>3</sub> x Débit /100	539	1250	425	735	436	1,30	1,06	0,21	0,51	1,43	1,56	5,22
N/P	49,46	129,49	80,37	26,53	49,07	53,06	25,68	15,76	11,60	30,48	24,32	64,99

Année 1985

ORNE  
Fleury sur orne  
I 362-10

Secteur												
Rivière												
n° d'ordre												
Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Jour	15	11	14	15	12	12	15	12	04	01	07	11
Heure	11h30	16h00	16h15	11h00	11h30	10h10	10h40	10h00	10h50	16h30	9h00	10h10
MOIS(ORIGINE)	156,50	157,37	158,47	159,50	160,43	161,40	162,50	163,40	164,13	165,03	166,23	167,37
t° air	-5,5	+0,2	8,0	11,0	10,5	11,0	16,5	15,0	16,0	22,0	10,8	4,0
t° eau	0	+5,5	7,0	9,0	11,0	14,5	21,0	16,5	16,5	17,5	8,0	6,7
pH	7,8	7,8	8,0	7,8	8,0	8,2	8,0	7,4	7,9	7,9	7,3	7,4
Cond. 20°	285	260	300	210	310	290	280	370	240	370	420	280
M.E.S.T.	3	12	5	32	9	16	13	7	6	6	6	9
D.B.O 5 jours	1,4	3,9	4,2	3,4	3,4	2,4	4,1	2,2	2,5	2,0	3,5	3,8
D.C.O	20	22	14	19	6	32	22	8	28	10	10	18
Oxydabilité	1,0	1,8	2,2	3,9	2,8	3,1	2,9	2,6	2,4	2,5	1,2	3,9
Azote Kjeldahl	0,3	0,4	0,4	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,3	1,2	—	0,7
O <sub>2</sub> dissous	11,5	11,5	11,8	10,8	10,1	8,8	7,5	8,1	8,1	7,9	10,8	10,3
Saturation	78	92	97	92	92	87	83	82	82	83	92	74
Ca <sup>++</sup>	49	42	49	37	49	44	50	61	52	58	65	36
Mg <sup>++</sup>	5,2	4,2	4,0	4,1	5,7	4,9	5,7	5,2	5,0	5,2	5,0	4,9
Na <sup>+</sup>	14,0	11,0	12,6	9,2	13,4	12,2	17,2	14,4	16,4	18,6	21,2	14,8
K <sup>+</sup>	3,4	3,3	3,6	3,5	3,1	4,1	4,1	4,4	5,0	4,8	5,1	6,2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,27	0,13	0,04	0,10	0,07	0,09	0,03	0,04	0,08	0,03	0,04	0,28
CO <sub>3</sub> <sup>---</sup>							11					
HCO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	124	104	126	90	132	111	128	172	154	172	187	98
Cl <sup>-</sup>	29	26	26	23	28	24	32	30	28	31	36	29
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	19	22	19	20	22	22	21	21	20	23	25	23
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,08	0,12	0,09	0,09	0,07	0,12	0,09	0,05	0,05	0,06	0,06	0,20
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27	28	22	21	24	22	14	18	16	15	17	14
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0,52	0,20	0,29	0,17	0,28	0,32	0,29	0,56	0,56	0,37	1,2	0,56
Débit m <sup>3</sup> /s	10,5	33,4	15,0	61,0	16,2	29,0	4,6	6,1	4,6	5,8	6,1	14,7
NO <sub>2</sub> x Débit /100	2,84	9,35	3,30	12,81	3,89	6,38	0,64	1,10	0,64	0,87	1,04	1,64
N/P	59,65	97,42	52,81	86,01	59,57	47,94	33,71	27,34	17,39	13,39	9,85	17,61

Le phytoplancton est capable de s'adapter aux conditions de milieu et de modifier son métabolisme en fonction de la disponibilité des nutriments. Les algues sont donc des organismes idéaux pour l'étude de la fertilité et de la toxicité. Elles sont sensibles aux variations de pH, de température, de salinité, de lumière et de nutriments. Les tests de fertilité et de toxicité sont réalisés en culture de laboratoire. Les algues sont cultivées dans des milieux définis et les effets des différents facteurs sont étudiés. Les tests de fertilité consistent à mesurer la croissance des algues en présence de différents nutriments. Les tests de toxicité consistent à mesurer la mortalité ou la diminution de la croissance des algues en présence de différents produits chimiques.

ETUDE N° 7 : LES TESTS DE FERTILITE ET DE TOXICITE - LES ALGUES .  
Expérience du Laboratoire du S.R.A.E. de CAEN .

Les algues sont des organismes unicellulaires ou multicellulaires qui sont capables de synthétiser leur propre matière organique à partir de matière inorganique. Elles sont donc des producteurs primaires. Les algues sont présentes dans tous les milieux aquatiques et sont responsables de la production primaire dans les océans, les lacs et les rivières.

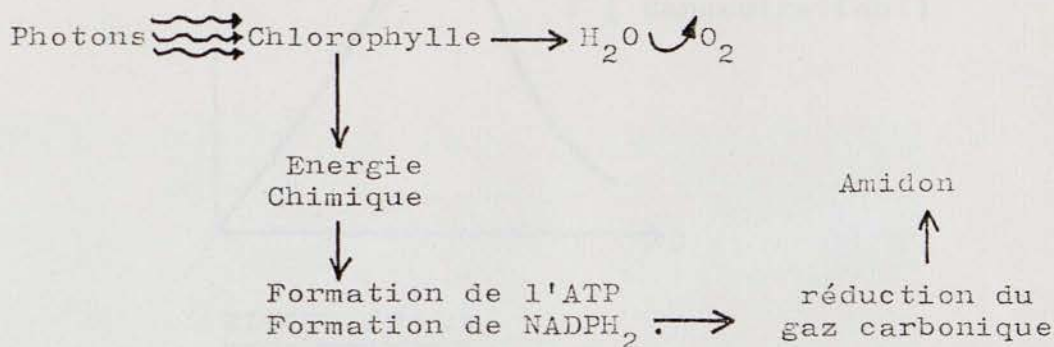
Les algues sont classées en fonction de leur mode de nutrition et de leur structure. Les algues vertes, les algues brunes et les algues rouges sont des algues unicellulaires. Les algues vertes sont les plus abondantes et les plus diversifiées. Les algues brunes et les algues rouges sont des algues multicellulaires. Les algues vertes sont capables de synthétiser leur propre matière organique à partir de matière inorganique. Les algues brunes et les algues rouges sont capables de synthétiser leur propre matière organique à partir de matière organique.

Les algues sont sensibles aux variations de pH, de température, de salinité, de lumière et de nutriments. Les tests de fertilité et de toxicité sont réalisés en culture de laboratoire. Les algues sont cultivées dans des milieux définis et les effets des différents facteurs sont étudiés. Les tests de fertilité consistent à mesurer la croissance des algues en présence de différents nutriments. Les tests de toxicité consistent à mesurer la mortalité ou la diminution de la croissance des algues en présence de différents produits chimiques.

MISE AU POINT D'UN TEST - ALGUE DE FERTILITE POTENTIELLE DE L'EAU  
( Etude faite par Pascale ROY, I.U.T. de Caen ).

Le phytoplancton est capable de synthétiser son propre matériel en utilisant l'énergie lumineuse captée par les pigments qu'il renferme : Pigments chlorophylliens et pigments accessoires : xanthophylles et phycoblines. C'est la photosynthèse.

L'énergie captée par ces pigments est alors transférée à la chlorophylle a et provoque son excitation. La chlorophylle a ainsi excitée va induire la photolyse de l'eau, permettant la libération de l'oxygène et l'élaboration d'énergie qui rendra possible la synthèse des glucides à partir du gaz carbonique.



La matière organique produite sert de nourriture aux autres organismes du milieu incapables de cette synthèse. Le phytoplancton constitue ainsi le premier maillon de la chaîne alimentaire.

Une étude menée conjointement au Laboratoire du S.R.A.E. de Basse - Normandie et au Laboratoire d'Algologie Fondamentale et Appliquée de l'Université de Caen, s'est penchée sur le problème de la fertilité potentielle des eaux, et ce, afin de prévoir les développements massifs d'algues compromettant le maintien de la bonne qualité des eaux.

Pour la mise au point d'un test - algue de fertilité potentielle des eaux, deux paramètres ont été choisis : La croissance cellulaire et l'évolution de la chlorophylle a, en utilisant une méthode spécifique et très sensible : la fluorimétrie.



Il a fallu, tout d'abord, obtenir de la chlorophylle a pure afin de réaliser un étalonnage du fluorimètre.

La fluorimétrie est une technique permettant de mesurer la fluorescence. Le phénomène mesuré est l'émission essentiellement instantanée de lumière d'une molécule ou d'un atome qui a absorbé de la lumière. Pour une intensité de lumière extractrice donnée, l'intensité de la lumière émise varie avec la concentration du composé fluorescent. Pour des faibles concentrations, la loi  $F = a \times C$  semble suivie.

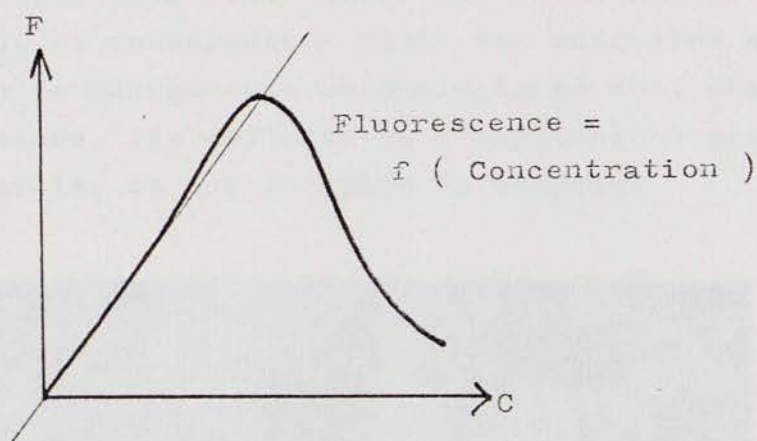


FIGURE N ° 21

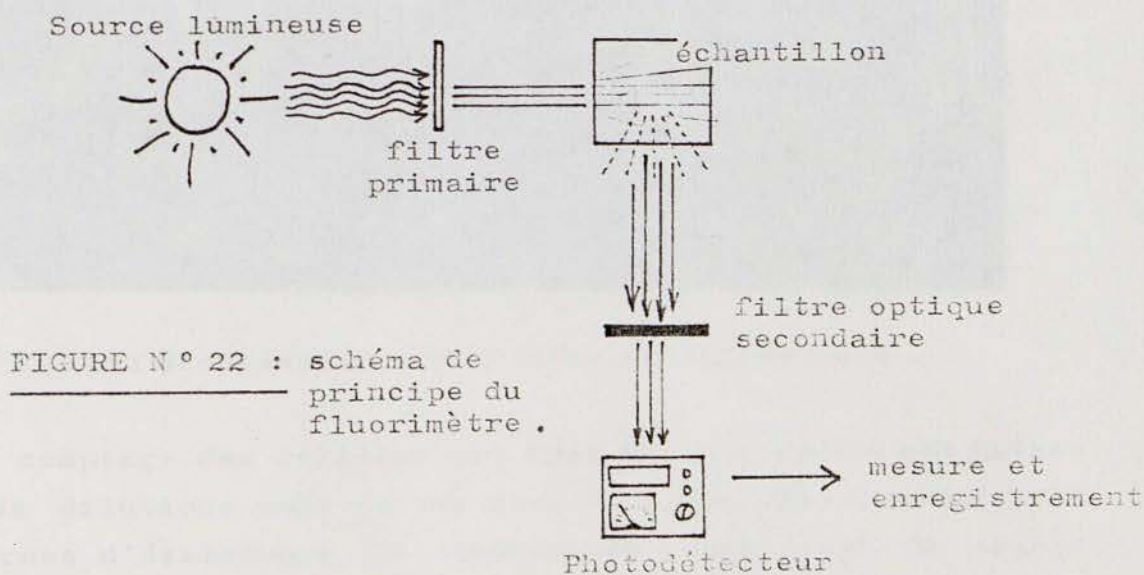


FIGURE N ° 22 : schéma de principe du fluorimètre .

L'étalonnage du fluorimètre a pour but d'obtenir des courbes donnant la fluorescence en fonction de la concentration en chlorophylle a et de calculer les constantes de calibration du fluorimètre, pour chaque type de fente. Voir courbe N° 8.

Un étalonnage à partir d'une culture de *Scenedesmus Subspicatus* a également été réalisé afin de réduire les comptages de cellules, longs et fastidieux.

Le *Scenedesmus Subspicatus*, algue verte unicellulaire d'eau douce, a été choisi pour cette étude car c'est un bon indicateur biologique et sa conservation comme son entretien sont faciles. De plus, peu de changements morphologiques sont observés pendant sa croissance, les cellules ne s'agglomèrent pas et ne collent pas aux parois, ce qui facilite le comptage

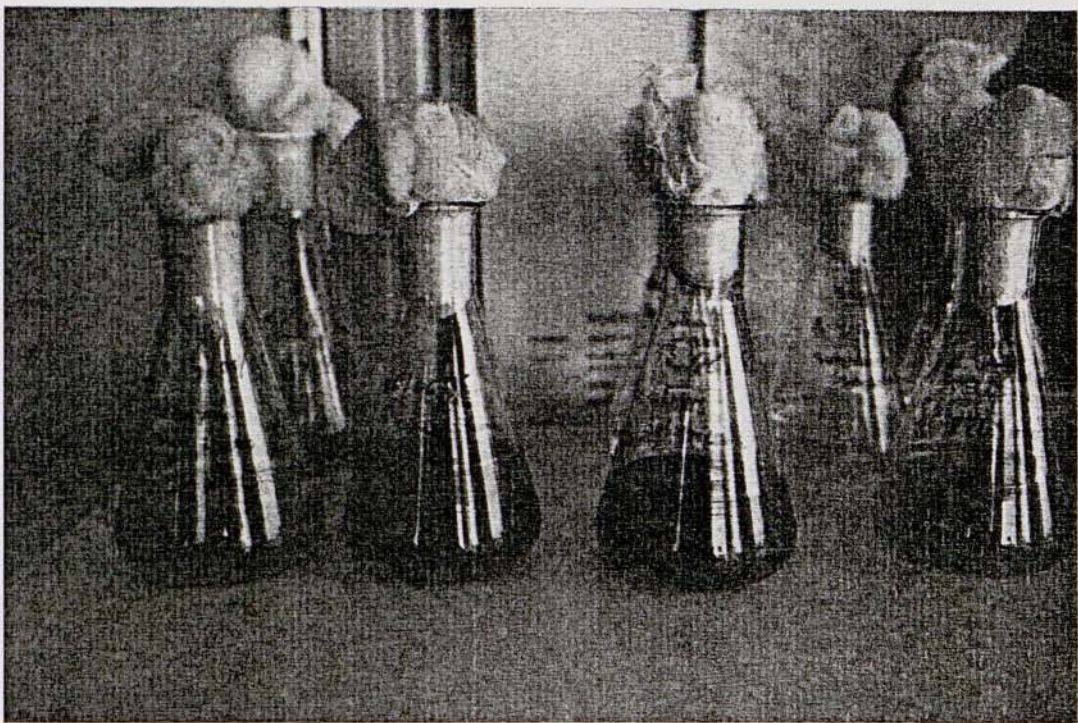
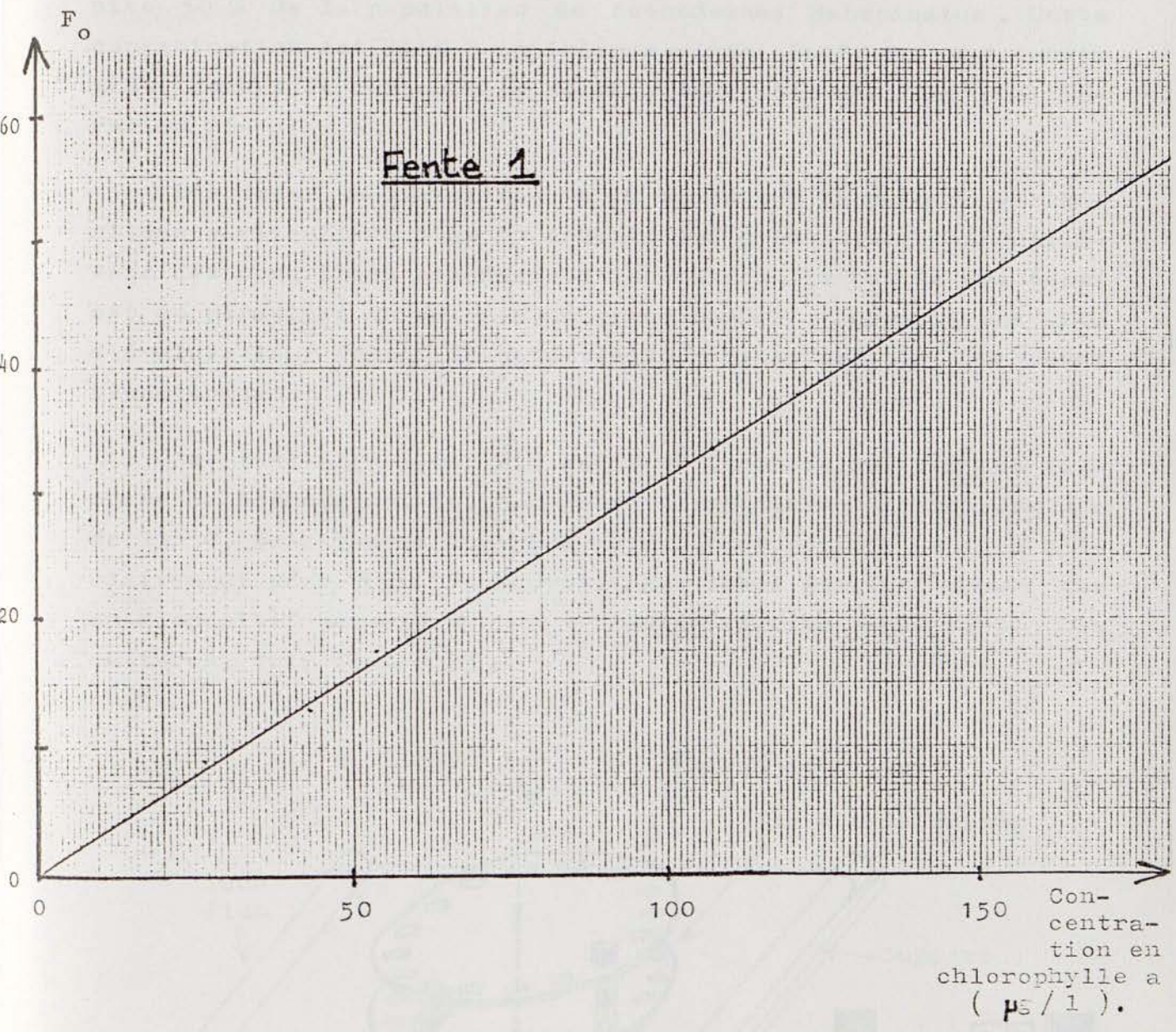


Photo : *Scenedesmus Subspicatus* en milieu L-C.

Le comptage des cellules est fait sur une cellule de Malassez. Les dilutions sont faites avec de l'eau déminéralisée, et les courbes d'étalonnage du fluorimètre permettent de tracer les courbes de fluorescence en fonction du nombre de cellules, puis les courbes d'évolution, au cours du temps, du nombre de

COURBE N° 8 : Courbe d'étalonnage du fluorimètre ;  
( fluorimètre - Modèle TURNER 111 ),

Fluorescence = f ( chlorophylle a )



cellules et donc de la concentration en chlorophylle a. Voir les courbes 9, 10 et 11.

Les tests de toxicité peuvent alors être faits. Le principe est simple, on détermine dans les conditions définies par la Norme AFNOR T-90 304, la concentration de la substance présente dans le milieu au début de l'essai qui, au bout de 5 jours, inhibe 50 % de la population de *Scenedesmus Subspicatus*. Cette concentration est dite " inhibitrice initiale ". On peut tester ainsi nombre de composés et définir leur rôle dans la prolifération des algues.

Les tests de fertilité sont basés sur la culture d'organismes particuliers dans un échantillon d'eau douce, en utilisant des conditions standards d'incubation. Le but de ces tests est de permettre le suivi d'un grand nombre d'échantillons afin d'évaluer leur fertilité potentielle et ainsi prévoir les booms planctoniques.

Ces test-algues ont été faits au laboratoire, sur des cultures de *Scenedesmus Sp.* Les conditions étaient : température de 23 ° C, éclairciment homogène moyen, photopériode de 16 h d'éclairciment pour 8 h d'obscurité. Les tubes étaient placés sur un dispositif permettant une homogénéisation suffisante des cultures, voir figure 23.

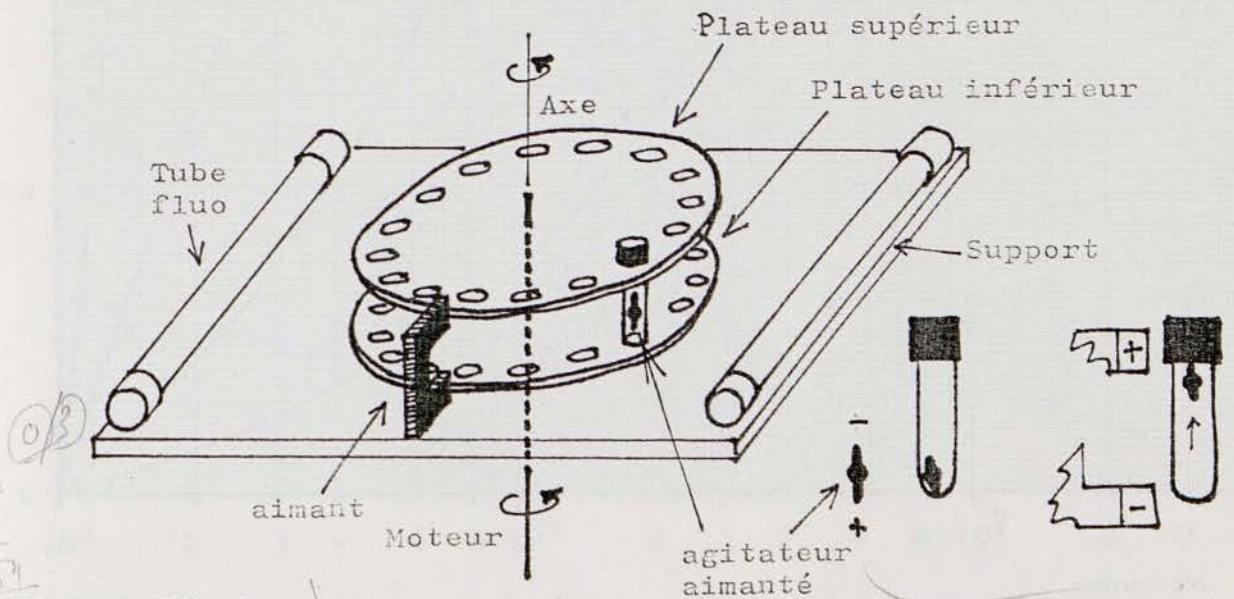
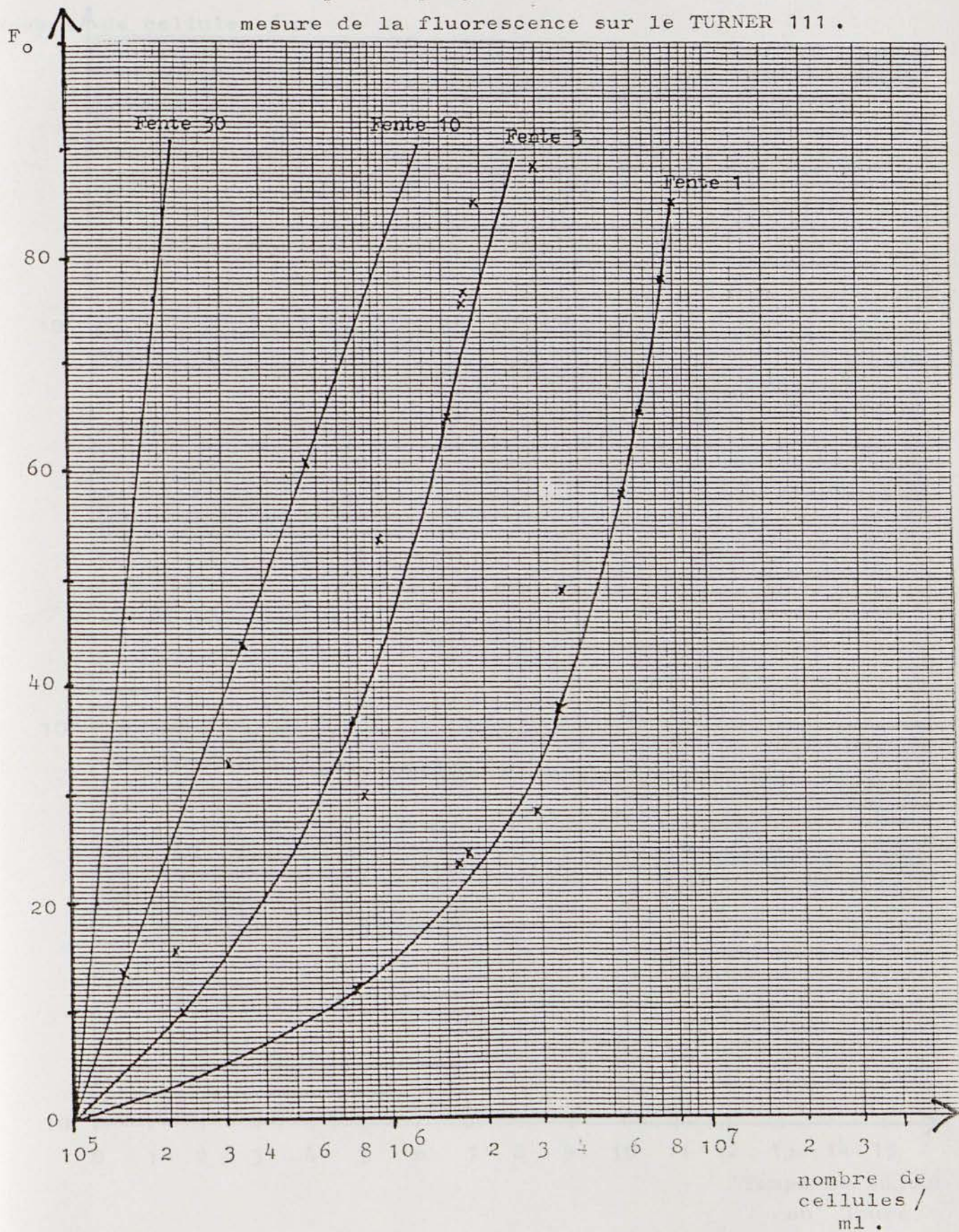
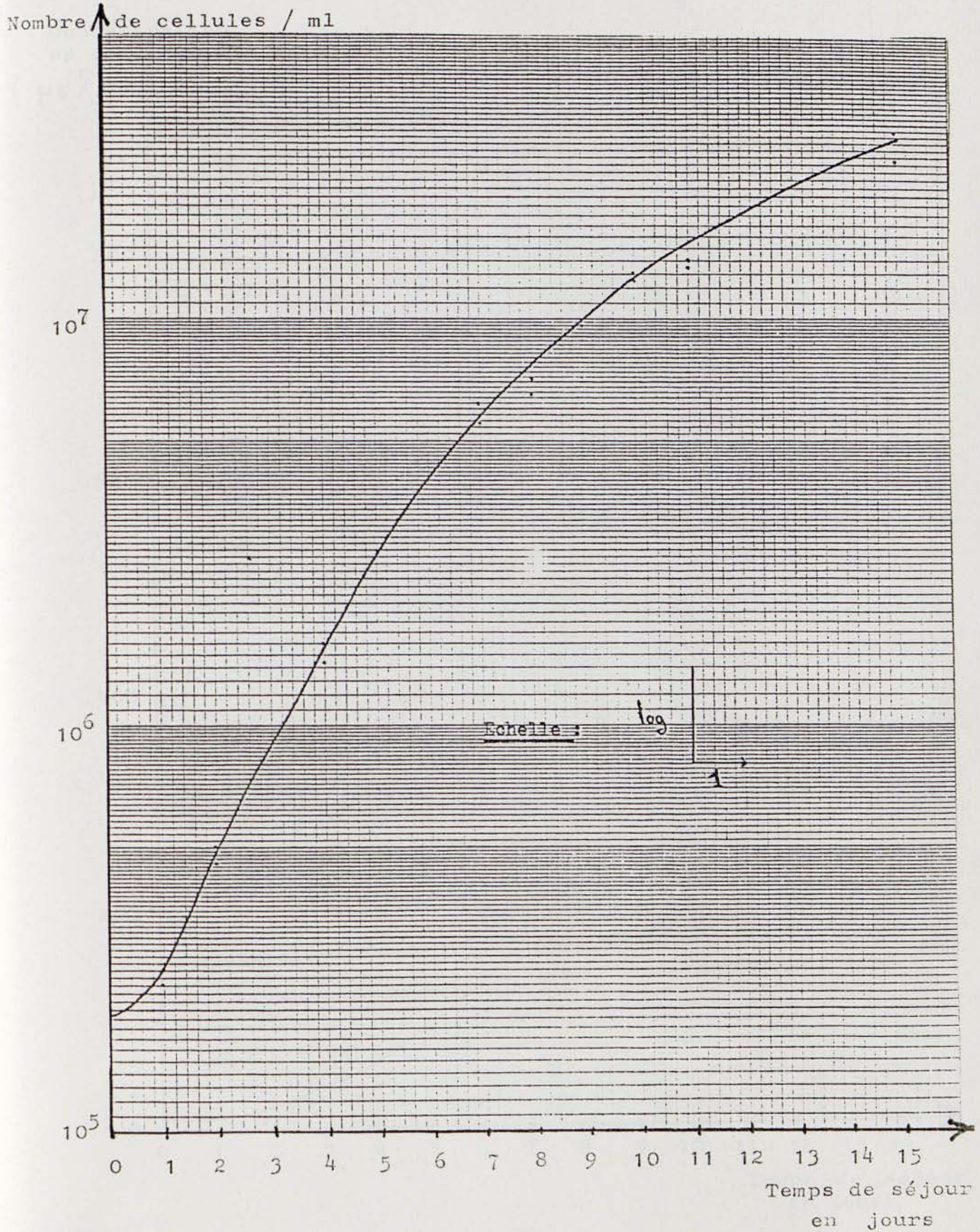


FIGURE N ° 23

COURBE N° 9 : Courbe de fluorescence en fonction du nombre de cellules par ml de culture ( milieu L-C ), obtenue par comptage sur cellule de MALASSEZ , et mesure de la fluorescence sur le TURNER 111 .

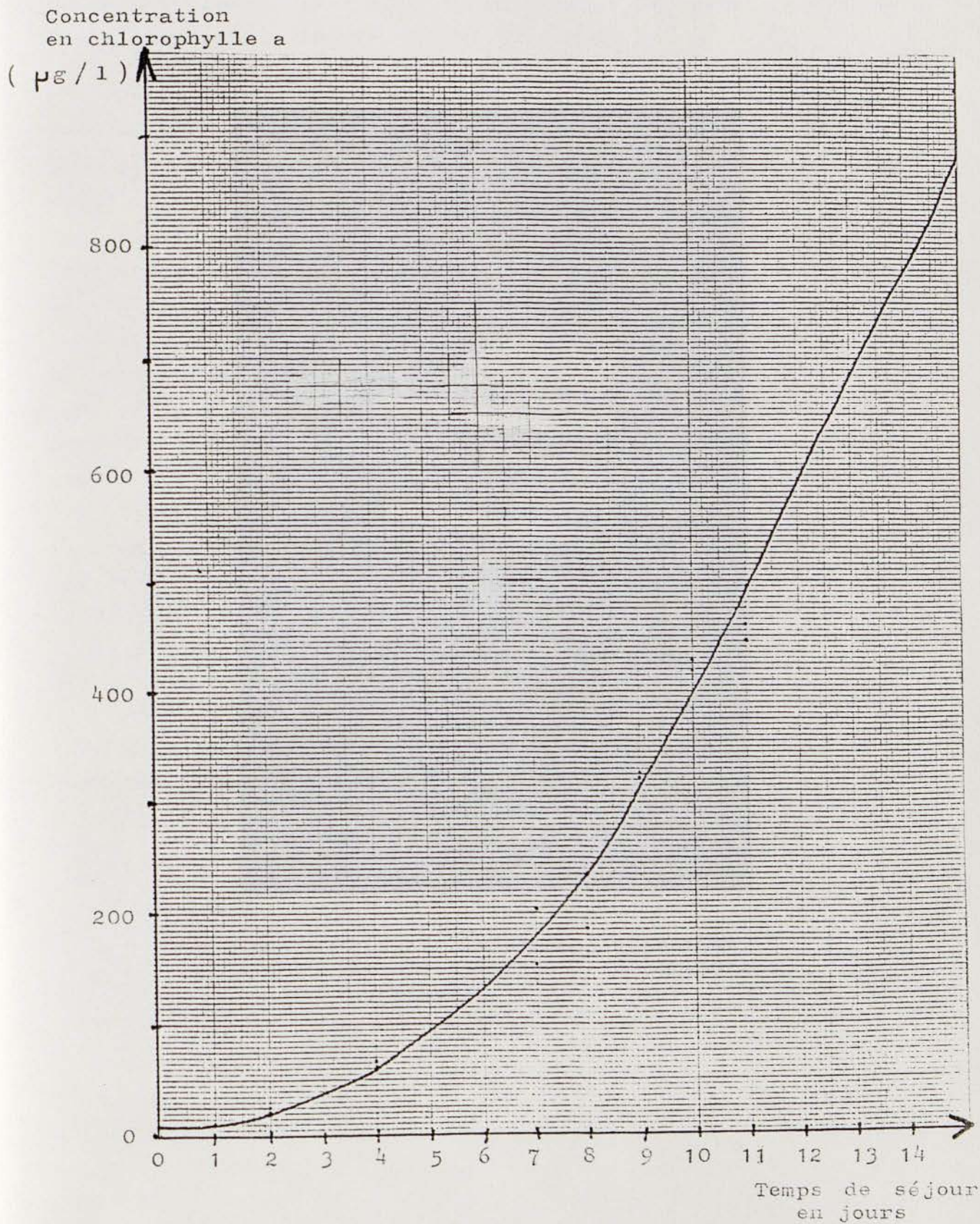


COURBE N° 10 : Courbe de croissance du *Scenedesmus Subspicatus* en milieu L-C, obtenue par comptage sur cellule de MALASSEZ.



COURBE N° 11 : Etude de l'évolution de la concentration en chlorophylle a dans le temps.

( culture de *Scenedesmus Subspicatus*  
en milieu L - C )



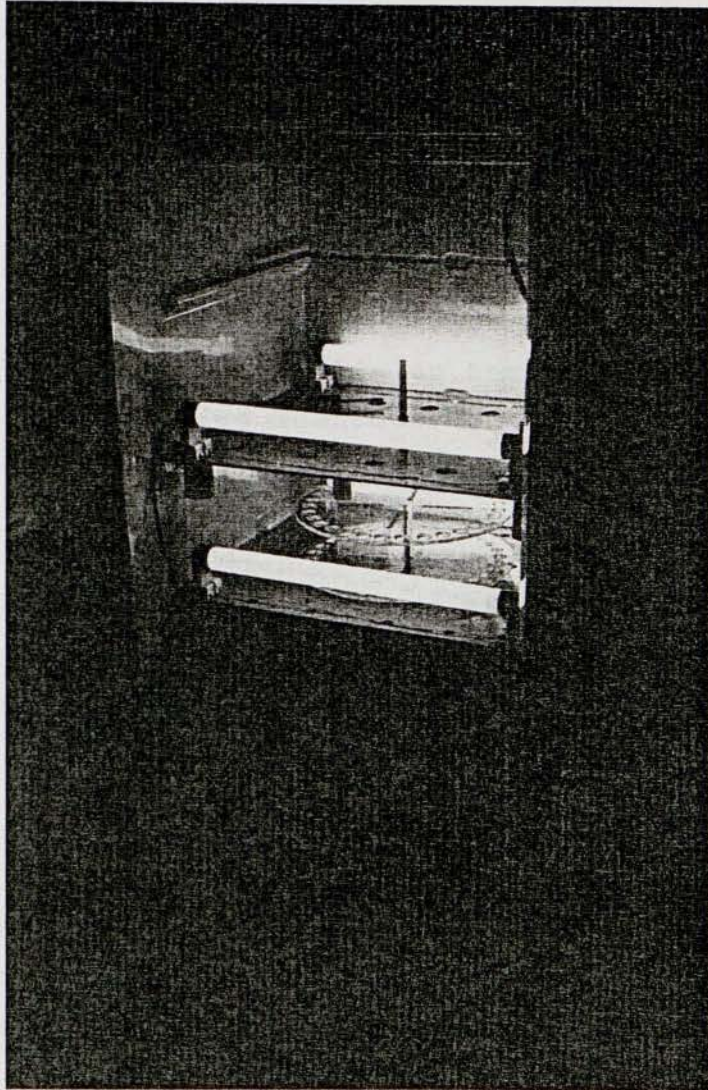


Photo : dispositif d'homogénéisation  
et d'incubation à température  
constante .



Les mesures de fluorescence sont faites tous les jours sur chaque tube après homogénéisation à l'aide d'un aimant. On peut ainsi déterminer les courbes de croissance dans différentes eaux, voir les courbes 12 à 17 concernant les eaux de l'Orne, de la Dives et de la Vire.

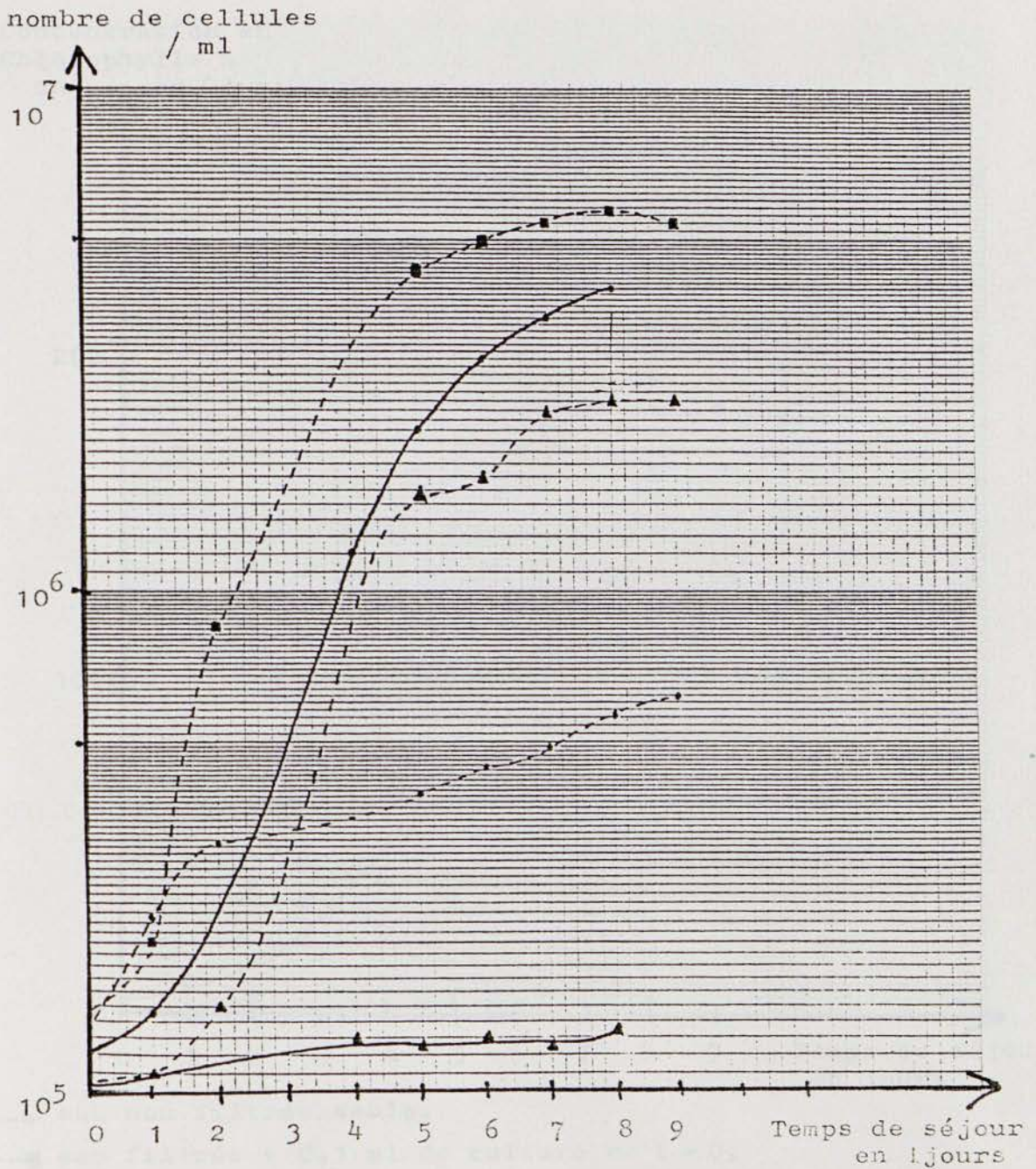
On remarque que l'eau de l'Orne indique une fertilité potentielle très importante, elle contient assez de nutriments pour permettre un développement d'algues lors d'un réchauffement

L'eau de la Vire présente une particularité. Au cinquième jour les Scenedesmus diminuent en nombre pour laisser place dès le sixième jour à d'autres algues vertes. Les raisons n'en sont pas encore connues, mais on peut penser à une substance toxique présente dans les eaux de la Vire en concentration suffisante pour provoquer la mort des Scenedesmus. Cette substance peut provenir de pollutions diverses comme elle peut avoir été sécrétée par des algues *minérale ?*

Les tests de fertilité pourront être utilisés, dans l'avenir, pour étudier quantitativement le processus d'eutrophisation et de prolifération d'algues. Leur mise en oeuvre demande peu de matériel et est relativement peu coûteuse.

Il serait intéressant d'effectuer aussi, des tests en utilisant des milieux contenant des éléments seuls ou en association, comme par exemple le phosphore et le calcium, afin d'expliquer le fait que dans certaines eaux riches en nutriments il n'y a jamais de développements massifs d'algues planctoniques.

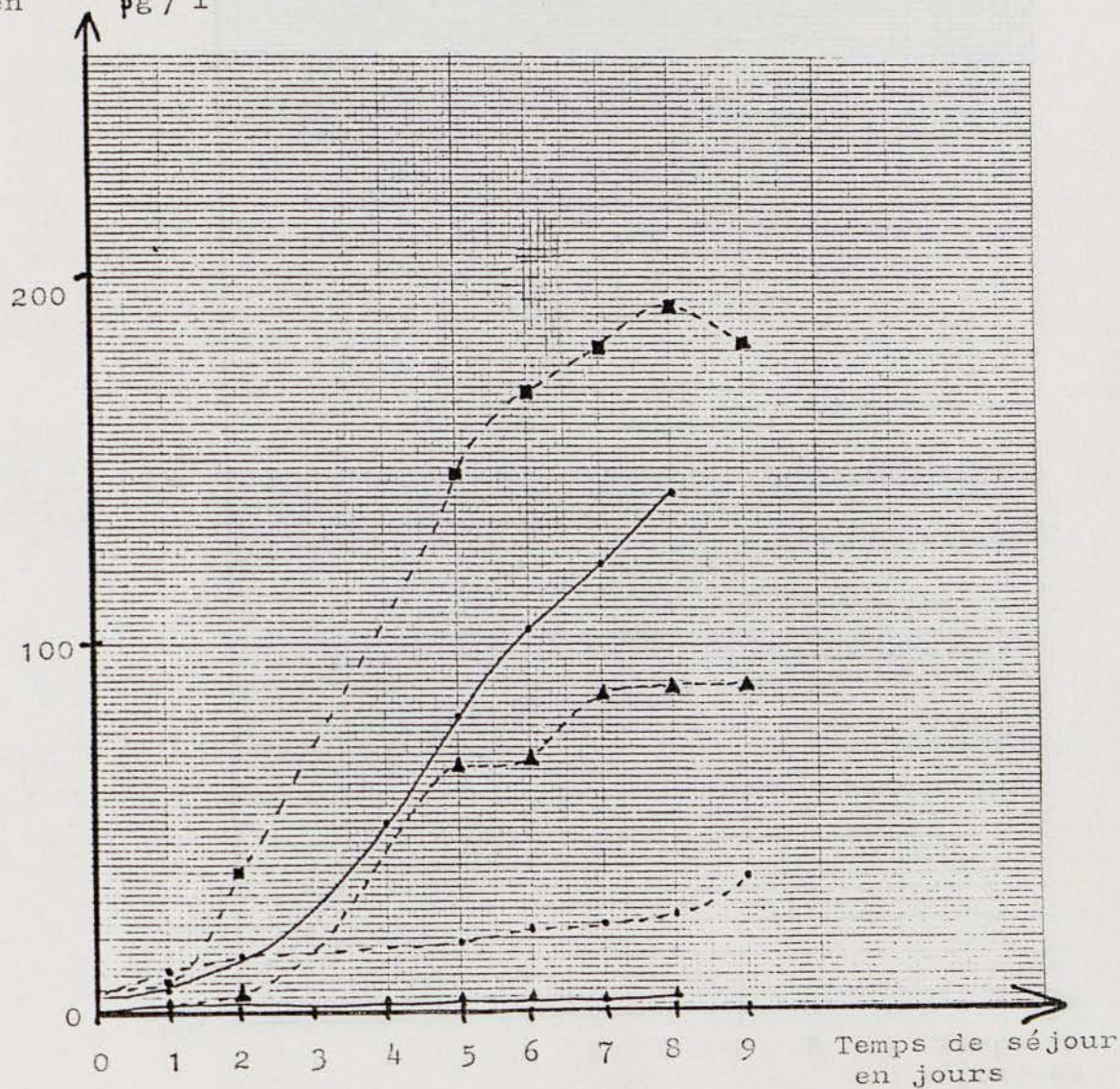
COURBE N ° 12 : Etude de la croissance du *Scenedesmus* Sp.  
 dans l'eau de l'Orne, ( prélèvement du 28/  
 05/86 à Fleury ).



- eau non filtrée seule,
- eau filtrée + 0,1 ml de culture en L-C,
- ▲----- eau filtrée + 0,1 ml de culture en eau d'Evian,
- témoin ( L-C ),
- ▲----- témoin ( Evian ).

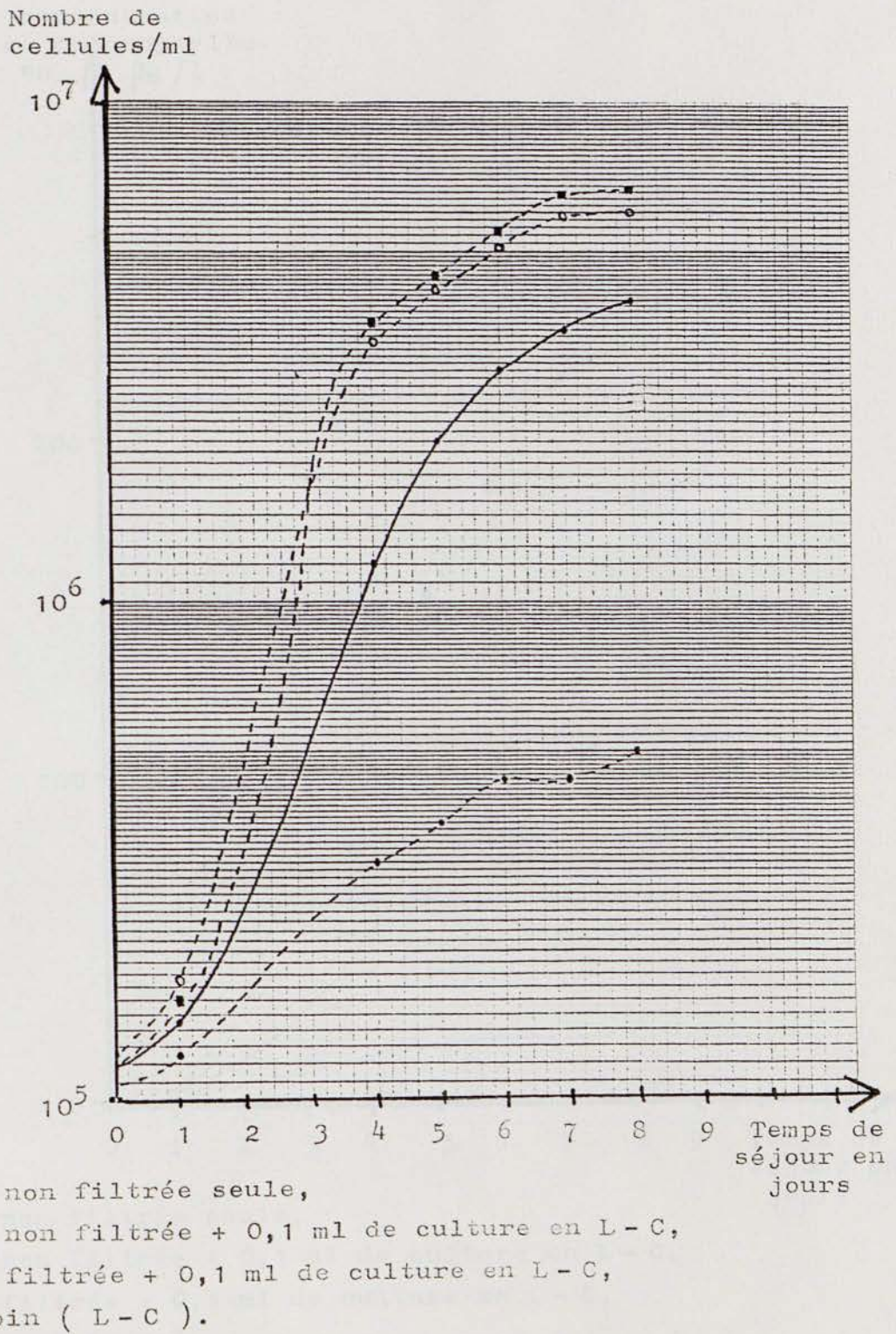
COURBE N° 13 : Evolution de la concentration en chlorophylle a d'une culture de Scenedesmus Sp. dans l'eau de l'Orne, ( prélèvement du 28/05/86 à Fleury ).

Concentration en Chlorophylle a en  $\mu\text{g/l}$

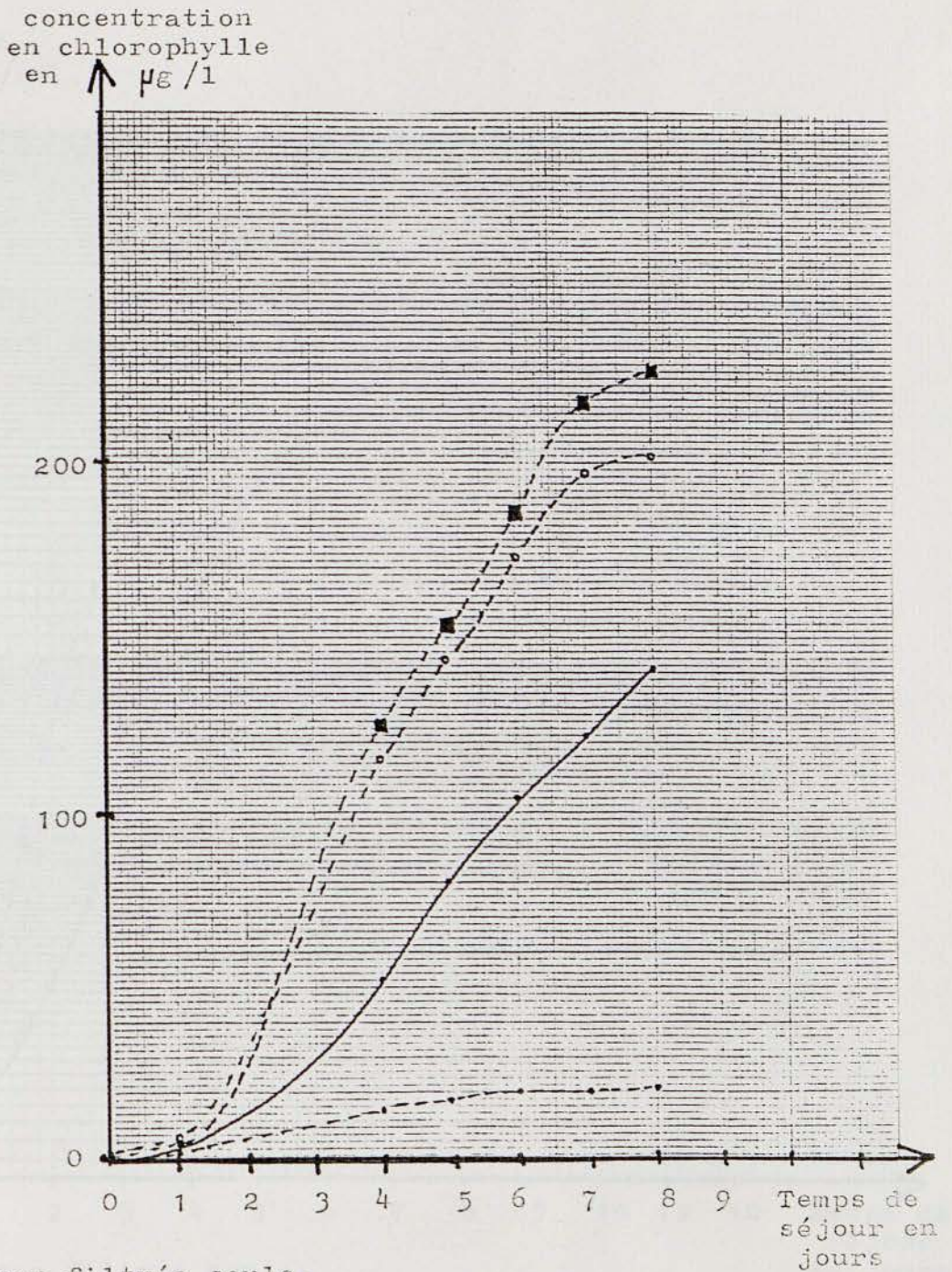


- eau non filtrée seule,
- eau filtrée + 0,1 ml de culture en L-C,
- ▲-----▲ eau filtrée + 0,1 ml de culture en eau d'Evian,
- témoin ( L-C ),
- ▲— témoin ( Evian ).

COURBE N ° 14 : Etude de la croissance du *Scenedesmus* Sp.  
 dans l'eau de la Dives , ( prélèvement du 21/  
 05/86 ).

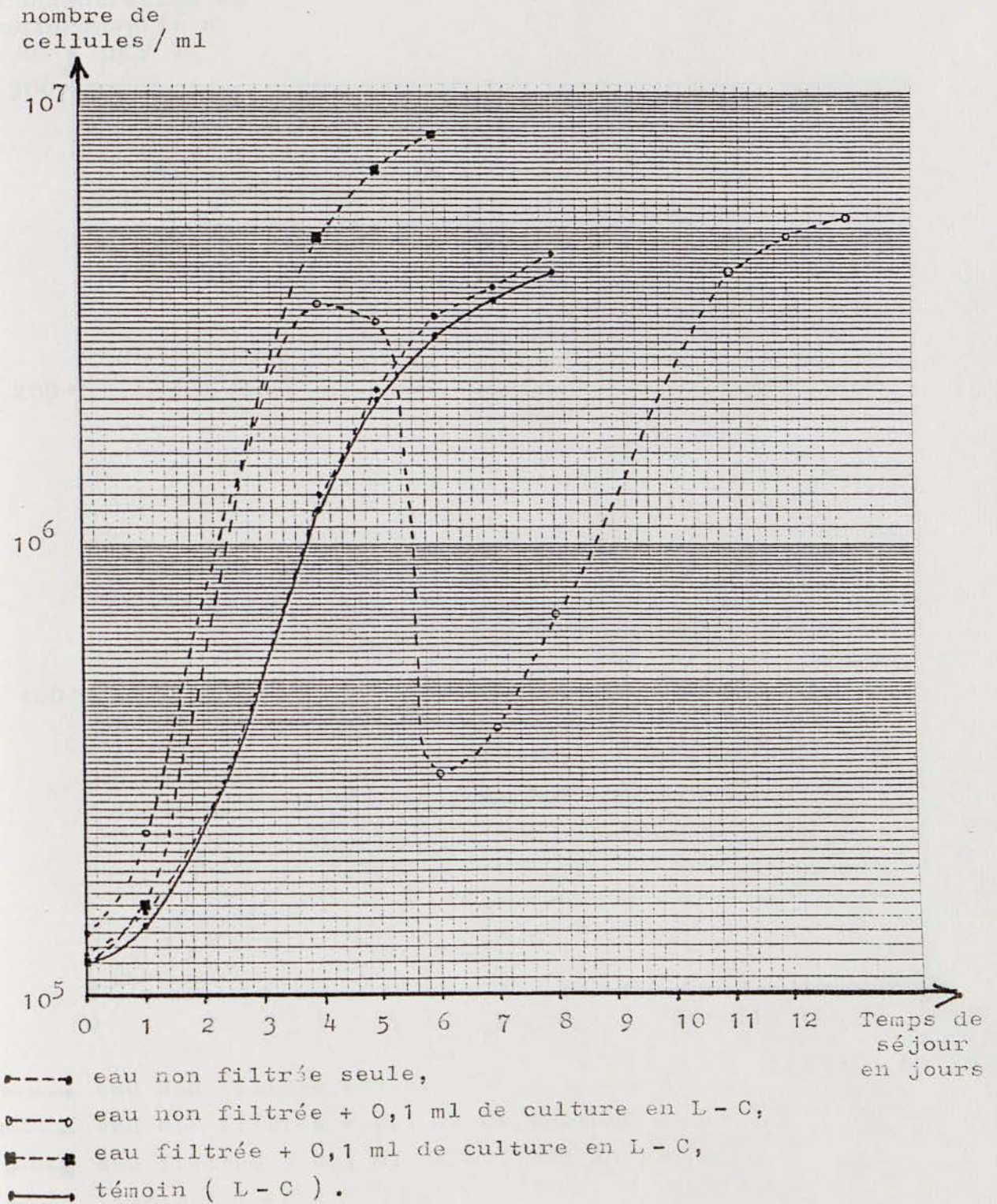


COURBE N° 15 : Evolution de la concentration en chlorophylle a d'une culture de Scenedesmus Sp. dans l'eau de la Dives, ( prélèvement du 21/05/86 ) .

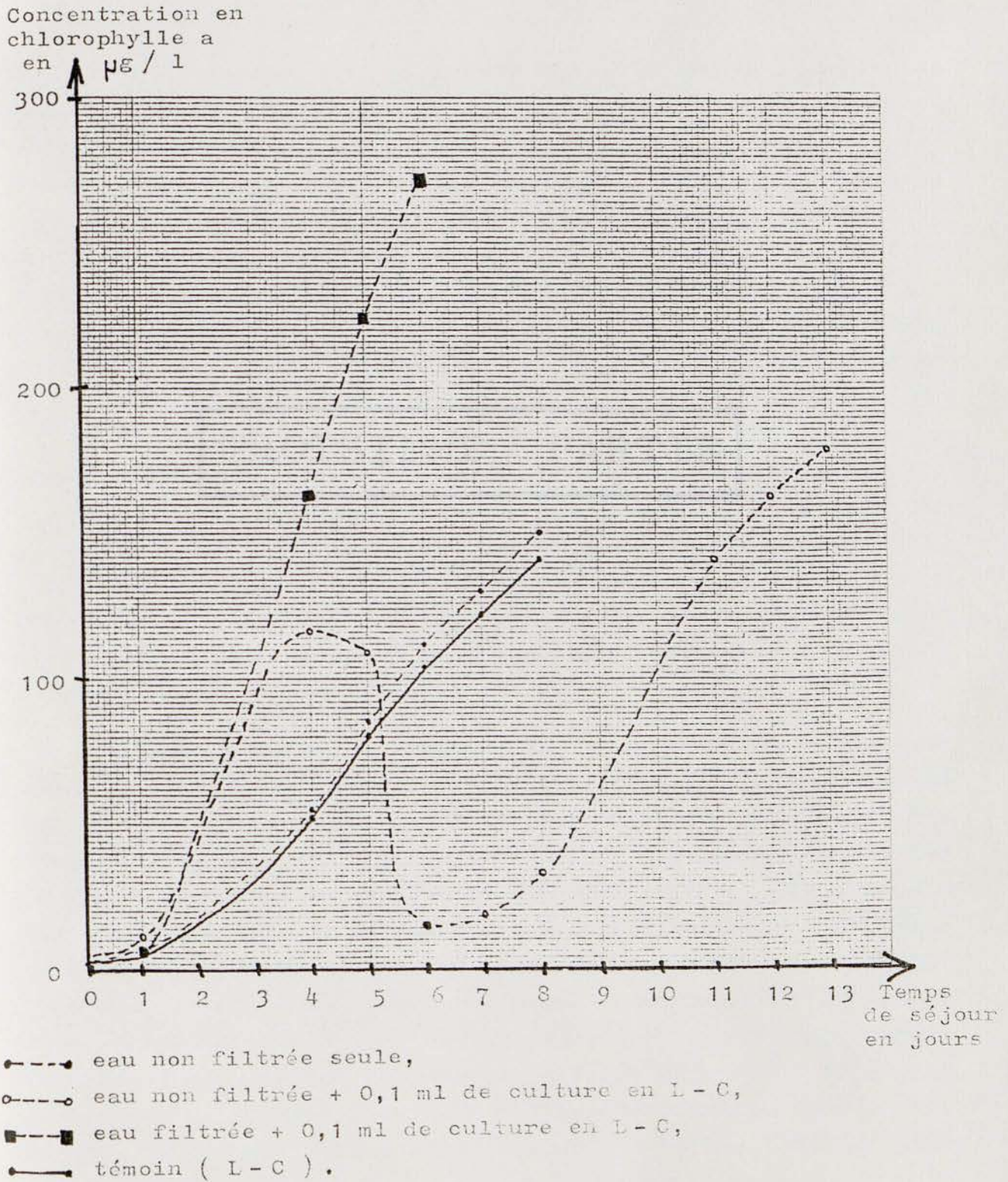


- - -• eau non filtrée seule,
- - -○ eau non filtrée + 0,1 ml de culture en L-C,
- - -■ eau filtrée + 0,1 ml de culture en L-C,
- - -● témoin ( L-C ) .

COURBE N° 16 : Etude de la croissance du *Scenedesmus* Sp.  
 dans l'eau de la Vire , ( prélèvement du  
 21/ 05/85 ).



COURBE N° 17 : Evolution de la concentration en chlorophylle a d'une culture de Scenedesmus Sp. dans l'eau de la Vire, ( prélèvement du 21/05/86 ).



LES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES DANS LES MÉTIERS DE TRAVAIL  
ET LES SPÉCIFICITÉS FIXÉES PAR LES NIVEAUX ÉLEVÉS

TROISIÈME PARTIE



## 1- LES DIFFICULTES RENCONTREES DANS LES FILIERES DE TRAITEMENT

### ET LES SPECIFICITES INDUITES PAR LES NOUVELLES POLLUTIONS .

Nous donnerons ici un aperçu des difficultés rencontrées dans le traitement de l'eau et causées pour la plupart par la prolifération des algues et les teneurs anormales dues aux pollutions ( accidentelles, rejets ponctuels ou sources diffuses ) .

En fait, les objectifs du traitement restent les mêmes :

- d'une part la santé publique qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques, ni germes pathogènes. ( voir annexe 1 : Directive Européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine du 15 juillet 1980 suivie de la liste des paramètres et des normes de potabilité ) .
- d'autre part l'agrément du consommateur, il s'agit ici des qualités organoleptiques de l'eau, c'est-à-dire celles qui sont perçues par les sens : température, turbidité ( inverse de la limpidité ) et couleur, goût et odeur .
- enfin, la protection du réseau de distribution et des installations des usagers contre l'entartrage et la corrosion, aspect que nous verrons au chapitre suivant .

Ce qui change par contre, ce sont les qualités et les teneurs des différents paramètres de l'eau brute. Dans nos régions par exemple on traite de plus en plus les eaux usées dans les stations d'épuration, celles-ci rejettent des éléments sources de gênes au niveau du traitement ( phosphore ... ) , les rejets sources de matières en suspension ont été éliminés et bien d'autres aspects ont évolués. Une première conséquence sur la qualité des cours d'eau ( et donc là où se trouvent les prises d'eau superficielle ) est une relativement bonne turbidité mais favorisant des teneurs élevées en matières organiques et autres paramètres qui peuvent influencer sur la consommation en réactifs ou sur le pouvoir corrosif par exemple, de l'eau tout au long de la filière .

On en vient donc à multiplier le nombre de phases d'une filière de traitement. Et cette multiplicité implique des effets de synergie que les spécialistes tentent de faire jouer en faveur d'un bon traitement.

Pour plus de clarté, cheminons tout au long d'une filière de traitement complète afin d'inventorier les problèmes rencontrés et les spécificités à apporter. ( voir le tableau 17 de la page 136 ).

Au niveau du prétraitement il n'y a que très peu de modifications, il est presque systématique dans le traitement des eaux destinées à la consommation : dégrillage, dessablage et débouillage, destinés à retenir les corps flottants volumineux, les particules minérales assez grossières et une grande partie des limons. Pour le tamisage ou microtamisage, destinés à éliminer les particules de petites dimensions qui flottent en surface et entre deux eaux, il y a un risque de colmatage par les masses importantes de matières organiques.

Pour la préoxydation ou la préchloration dont la principale fonction est l'élimination des goûts et couleurs générés par des qualités médiocres de l'eau brute, les problèmes sont les mêmes que pour la désinfection que nous verrons plus loin, d'ailleurs les réactifs utilisés sont semblables ( chlore, dioxyde de chlore et ozone ) .

Remarquons que pour des eaux riches en matières organiques une phase de préchloration est souvent indispensable, surtout pendant la période de développement algal. On a remarqué en effet que cette solution pouvait réduire considérablement la vitesse de colmatage des filtres. Mais il faut aussi tenir compte des réactions du chlore avec les métabolites extracellulaires secrétés par les algues ( précurseurs d'haloformes ) c'est pourquoi il faudrait prévoir avant, un traitement des algues ou utiliser de préférence à la chloration une préozonation.

En cas de goûts trop désagréables l'utilisation de charbon actif en poudre est souhaitée. Remarquons enfin qu'en cas de fortes concentrations en fer et en manganèse il faut utiliser une oxydation forte au permanganate de potassium (  $\text{KMnO}_4$  ).

( voir en annexe 4, le schéma de l'usine de Louvigny, on y

remarque une phase de préchloration et l'utilisation du charbon actif en poudre ) .

*noté dans l'ouvrage*

Le traitement primaire subit, lui, des transformations plus importantes. La clarification dont la fonction est l'élimination des micro-polluants, des matières en suspension et des matières colloïdales avait de très bon rendement avec les eaux brutes riches en matières en suspension. Mais à certaines périodes, les eaux peu turbides sont un problème puisque les filières ne sont pas prévues pour des eaux claires, le rendement diminue en conséquence. Les réactifs utilisés sont : le sulfate d'alumine, le W.A.C. ou le carbonate de sodium pour la coagulation et la silice activée, l'eau de chaux ou l'alginate de sodium pour la floculation. Les algues étant des inhibiteurs de floculation la consommation en réactifs est augmentée considérablement, c'est pourquoi on utilise parfois une préozonation avant la clarification, elle permet de meilleurs rendements par l'effet de synergie des deux phases .

La décantation utilise des procédés de plus en plus étudiés pour économiser la superficie des traitements et pour augmenter leur rendement .

La flottation, nouvellement utilisée dans le cas des eaux chargées en matières organiques, utilise le transfert, par fixation de bulles, des solides contenus dans l'eau vers sa surface et permet d'obtenir ainsi des boues peu concentrées . Son coût d'exploitation est plus élevé que celui de la décantation .

La filtration rapide ( filtre à sable le plus souvent ) doit faire face au colmatage qui réduit sa durée d'utilisation, pour l'usine de Louvigny la durée entre deux cycles de lavage est de 30 à 40 h. La filtration lente est un traitement biologique éliminateur de l'ensemble des matières en suspension . Elle utilise des bactéries pour inhiber certains paramètres. On recommence à penser à ce type de filtration utilisé il y a encore 20 ans, malgré la superficie et la main d'œuvre qu'il demande. Son inefficacité est toutefois prouvée en cas de variation de turbidité et de fortes charges de pollutions .

Le traitement secondaire ou désinfection ( les termes oxydation et stérélisation sont aussi employés ) a pour but d'éliminer les teneurs en virus, bactéries ( quelquefois pathogènes )

et les algues, en quantité de plus en plus importante. Les produits utilisés sont :

- Le chlore, surtout utilisé pour éliminer les teneurs en ammoniaque ( chloration au break - point ).
- Le dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ) élimine rapidement le Fer et le Manganèse, mais son effet est nul contre l'ammoniaque et son prix est plus élevé que celui du chlore .
- L'ozone ( $\text{O}_3$ ) produit à partir de l'oxygène de l'air, est de plus en plus utilisé pour son pouvoir virucide excellent et pour son pouvoir éliminateur des goûts et des couleurs. Sa particularité est qu'il transforme les grandes molécules en plus petites, plus facilement biodégradables ( il détruit ainsi les détergents, pesticides... ). Remarquons qu'il faut éviter les interférences analytiques chlore - ozone et la corrosion dus au couplage de ces oxydants. Pour cela il faut éliminer le résiduel de chlore par une déchloration qui transformera les chloramines en ammoniaque . En fin d'ozonation on fera une chloration éliminant l'ammoniaque et permettant de maintenir un résiduel bactériostatique afin d'éviter les problèmes de dégradation de qualité de l'eau dans les canalisations de distribution .

Néanmoins l'eau n'a pas toujours à ce stade les qualités requises . On ajoute alors une phase d'affinage qui élimine les matières organiques trop importantes pour le consommateur et améliore en même temps les qualités organoleptiques de l'eau . On utilise le plus souvent un filtre à charbon actif en grains . (C'est par exemple le cas de l'usine de Louvigny qui se verra dotée dans l'avenir de cet affinage, témoin d'une qualité pas encore excellente... au goût de la ville de Caen ).

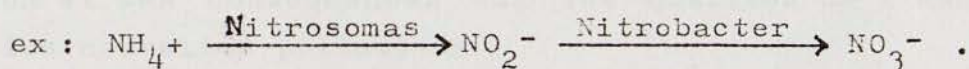
Enfin une neutralisation est indispensable pour rétablir le Ph au Ph de saturation ou d'équilibre .

Les traitements spécifiques concernent des domaines divers :

- La filière de dénitrification (souvent très coûteuse), utilisée pour éliminer les teneurs élevées en nitrates ( pour

les eaux souterraines par exemple ), la filière biologique utilisant des bactéries hétérotrophes anaérobies ou la filière par échange d'ions, comparable par principe à l'adoucissement .

- La filière de nitrification pour transformer l'ammoniaque ( source de goûts terreux, consommateur de chlore, agissant sur le réseau et surtout indicateur de la pollution globale de l'eau ) en nitrites ou nitrates . La filière par chloration au break-point ( point limite ) ou biologique, utilisant des bactéries autotrophes aérobies nitrifiantes .



- La déferrisation par oxydation et filtration de l'hydroxyde formé pour éliminer le Fer ferreux ( $\text{Fe}^{++}$ ) et le Fer ferrique ( $\text{Fe}^{+++}$ ) respectivement forme réduite et oxydée du Fer dans un milieu dépourvu d'oxygène ( responsables de la couleur rouge, du goût métallique et de la corrosion .
- La démanganisation par oxydation énergétique par le dioxyde de chlore, l'ozone ou le permanganate de potassium, pour éliminer toutes les formes de Manganèse .

Ces deux filières peuvent se faire par oxydation enzymatique sous l'influence de bactéries spécifiques utilisées dans les conditions précises de potentiel d'oxydo-réduction . ( ex : Gallionella pour le Fer ) .

- La déchloration par le bisulfite de sodium ( usine de Choisy le Roi par exemple .
- La défluoruration par adsorption sur le phosphate tricalcique ou l'alumine activée .
- La déchromatation par réduction du chrome hexavalent ( très toxique ) en chrome trivalent ou par percolation sur charbon actif en grains ou alumine activée .

La décarbonatation et l'adoucissement sont utilisés pour des eaux riches en calcaire et magnésium ( eaux profondes par exemple ) .

- La décarbonatation par la chaux provoque la formation de carbonates insolubles, éliminés dans le décanteur .

- L'adoucissement de l'eau par échange d'ions. En saturant les résines synthétiques, qui fixent les ions positifs, par des ions sodium on remplace dans l'eau qui passe dans cette phase le calcium en sodium.

Nous reverrons l'étude de ces deux filières dans le chapitre suivant.

Ces considérations montrent l'évolution qui s'est produite depuis peu sur la conception des filières qui doivent faire face aux nouveaux problèmes causés principalement par l'eutrophication et ses conséquences sur les qualités de l'eau brute et par les nouvelles pollutions.

Comparer les eaux superficielles et les eaux souterraines serait inutile. On peut simplement dire qu'en cas de sources souterraines très polluées le traitement sera plus complexe et surtout plus coûteux que pour une eau superficielle.

Trouver des synergies dans des filières très complexes n'est pas chose facile et fait l'objet d'études, mais les considérations simples exposées précédemment pourraient en étant appliquées, limiter les effets néfastes et incontrôlables existants encore dans trop de stations de traitement.

Mais le problème ne s'arrête pas là en fait, contrairement à ce que pensent bien des exploitants de stations. Les bonnes qualités de l'eau traitée à la sortie d'usine ne sont pas garanties au robinet du consommateur. En effet il existe des dégradations de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution.

TABLEAU N°17 : Traitement à prévoir en fonction des paramètres à corriger ou à éliminer .

PARAMETRES EXAMINES	Conséquences	Traitement à prévoir en cas		Domaine d'application le plus fréquent	
		d'insuffisance	d'excès		
1. <u>Eléments non dissous</u>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Matières en suspension</li> <li>{ Matières colloïdales</li> </ul>	Turbidité	-	Clarification	Eaux superficielles	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eléments vivants { bactéries, virus</li> <li>{ plancton</li> </ul>	Santé Publique Aspect esthétique - corrosions	-	Désinfection	Toutes les eaux, notamment : -eaux de surface: germes pathogènes, plancton -eaux souterraines:ferro-bactéries	
2. <u>Eléments dissous</u>					
2.1.- <u>Matières organiques</u>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>{ acides organiques { fulviques</li> <li>{ naturels { humiques</li> <li>{ matières colorantes d'origine industrielle</li> </ul>	Couleur fermentations	-	Clarification (+ O <sub>3</sub> et/ou charbon actif)	Toutes les eaux	
<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Micropolluants(pesticides, phénols, détergents, hydrocarbures, métaux lourds sous forme soluble)</li> <li>{ Métabolites des organismes aquatiques</li> </ul>	Toxicité, goûts et odeurs		Cl <sub>2</sub> + clarification + ozone et/ou charbon actif en grains Cl <sub>2</sub> parfois	Eaux superficielles ou de nappes alluviales	
2.2.- <u>Sels dissous</u>					
Anions	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></li> <li>{ CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></li> <li>TAC</li> </ul>	Corrosion ou entartrage	reminéralisation	Décarbonatation	Toutes les eaux
	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Cl<sup>-</sup></li> <li>{ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></li> <li>SAF</li> </ul>	Goûts, corrosion	-	Osmose inverse	Eaux marines ou saumâtres
	NO <sub>3</sub>	Méthémoglobinémie	-	Dénitrification	Eaux souterraines
	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Favorise les fermentations	-	Clarification	Toutes les eaux
	SiO <sub>3</sub>	Gêne sur osmose inverse	-	Aluminate	Eaux souterraines
	F	Dents, os, système nerveux	Fluoruration	Défluoruration	Eaux souterraines
	Cations	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Ca<sup>2+</sup></li> <li>{ Mg<sup>2+</sup></li> <li>TH</li> </ul>	Corrosion ou entartrage	Reminéralisation	Décarbonatation ou adoucissement
<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Na<sup>+</sup></li> <li>{ K<sup>+</sup></li> </ul>		Santé Publique		Osmose inverse	Eaux marines et saumâtres
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Fermentations		Chloration ou nitrification	Toutes les eaux
Fe <sup>2+</sup>		Eaux colorées corrosions		Déferrisation	Eaux souterraines
Mn <sup>2+</sup>		Eaux colorées corrosions		Démanganisation	Eaux souterraines
Minéralisation globale	Santé Publique corrosions		Osmose inverse	Toutes les eaux	
2.3.- <u>Gaz dissous</u>					
O <sub>2</sub> dissous	Goût, corrosions fermentations	Aération	Stripping ou filtration sous une pression suffisante	Eaux souterraines	
CO <sub>2</sub> libre	corrosions	-	Aération-neutralisation	Eaux souterraines	
H <sub>2</sub> S	odeur		Aération	Eaux souterraines	

Rens Sujet

2- LES PROBLEMES DE DEGRADATIONS DES QUALITES DE L'EAU DANS LES  
RESEAUX DE DISTRIBUTION .

La grande majorité des eaux traitées possèdent des caractéristiques répondant en tous points aux normes européennes, mais dans un certain nombre de cas la qualité de ces eaux se dégrade dans le système de distribution, phénomène auquel les consommateurs sont, bien entendu, particulièrement sensibles .

Un réseau de distribution d'eau est assimilable à un système vivant complexe et hétérogène sur lequel de nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques influent .

Les facteurs physico - chimiques qui peuvent dégrader les qualités de l'eau dans les réseaux sont la teneur en oxygène , la vitesse d'écoulement, la température et les phénomènes bactériens modifiant l'équilibre calco-carbonique et donc, favorisant la corrosion des canalisations. La refloculation peut être engendrée par un mauvais ajustement du taux de flocculant durant le traitement. Enfin il peut y avoir précipitation d'hydroxydes de fer et de manganèse par oxydation par l'oxygène ou le chlore, il faut, pour éviter cela, oxyder et filtrer l'eau dès le traitement .

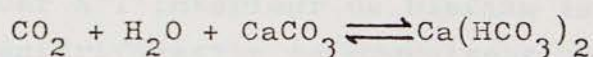
Les facteurs biologiques sont de deux ordres. D'une part la présence de bactéries fécales, indicatrices de la pollution de l'eau . Ces bactéries ne sont généralement pas pathogènes et prolifèrent dans le réseau en cas de résiduel ammoniacal et de matières organiques présentes dans l'eau. Puis présence d'algues, représentant une nourriture pour d'autres organismes plus développés ( Il faut dans ce cas nettoyer entièrement le réseau), et d'animaux supérieurs. La présence de ces derniers ne semble pas liée directement à la présence de nutriments mais plutôt à la manière dont ces nutriments ont pu progressivement s'accumuler dans les canalisations .



Des dégradations se font alors sentir : des altérations esthétiques, eau colorée et turbidité élevée, des dégradations d'origine biologique, présence de bactéries et d'animalcules, et enfin des phénomènes de relargages de micro-polluants organiques ou minéraux.

Une première solution au niveau de l'usine de traitement serait de rendre l'eau légèrement entartrante et bien oxygénée afin de favoriser la formation d'un précipité protecteur de carbonate de calcium. Ce dépôt créé à partir des carbonates de l'eau nécessite le respect de l'équilibre calco-carbonique de cette dernière en l'adouçissant, en la décarbonatant ou en la reminéralisant.

Equation de l'équilibre calco-carbonique :



En effet lorsque l'eau est trop agressive, donc très peu minéralisée (T.H. et T.A.C. faibles), elle contient peu de bicarbonate, il faut alors la reminéraliser.

Par contre lorsque l'eau est dure, entartrante et donc peu minéralisée (T.H. et T.A.C. élevés), elle contient beaucoup de bicarbonates, il faut alors l'adoucir (diminuer le T.H.) ou la décarbonater (diminuer le T.A.C.).

Au niveau du consommateur ce choix est important, une eau trop dure l'obligera à recourir à un adoucisseur pour l'utilisation ménagère de l'eau. L'utilisation de ces adoucisseurs diminue car l'eau salée (calcium remplacé par sodium), entraîne des problèmes cardiaques. C'est pourquoi les abonnés utilisent de plus en plus l'eau potable sans l'adoucir, quitte à employer des produits polyphosphatés pour les tâches ménagères (le calgon par exemple).

Une deuxième solution est d'éliminer convenablement le fer et le manganèse ainsi que toutes particules susceptibles de décanter dans le réseau.

Enfin, toujours au niveau du traitement il faut, en fin de ce dernier, utiliser un désinfectant au pouvoir rémanant élevé

ou diminuer le cas échéant la teneur en carbone organique assimilable .

Des dégradations peuvent aussi être dues à l'état des canalisations ou à la conception du réseau. Un surdimensionnement des canalisations ralentira l'eau et le temps de séjour sera augmenté. Sur les réseaux très maillés des reviviscences bactériologiques pourront apparaître proche des zones de partage. Sur ces réseaux, le mélange d'eaux de qualités différentes peut déséquilibrer l'équilibre calco - carbonique et favoriser le développement de la corrosion ou de l'entartrage. Ce sont les principaux problèmes causés par l'interconnexion. La présence de bactéries, d'algues, de tannins ou de lignines peut conduire à un recouvrement des parois des conduites par des substances visqueuses, mucilageuses appelées biofilms. Quand l'oxygène vient à manquer à l'intérieur du biofilm la réduction des sulfates et la dénitrification se produisent, déclenchant ainsi un processus de corrosion sur les canalisations métalliques. Les micro-polluants transportés par l'eau sont retenus par ce biofilm pour être entraînés brutalement lors de l'augmentation du régime hydrodynamique dans la conduite.

Pour la gestion de la distribution il faut concevoir des réseaux où la vitesse de l'eau évite les dépôts et apporte l'oxygène nécessaire. Il faut aussi prévoir des pentes suffisantes pour faciliter l'élimination des dépôts aux points bas et le dégazage aux points hauts. Les poches d'air pouvant être éliminées par un système anti-bélier. Il faut éviter enfin, le contact direct des parois extérieures des canalisations avec des sols agressifs.

Pour que les améliorations apportées aux filières de traitement soient bénéfiques pour tous, il faut que les qualités de l'eau en sortie de station soient au delà des normes, car il faut que l'abonné ait une eau de la qualité requise. Les risques de dégradations dans le réseau de distribution ne sont pas négligeables et nécessitent de prendre des mesures préventives et curatives aussi bien de la part du distributeur que de l'exploitant de la station de traitement.

## CONCLUSION

Les conclusions à propos de cette étude sont nombreuses. En ce qui concerne les facteurs de pollution, et mis à part les pollutions accidentelles, il convient de souligner l'importance de l'agriculture dans l'apport diffus de nutriments azotés et des stations d'épuration dans l'apport ponctuel de nutriments phosphorés. Cet enrichissement en éléments nourriciers de l'eau et des sédiments d'un lac peut dépasser une certaine limite, dite dangereuse, à partir de laquelle il y a détérioration des qualités de l'eau, cette limite dépassée, le niveau trophique et les paramètres de l'eau sont caractéristiques du phénomène d'eutrophisation.

Comme nous l'avons vu, ce phénomène était jusqu'à une époque récente, un processus lent, assimilable à un vieillissement affectant aussi bien les lacs naturels que les retenues artificielles. Mais pendant ces dernières décennies, l'emploi intensif d'engrais et de détergents et l'accroissement du volume des eaux usées ont accéléré fortement ce processus.

Le phosphore et l'azote en sont, on l'a vu, les principaux agents. Il convient donc à long terme de lutter contre ces origines du processus afin de diminuer les flux en nutriments.

Actuellement, l'implantation d'aménagements hydrauliques peut avoir des effets sur l'environnement, et ce, aussi bien en amont du barrage, dans la retenue, qu'à l'aval du barrage. Ces effets peuvent être bénéfiques ou contraires.

Les aspects bénéfiques sont l'irrigation, l'alimentation en eau potable des populations et des entreprises, la protection contre les crues et le relèvement des étiages, la production d'électricité, la navigation et enfin les activités touristiques et de loisirs, malheureusement incompatibles avec les premières fonctions énumérées.

Les effets néfastes sont liés au processus d'eutrophisation et à la prolifération d'algues que nous avons illustrés au moyen d'exemples de retenues de notre région, de Grande Bretagne et même d'Egypte. Nous aurions pu parler des Etats Unis, de l'Europe et de l'Indonésie ou de certains pays africains comme la Côte d'Ivoire qui sont soumis au même phénomène, mais avec des caractéristiques particulières aux pays tropicaux.

Les impacts d'un barrage sont donc nombreux, outre la modification des paramètres physico-chimiques et biologiques, on assiste à de nombreuses modifications non recherchées : la mer qui gagne sur le littoral quand les sédiments sont piégés, la réduction de la pêche à l'aval quand les sels nutritifs sont piégés. De plus, cela remet en cause la fonction de réservoir d'alimentation, et par là l'utilisation des eaux superficielles, trop vulnérables à ces problèmes.

Quand la nécessité d'un aménagement hydraulique est prouvée, il faut tout au moins qu'il soit prévu une étude de qualité visant à mesurer l'impact sur l'environnement. C'est une modification du cours de la nature que d'implanter un barrage, et il est actuellement difficile de lutter contre ses conséquences néfastes.

Il faut donc tenir compte de ces problèmes, actuellement inévitables, dès l'avant projet, et ce, en termes qualitatifs. Nous savons par exemple que la balance ionique des eaux superficielles du bassin armoricain ( Bretagne et Manche ) est favorable au phénomène d'eutrophisation. Construire un barrage dans cette région devrait impliquer qu'un budget soit libéré dès le projet pour lutter contre la prolifération d'algues et autres effets de l'eutrophisation.

Par contre, dans d'autres régions ( bassins calcaires ) le phénomène est inconnu. Il convient donc d'analyser, par le suivi d'études de qualité des eaux, l'importance respective des différents facteurs et paramètres qui, agissant ensemble, favorisent le processus d'eutrophisation.

*Il y a des phénomènes semblables dans les estuaires du B V  
calcaires de la Haute norme en région de Langres !!  
et aussi sur la Meuse moyenne*

# DIRECTIVE EUROPÉENNE RELATIVE À LA QUALITÉ DES EAUX DESTINÉES À LA CONSOMMATION HUMAINE DU 15 JUILLET 1960

## LE CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

considérant que la Commission européenne a examiné et révisé les articles 109 et 234

de la Constitution de la Communauté

à la lumière de l'article 101

de la Constitution européenne et qu'elle

considérant que l'importance pour la santé humaine de la consommation d'eau potable est telle qu'il convient de garantir de manière constante et uniforme la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine

considérant que les dispositions relatives à la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine sont énoncées dans la Directive de la Commission du 15 juillet 1960 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

considérant qu'il apparaît nécessaire d'assurer la mise en œuvre de la législation d'une façon uniforme dans les États membres de la Communauté et de garantir, par une réglementation commune, l'application de la Directive de la Commission du 15 juillet 1960 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

considérant que les programmes d'action des États membres en matière de qualité des eaux destinées à la consommation humaine

1971 et de 1972 (1) relatives à l'établissement de normes applicables aux installations communales publiques et aux grands usages pour le traitement des eaux destinées à la consommation humaine, ainsi que la nécessité de garantir la pureté, l'absence de bactéries et de parasites, ainsi que l'absence de substances nocives à la consommation humaine

considérant que, pour les eaux destinées à la consommation humaine, il est nécessaire d'établir des normes particulières et qu'il y a lieu d'adopter des mesures de protection des eaux destinées à la consommation humaine, ainsi que des mesures pour assurer la pureté, l'absence de bactéries et de parasites, ainsi que l'absence de substances nocives à la consommation humaine

# ANNEXES

considérant que, par la Directive 1960/18/CEE, le Conseil a adopté des normes pour la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

considérant que les valeurs limites pour certains paramètres doivent être indiquées en regard de la consommation humaine

considérant que, pour les eaux destinées à la consommation humaine, il est nécessaire d'établir des normes particulières et qu'il y a lieu d'adopter des mesures de protection des eaux destinées à la consommation humaine

considérant que les valeurs correspondantes à un niveau plus élevé de pureté des eaux destinées à la consommation humaine

considérant que la protection des eaux destinées à la consommation humaine ne peut être assurée que par l'application de mesures adéquates et qu'il est nécessaire d'établir des normes particulières et qu'il y a lieu d'adopter des mesures de protection des eaux destinées à la consommation humaine

considérant que, afin d'assurer une certaine uniformité dans l'application de la présente directive, il y a lieu d'établir des normes particulières et qu'il y a lieu d'adopter des mesures de protection des eaux destinées à la consommation humaine

(1) JO L 103 du 22.7.1960, p. 12.  
JO L 103 du 22.7.1960, p. 12.  
JO L 103 du 22.7.1960, p. 12.

**DIRECTIVE EUROPÉENNE  
RELATIVE À LA QUALITÉ DES EAUX DESTINÉES À  
LA CONSOMMATION HUMAINE  
DU 15 JUILLET 1980**

**LE CONSEIL DES COMMUNAUTÉS  
EUROPÉENNES,**

vu le traité instituant la Communauté économique européenne, et notamment ses articles 100 et 235,

vu la proposition de la Commission,

vu l'avis de l'Assemblée <sup>(1)</sup>,

vu l'avis du Comité économique et social <sup>(2)</sup>,

considérant que l'importance pour la santé publique des eaux destinées à la consommation humaine rend nécessaire la fixation de normes de qualité auxquelles doivent satisfaire ces eaux ;

considérant qu'une disparité entre les dispositions déjà applicables ou en cours de préparation dans les différents États membres en ce qui concerne la qualité des eaux destinées à la consommation humaine peut créer des conditions de concurrence inégales et avoir, de ce fait, une incidence directe sur le fonctionnement du marché commun ; qu'il convient donc de procéder dans ce domaine au rapprochement des législations prévu à l'article 100 du traité ;

considérant qu'il apparaît nécessaire d'assortir ce rapprochement des législations d'une action de la Communauté visant à réaliser, par une réglementation plus ample en matière d'eaux destinées à la consommation humaine, l'un des objectifs de la Communauté dans les domaines de l'amélioration des conditions de vie, d'un développement harmonieux des activités économiques dans l'ensemble de la Communauté et d'une expansion continue et équilibrée ; qu'il convient donc de prévoir à ce titre certaines dispositions spécifiques ; que les pouvoirs d'action requis en la matière n'ayant pas été prévus par le traité, il convient de recourir à l'article 235 du traité ;

considérant que les programmes d'action des Communautés européennes en matière d'environnement de

1973 <sup>(3)</sup> et de 1977 <sup>(4)</sup> prévoient la fixation de normes applicables aux substances chimiques toxiques et aux germes nocifs pour la santé présents dans les eaux destinées à la consommation humaine, ainsi que la définition de paramètres physiques, chimiques et biologiques correspondant aux différentes utilisations des eaux, et notamment des eaux destinées à la consommation humaine :

considérant que, pour les eaux minérales naturelles, il est envisagé un régime particulier et qu'il y a lieu d'exclure du champ d'application de la présente directive les eaux médicinales ainsi que certaines eaux utilisées dans des industries alimentaires lorsque cette utilisation n'est pas préjudiciable à la santé publique ;

considérant que, par la directive 75/440/CEE <sup>(5)</sup>, le Conseil a déjà établi des normes pour les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire ;

considérant que les valeurs fixées pour certains paramètres doivent être inférieures ou égales à une concentration maximale admissible ;

considérant que, pour les eaux livrées à la consommation humaine et ayant subi un traitement d'adoucissement, les valeurs fixées pour certains paramètres doivent être égales ou supérieures à une concentration minimale requise ;

considérant que les valeurs correspondant à un « niveau guide » doivent être considérées comme satisfaisantes ;

considérant que la préparation des eaux destinées à la consommation humaine pouvant nécessiter l'utilisation de certaines substances, il convient d'en réglementer l'usage pour éviter d'éventuels effets préjudiciables à la santé publique dus à des quantités excessives de ces substances ;

considérant que, afin d'atteindre une certaine souplesse dans l'application de la présente directive, il y a lieu d'autoriser les États membres à prévoir, sous certaines

(1) J.O. n° C 28 du 9-2-1976, p. 27.  
(2) J.O. n° C 131 du 12-6-1976, p. 13.

(3) J.O. n° C 112 du 20-12-1973, p. 1.  
(4) J.O. n° C 69 du 11-6-1970, p. 1.  
(5) J.O. n° L 194 du 25-7-1975, p. 34.

conditions, des dérogations à la présente directive, notamment pour tenir compte de situations particulières ;

considérant que, afin de vérifier les valeurs des concentrations des différents paramètres, il y a lieu de prévoir que les États membres prennent les dispositions nécessaires pour que soit effectué un contrôle régulier de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ;

considérant que le progrès scientifique et technique nécessite une adaptation rapide des méthodes analytiques de référence de la présente directive ; qu'il convient, pour faciliter la mise en œuvre des mesures nécessaires à cet effet, de prévoir une procédure instaurant une coopération étroite entre les États membres et la Commission au sein d'un comité pour l'adaptation aux progrès scientifique et technique,

## A ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE :

### Article premier

La présente directive concerne les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

### Article 2

Au sens de la présente directive on entend par eaux destinées à la consommation humaine toutes les eaux utilisées à cette fin, soit en l'état, soit après traitement, de quelque origine qu'elles soient :

• qu'il s'agisse d'eaux livrées à la consommation

ou

• qu'il s'agisse d'eaux :

- utilisées dans une entreprise alimentaire à des fins de fabrication, de traitement, de conservation ou de mise sur le marché de produits ou substances destinés à être consommés par l'homme

et  
- affectant la salubrité de la denrée alimentaire finale.

### Article 3

En ce qui concerne les eaux visées à l'article 2 deuxième tiret, les États membres appliquent les valeurs pour les paramètres toxiques et microbiologiques visés respectivement aux tableaux D et E du tableau I, ainsi que les valeurs des autres paramètres considérés par les autorités nationales compétentes comme susceptibles d'affecter la salubrité de la denrée alimentaire finale.

### Article 4

1. La présente directive ne s'applique pas :

a) aux eaux minérales naturelles reconnues ou définies comme telles par les autorités nationales compétentes ;  
b) aux eaux médicinales reconnues comme telles par les autorités nationales compétentes.

2. Les États membres ne peuvent, pour des motifs concernant la qualité des eaux utilisées, interdire ni entraver la mise sur le marché des denrées alimentaires si la qualité des eaux utilisées est conforme à la présente directive, à moins que cette mise sur le marché ne comporte des risques pour la santé publique.

### Article 5

La présente directive s'applique sans préjudice des dispositions spécifiques contenues dans d'autres réglementations communautaires.

### Article 6

1. Les États membres communiquent à la Commission :

- les informations appropriées au niveau des secteurs industriels pour lesquels les autorités nationales compétentes considèrent que la salubrité du produit final, au sens de l'article 2, n'est pas affectée par la qualité de l'eau utilisée,

- les valeurs nationales des paramètres autres que toxiques et microbiologiques visés à l'article 3.

2. La Commission procède à un examen de ces informations et, le cas échéant, entreprend les actions appropriées. Elle prépare périodiquement un rapport de synthèse à l'intention des États membres.

### Article 7

1. Les États membres fixent les valeurs applicables aux eaux destinées à la consommation humaine pour les paramètres figurant au tableau I.

2. En ce qui concerne les paramètres pour lesquels aucune valeur ne figure au tableau I, les États membres peuvent ne pas fixer de valeurs en application du paragraphe 1, tant qu'elles n'ont pas été déterminées par le Conseil.

3. En ce qui concerne les paramètres figurant dans les tableaux A, B, C, D et E du tableau I :

- les valeurs à fixer par les États membres doivent être inférieures ou égales aux valeurs figurant dans la colonne « Concentration maximale admissible » :



- pour la fixation des valeurs les États membres s'inspirent de celles figurant dans la colonne « Niveau guide ».

4. En ce qui concerne les paramètres figurant dans le tableau F du tableau I, les valeurs à fixer par les États membres doivent être supérieures ou égales aux valeurs figurant dans la colonne « Concentration minimale requise » pour les eaux visées à l'article 2 premier tiret ayant subi un traitement d'adoucissement.

5. L'interprétation des valeurs figurant au tableau I doit se faire en tenant compte des observations.

6. Les États membres prennent les dispositions nécessaires pour que les eaux destinées à la consommation humaine soient au moins conformes aux exigences spécifiées du tableau I.

#### Article 8

Les États membres prennent toutes les dispositions nécessaires pour que toute substance utilisée lors de la préparation des eaux destinées à la consommation humaine ne se retrouve pas dans les eaux mises à la disposition de l'utilisateur en concentrations supérieures aux concentrations maximales admissibles concernant ces substances et ne puisse pas entraîner directement ou indirectement un risque pour la santé publique.

#### Article 9

1. Les États membres peuvent prévoir des dérogations à la présente directive pour tenir compte :

a) de situations relatives à la nature et à la structure des terrains de l'aire dont est tributaire la ressource considérée.

Lorsqu'un État membre décide une telle dérogation, il en informe la Commission dans les deux mois qui suivent sa décision en précisant les motifs de la dérogation.

b) de situations relatives à des circonstances météorologiques exceptionnelles.

Lorsqu'un État membre décide une telle dérogation, il en informe la Commission dans les quinze jours qui suivent sa décision en précisant les motifs et la durée de la dérogation.

2. Les États membres n'informent la Commission des dérogations visées au paragraphe 1 que si celles-ci concernent un approvisionnement en eau au moins égal à 1 000 mètres cubes par jour ou une population au moins égale à 5 000 personnes.

3. Les dérogations prises en vertu du présent article ne peuvent en aucun cas concerner les facteurs toxiques et microbiologiques ni entraîner un risque pour la santé publique.

#### Article 10

1. En cas de circonstances accidentelles graves, les autorités nationales compétentes peuvent autoriser, pendant une période de temps limitée et jusqu'à concurrence d'une valeur maximale qu'elles fixent, un dépassement des concentrations maximales admissibles figurant au tableau I, dans la mesure où ce dépassement ne présente aucun risque inacceptable pour la santé publique et où l'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine ne peut être assuré d'aucune autre façon.

2. Sans préjudice de l'application de la directive 75/440/CEE, et, en particulier, de son article 4 paragraphe 3, lorsqu'un État membre est contraint, pour son approvisionnement en eau potable, d'avoir recours à une eau superficielle qui n'atteint pas les concentrations impératives de la catégorie d'eau A 3 au sens de l'article 2 de ladite directive, et qu'il ne peut envisager un traitement approprié pour obtenir une eau alimentaire de la qualité définie par la présente directive, cet État membre peut autoriser, pendant une période de temps limitée et jusqu'à concurrence d'une valeur maximale admissible qu'il fixe, un dépassement des concentrations maximales admissibles figurant au tableau I, dans la mesure où ce dépassement ne présente aucun risque inacceptable pour la santé publique.

3. Les États membres qui ont recours aux dérogations visées au présent article en informent immédiatement la Commission en lui indiquant les motifs et la durée probable de ces dérogations.

#### Article 11

Les États membres veillent à ce que l'application des dispositions prises en vertu de la présente directive ne puisse avoir pour effet de permettre directement ou indirectement, d'une part, la dégradation de la qualité actuelle des eaux destinées à la consommation humaine et, d'autre part, l'accroissement de la pollution des eaux destinées à la production d'eau potable.

#### Article 12

1. Les États membres prennent toutes les dispositions nécessaires pour que soit effectué un contrôle régulier de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

2. Ces contrôles portent sur toutes les eaux destinées à la consommation humaine, au point de mise à la disposition de l'utilisateur, afin de vérifier leur conformité aux exigences spécifiés au tableau I.

3. Les lieux de prélèvement des échantillons sont déterminés par les autorités nationales compétentes.

4. Pour effectuer les contrôles, les États membres se conforment au tableau II.

5. Les États membres utilisent dans toute la mesure du possible les méthodes analytiques de référence mentionnées au tableau III.

Les laboratoires qui utilisent d'autres méthodes doivent s'assurer qu'elles conduisent à des résultats équivalents ou comparables à ceux obtenus avec les méthodes indiquées au tableau III.

#### Article 13

Les modifications nécessaires pour adapter les méthodes analytiques de référence figurant au tableau III au progrès scientifique et technique sont arrêtées conformément à la procédure prévue à l'article 15.

#### Article 14

a) Il est institué un comité pour l'adaptation au progrès scientifique et technique, ci-après dénommé « comité », composé de représentants des États membres et présidé par un représentant de la Commission.

b) Le comité établit son règlement intérieur.

#### Article 15

1. Dans le cas où il est fait référence à la procédure définie au présent article, le comité est saisi par son président, soit à l'initiative de celui-ci, soit à la demande du représentant d'un État membre.

2. Le représentant de la Commission soumet au comité un projet de mesures à prendre. Le comité émet son avis sur ce projet dans un délai que le président peut fixer en fonction de l'urgence de la question en cause. Il se prononce à la majorité de quarante et une voix, les voix des États membres étant affectées de la pondération prévue à l'article 148 paragraphe 2 du traité. Le président ne prend pas part au vote.

3. a) La Commission arrête les mesures envisagées lorsqu'elles sont conformes à l'avis du comité.

b) Lorsque les mesures envisagées ne sont pas conformes à l'avis du comité, ou en l'absence d'avis, la Commission soumet sans tarder au Conseil une proposition relative aux mesures à prendre. Le Conseil statue à la majorité qualifiée.

c) Si, à l'expiration d'un délai de trois mois à compter de la saisine du Conseil, celui-ci n'a pas statué, les mesures proposées sont arrêtées par la Commission.

#### Article 16

Les États membres peuvent prendre, pour les eaux destinées à la consommation humaine, des dispositions plus sévères que celles prévues par la présente directive sans préjudice de l'article 4 paragraphe 2.

#### Article 17

Les États membres peuvent arrêter des dispositions particulières pour des mentions – tant sur les emballages ou étiquettes que dans la publicité – concernant le caractère approprié d'une eau pour l'alimentation des nourrissons. Ces dispositions peuvent concerner également les propriétés de l'eau qui conditionnent l'utilisation desdites mentions.

Les États membres qui ont l'intention de prendre de telles mesures en informent préalablement les autres États membres et la Commission.

#### Article 18

1. Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive et à ses annexes dans un délai de deux ans à compter de sa notification. Ils en informent immédiatement la Commission.

2. Les États membres communiquent à la Commission le texte des dispositions essentielles de droit interne qu'ils adoptent dans le domaine régi par la présente directive.

#### Article 19

Les États membres prennent les dispositions nécessaires pour que la qualité des eaux destinées à la consommation humaine soit rendue conforme à la présente directive dans un délai de cinq ans à compter de sa notification.

#### Article 20

Les États membres peuvent, dans des cas exceptionnels et pour des groupes de population géographiquement délimités, introduire auprès de la Commission une requête particulière quant à un délai supplémentaire pour le respect du tableau I.

Cette demande dûment motivée devra faire état des difficultés rencontrées et devra proposer un plan d'action, accompagné d'un calendrier, à mettre en œuvre pour l'amélioration de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

La Commission procédera à un examen des plans d'action, y compris les calendriers. En cas de désaccord avec l'État membre concerné, elle présentera au Conseil, à leur sujet, des propositions appropriées.

## Article 21

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

Fait à Bruxelles, le 15 juillet 1980.

Par le Conseil

Le président

J. SANTER

Tableau I. - Liste des paramètres

### A) Paramètres organoleptiques

	Paramètres	Expression des résultats (1)	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
1	Couleur.....	mg/l échelle Pt/Co	1	20	
2	Turbidité.....	mg/l Si O <sub>2</sub> unités Jackson	1 0,4	10 4	Mesure remplacée en certaines circonstances par celle de la transparence évaluée en mètres au disque de Secchi : - niveau guide : 6 m - concentration maximale admissible : 2 m
3	Odeur.....	taux de dilution	0	2 à 12 °C 3 à 25 °C	A rapprocher des déterminations gustatives
4	Saveur.....	taux de dilution	0	2 à 12 °C 3 à 25 °C	A rapprocher des déterminations olfactives

(1) Si, sur la base de la directive 71/354/CEE telle que modifiée en dernier lieu, un État membre utilise dans sa législation nationale adoptée conformément à la présente directive des unités de mesure autres que les unités indiquées dans la présente annexe, les valeurs indiquées doivent avoir le même degré de précision.

### B) Paramètres physico-chimiques (en relation avec la structure naturelle des eaux)

	Paramètres	Expression des résultats (1)	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
5	Température....	°C	12	25	
6	Concentration en ions hydrogène..	unité pH	6,5 ≤ pH ≤ 8,5		L'eau ne devrait pas être agressive. Les valeurs du pH ne s'appliquent pas aux eaux conditionnées. Valeur maximale admissible : 9,5.
7	Conductivité....	μS cm <sup>-1</sup> à 20 °C	400		En correspondance avec la minéralisation des eaux. Valeurs correspondantes de la résistivité en ohm/cm : 2 500.

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
8	Chlorure .....	mg/l Cl	25		Concentration approximative au-delà de laquelle des effets risquent de se produire : 200 mg/l.
9	Sulfates .....	mg/l SO <sub>4</sub>	25	250	
10	Silice .....	mg/l SiO <sub>2</sub>			Voir article 8.
11	Calcium.....	mg/l Ca	100		
12	Magnésium.....	mg/l Mg	30	50	
13	Sodium .....	mg/l Na	20	175 (à partir de 1984 et avec un percentile de 90)  150 (à partir de 1987 et avec un percentile de 80)  (ces percentiles sont à calculer sur une période de référence de 3 ans)	Les valeurs de ce paramètre tiennent compte des recommandations d'un groupe de travail de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (La Haye, mai 1978) concernant une réduction progressive de l'apport quotidien actuel total en chlorure de sodium à 6 grammes.  La Commission présentera au Conseil à partir du 1 <sup>er</sup> janvier 1984 des rapports sur l'évolution concernant l'ingestion totale quotidienne de chlorure de sodium par la population.  Dans ces rapports, la Commission examinera dans quelle mesure la concentration maximale admissible de 120 mg/l citée par le groupe de travail de l'OMS est nécessaire pour atteindre un niveau satisfaisant pour l'ingestion totale de chlorure de sodium et proposera, le cas échéant, au Conseil une nouvelle valeur de concentration maximale admissible pour le sodium et un délai pour atteindre une telle valeur.  La Commission présentera au Conseil, avant le 1 <sup>er</sup> janvier 1984, un rapport concernant la question de savoir si la période de référence de 3 ans relative au calcul des percentiles est fondée ou non sur le plan scientifique.
14	Potassium .....	mg/l K	10	12	
15	Aluminium.....	mg/l Al	0,05	0,2	
16	Dureté totale ...				Voir tableau F

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
17	Résidus secs . . . .	mg/l après séchage à 180 °C		1 500	
18	Oxygène dissous.	% O <sub>2</sub> de saturation			Valeur de saturation > 75 % excepté pour les eaux souterraines.
19	Anhydride carbonique libre.	mg/l CO <sub>2</sub>			L'eau ne devrait pas être agressive.

C) Paramètres concernant des substances indésirables (quantités excessives) (1)

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
20	Nitrates . . . . .	mg/l NO <sub>3</sub>	25	50	
21	Nitrites. . . . .	mg/l NO <sub>2</sub>		0,1	
22	Ammonium . . . .	mg/l NH <sub>4</sub>	0,05	0,5	
23	Azote Kjeldahl.. (N de NO <sub>2</sub> et NO <sub>3</sub> exclus)	mg/l N		1	
24	Oxydabilité (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l O <sub>2</sub>	2	5	Mesure faite à chaud et en milieu acide.
25	Carbone Organique Total (COT)	mg/l C			Toute cause d'augmentation des concentrations habituelles doit être recherchée
26	Hydrogène sulfuré . . . . .	µg/l S		non détectable organoleptiquement	
27	Substances extractibles au chloroforme . . . .	résidu sec mg/l	0,1		
28	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (après extraction par éther) ; huiles minérales.	µg/l		10	

(1) Certaines de ces substances peuvent même être toxiques lorsqu'elles sont présentes en quantités très importantes.

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
29	Phénols ..... (indice phénols)	$\mu\text{g/l C}_6\text{H}_5\text{OH}$		0,5	A l'exclusion des phénols naturels qui ne réagissent pas au chlore.
30	Bore .....	$\mu\text{g/l B}$	1 000		
31	Agents de surface (réagissant au bleu de méthylène)	$\mu\text{g/l}$ (lauryl sulfate)		200	
32	Autres composés organochlorés ne relevant pas du paramètre n° 55	$\mu\text{g/l}$	1		La concentration en haloformes doit être réduite dans toute la mesure du possible.
33	Fer .....	$\mu\text{g/l Fe}$	50	200	
34	Manganèse .....	$\mu\text{g/l Mn}$	20	50	
35	Cuivre .....	$\mu\text{g/l Cu}$	100 A la sortie des installations de pompage et/ou de préparation et de leurs annexes 3 000 Après 12 heures de stagnation dans la canalisa- tion et au point de mise à la dis- position du consommateur		Au-delà de 3 000 $\mu\text{g/l}$ peuvent apparaître des saveurs astringentes, des colorations et des corrosions.
36	Zinc .....	$\mu\text{g/l Zn}$	100 A la sortie des installations de pompage et/ou de préparation et de leurs annexes 5 000 Après 12 heures de stagnation dans la canalisa- tion et au point de mise à la dis- position du consommateur		Au-delà de 5 000 $\mu\text{g/l}$ peuvent apparaître des saveurs astringentes, de l'opalescence et des dépôts granuleux.
37	Phosphore.....	$\mu\text{g/l P}_2\text{O}_5$	400	5 000	

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
38	Fluor .....	$\mu\text{g/l F}$ 8 - 12 °C 25 - 30 °C		1 500 700	Concentration maximale admissible variable suivant la température moyenne de l'aire géographique considérée.
39	Cobalt .....	$\mu\text{g/l Co}$			
40	Matières en suspension .....		Absence		
41	Chlore résiduel..	$\mu\text{g/l Cl}$			
42	Baryum .....	$\mu\text{g/l Ba}$	100		
43	Argent .....	$\mu\text{g/l Ag}$		10	Si, dans un cas exceptionnel, il est fait un usage non systématique de l'argent pour le traitement des eaux, une valeur de concentration maximale admissible de 80 $\mu\text{g/l}$ peut être admise.

D) Paramètres concernant des substances toxiques

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
44	Arsenic .....	$\mu\text{g/l As}$		50	
45	Beryllium .....	$\mu\text{g/l Be}$			
46	Cadmium .....	$\mu\text{g/l Cd}$		5	
47	Cyanures .....	$\mu\text{g/l CN}$		50	
48	Chrome .....	$\mu\text{g/l Cr}$		50	
49	Mercure .....	$\mu\text{g/l Hg}$		1	
50	Nickel .....	$\mu\text{g/l Ni}$		50	
51	Plomb .....	$\mu\text{g/l Pb}$		50 (en eau courante)	Dans le cas de canalisations en plomb, la teneur en plomb ne devrait pas être supérieure à 50 $\mu\text{g/l}$ dans un échantillon prélevé après écoulement. Si l'échantillon est prélevé directement ou après écoulement et que la teneur en plomb dépasse fréquemment ou sensiblement 100 $\mu\text{g/l}$ , des mesures appropriées doivent être prises afin de réduire les risques d'exposition du consommateur au plomb.

	Paramètres	Expression des résultats	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
52	Antimoine.....	µg/l Sb		10	
53	Sélénium.....	µg/l Se		10	
54	Vanadium.....	µg/l V			
55	Pesticides et produits apparentés : - par substance individualisée... - au total.....	µg/l		0,1 0,5	On entend par pesticides et produits apparentés : les insecticides : - organochlorés persistants - organophosphorés - carbamates • les herbicides • les fongicides • les PCB et PCT
56	Hydrocarbures polycycliques aromatiques....	µg/l		0,2	Substances de référence : - fluoranthène - benzo 3,4 fluoranthène - benzo 11,12 fluoranthène - benzo 3,4 pyrène - benzo 1,12 pérylène - indeno (1,2,3 - cd) pyrène

E) Paramètres microbiologiques

	Paramètres	Résultats : volume de l'échantillon (en ml)	Niveau guide	Concentration maximale admissible	
				Méthode des membranes filtrantes	Méthode des tubes multiples (NPP)
57	Coliformes totaux (1).....	100	-	0	NPP < 1
58	Coliformes fécaux.....	100	-	0	NPP < 1
59	Streptocoques fécaux.....	100	-	0	NPP < 1
60	Clostridium sulfitoréducteurs.....	20	-	-	NPP ≤ 1

Les eaux destinées à la consommation humaine ne doivent pas contenir d'organismes pathogènes. En vue de compléter, en tant que de besoin, l'examen microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine, il convient de rechercher, outre les germes figurant au tableau E, les germes pathogènes, en particulier :

- les salmonelles,
- les staphylocoques pathogènes,
- les bactériophages fécaux,
- les entérovirus.

Par ailleurs, ces eaux ne devraient contenir :

- ni organismes parasites,
- ni algues,
- ni autres éléments figurés (animalcules).

(1) Sous réserve qu'un nombre suffisant d'échantillons soit examiné (95 % de résultats conformes).



	Paramètres		Résultats : volume de l'échantillon (en ml)	Niveau guide	Concen- tration maximale admissible	Observations
61	Dénombrements des germes totaux pour les eaux livrées à la consommation .....	37 °C	1	10 (1) (2)	-	
		22 °C	1	100 (1) (2)	-	
62	Dénombrements des germes totaux pour les eaux conditionnées .....	37 °C	1	5	20	Les États membres peuvent, sous leur responsabilité, lors- que sont respectés les para- mètres 57, 58, 59 et 60 et en l'absence de germes pathogè- nes, conditionner, pour leur usage interne, des eaux dont le dénombrement des germes totaux dépasse les valeurs de concentration maximale ad- missible prescrites pour le paramètre 62.  Les valeurs de concentration maximale admissible doivent être mesurées dans les 12 heures suivant le condition- nement, l'eau des échantil- lons étant maintenue à une température constante pen- dant cette période de 12 heu- res.
		22 °C	1	20	100	

(1) Pour les eaux désinfectées les valeurs correspondantes doivent être nettement inférieures à la sortie de la station de traitement.

(2) Tout dépassement de ces valeurs persistant au cours de prélèvements successifs doit donner lieu à vérification.

F) Concentration minimale requise pour les eaux livrées à la consommation humaine et ayant subi un traitement d'adoucissement

	Paramètres	Expression des résultats	Concentration minimale requise (eaux adoucies)	Observations
1	Dureté totale	mg/l Ca	60	l'eau ne devrait pas être agressive
2	Concentration en ions hydrogène	pH		
3	Alcalinité	mg/l HCO <sub>3</sub>	30	
4	Oxygène dissous			

*N.B. :*

- Les dispositions relatives à la durée, à la concentration en ions hydrogène, à l'oxygène dissous et au calcium s'appliquent aussi aux eaux provenant de dessalement.

- Si, du fait de sa dureté naturelle excessive, l'eau est adoucie conformément au tableau F, avant d'être livrée à la consommation, sa teneur en sodium peut, dans des cas exceptionnels, être supérieure aux valeurs figurant dans la colonne des concentrations maximales admissibles. On s'efforcera toutefois de maintenir cette teneur à un niveau aussi bas que possible et il ne pourra pas être fait abstraction des impératifs imposés par la protection de la santé publique.

Tableau de correspondance entre diverses unités de mesures de la dureté de l'eau

	Degré français	Degré anglais	Degré allemand	Milligrammes de Ca	Millimoles de Ca
Degré français .....	1	0,70	0,56	4,008	0,1
Degré anglais .....	1,43	1	0,80	5,73	0,143
Degré allemand .....	1,79	1,25	1	7,17	0,179
Milligrammes de Ca .....	0,25	0,175	0,140	1	0,025
Millimoles de Ca .....	10	7	5,6	40,08	1

Tableau II. - Modèles et fréquence des analyses types

A) Tableau des modèles d'analyses types (paramètres à prendre en considération pour les contrôles)

	Analyses types Paramètres à prendre en considération	Contrôle minimal (C 1)	Contrôle courant (C 2)	Contrôle périodique (C 3)	Contrôle occasionnel pour situations particulières ou accidentelles (C 4)
A	Paramètres organoleptiques	odeur <sup>(1)</sup> saveur <sup>(1)</sup>	odeur saveur turbidité (aspect)	Analyse de contrôle courant + autres paramètres selon renvoi <sup>(4)</sup>	L'autorité nationale compétente des États membres déterminera les paramètres <sup>(5)</sup> , selon les circonstances, en prenant en considération toutes les conditions qui pourraient avoir un effet néfaste sur la qualité de l'eau potable livrée au consommateur
B	Paramètres physico-chimiques .....	conductivité ou un autre paramètre physico-chimique chlore résiduel <sup>(3)</sup>	température <sup>(2)</sup> conductivité ou un autre paramètre physico-chimique pH chlore résiduel <sup>(3)</sup>		
C	Paramètres indésirables .....		nitrate nitrite ammoniaque		
D	Paramètres toxiques .....				
E	Paramètres micro-biologiques	coliformes totaux ou dénombrements totaux à 22° et 37° coliformes fécaux	coliformes totaux coliformes fécaux dénombrements totaux à 22° et 37°		

N.B.: Il convient d'ajouter une analyse, dite de premier examen, réalisée notamment avant la mise en exploitation d'une ressource. Les paramètres à prendre en considération seraient ceux de l'analyse de contrôle courant auxquels pourraient s'ajouter, entre autres, diverses substances toxiques ou indésirables selon pré-somption. La liste serait établie par les autorités nationales compétentes.

B) Tableau de la fréquence minimale des analyses types (1)

Volume d'eau produit ou distribué m <sup>3</sup> /jour	Population concernée (base de calcul 200 l/jour par habitant)	Analyse C <sub>1</sub>	Analyse C <sub>2</sub>	Analyse C <sub>3</sub>	Analyse C <sub>4</sub>
		Nombre des prélèvements/an	Nombre des prélèvements/an	Nombre des prélèvements/an	
100	500	(1)	(1)	(1)	Fréquence à déterminer par les autorités nationales compétentes selon situation particulière
1 000	5 000	(1)	(1)	(1)	
2 000	10 000	12	3	(1)	
10 000	50 000	60	6	1	
20 000	100 000	120	12	2	
30 000	150 000	180	18	3	
60 000	300 000	360 (2)	36	6	
100 000	500 000	360 (2)	60	10	
200 000	1 000 000	360 (2)	120 (2)	20 (2)	
1 000 000	5 000 000	360 (2)	120 (2)	20 (2)	

(1) Fréquence laissée à l'initiative des autorités nationales compétentes. Toutefois, le contrôle doit se faire au moins une fois par an pour les eaux destinées aux industries alimentaires.

(2) Les autorités nationales compétentes devront s'efforcer d'augmenter cette fréquence dans toute la mesure de leurs moyens.

(3) a) Dans le cas d'eaux qui doivent subir un traitement de désinfection, la fréquence des analyses microbiologiques est à doubler.

b) Dans le cas de fréquence élevée, il est recommandé d'utiliser des intervalles aussi réguliers que possible entre deux échantillonnages.

c) Lorsque les valeurs des résultats des échantillons prélevés au cours des années précédentes sont constantes et significativement meilleures que les limites prévues au tableau I, et lorsqu'aucun facteur susceptible de diminuer la qualité de l'eau n'a été décelé, les fréquences minimales des analyses indiquées ci-dessus peuvent être réduites :

- pour les eaux de surface d'un facteur 2, à l'exception des fréquences concernant les analyses microbiologiques,

- sans préjudice des dispositions de la lettre a), pour les eaux souterraines d'un facteur 4.

Notes du tableau II

(1) Évaluation qualitative.

(2) Sauf pour les eaux livrées conditionnées.

(3) Ou autres substances et seulement en cas de traitement.

(4) Ces paramètres sont déterminés par l'autorité nationale compétente en prenant en considération toutes les conditions qui pourraient avoir un effet sur la qualité de l'eau potable livrée au consommateur et qui pourraient permettre l'évaluation de la balance ionique des constituants.

(5) L'autorité nationale compétente pourra avoir recours à d'autres paramètres que ceux mentionnés dans le tableau I.

Tableau III. – Méthodes analytiques de référence

**A. Paramètres organoleptiques**

1. Couleur. Méthode photométrique aux étalons de l'échelle Pt/Co.  
 2. Turbidité. Méthode à la silice – Méthode à la formazine – Méthode de Secchi.  
 3. Odeur. Par dilutions successives, mesures faites à 12 °C ou à 25 °C.  
 4. Saveur. Par dilutions successives, mesures faites à 12 °C ou à 25 °C.

**B. Paramètres physico-chimiques**

5. Température. Thermométrie.  
 6. Concentration en ions hydrogène. Électrométrie.  
 7. Conductivité. Électrométrie.  
 8. Chlorures. Titrimétrie – Méthode de Mohr.  
 9. Sulfates. Gravimétrie – Complexométrie – Spectrophotométrie.  
 10. Silice. Spectrophotométrie d'absorption.  
 11. Calcium. Absorption atomique – Complexométrie.  
 12. Magnésium. Absorption atomique.  
 13. Sodium. Absorption atomique.  
 14. Potassium. Absorption atomique.  
 15. Aluminium. Absorption atomique – Spectrophotométrie d'absorption.  
 16. Dureté totale. Complexométrie.  
 17. Résidu sec. Dessiccation à 180 °C et pesée.  
 18. Oxygène dissous. Méthode de Winkler – Méthode avec électrodes spécifiques.  
 19. Anhydride carbonique libre. Acidimétrie.

**C. Paramètres concernant les substances indésirables**

20. Nitrates. Spectrophotométrie d'absorption – Méthode avec électrodes spécifiques.  
 21. Nitrites. Spectrophotométrie d'absorption.  
 22. Ammonium. Spectrophotométrie d'absorption.  
 23. Azote Kjeldahl. Oxydation – Titrimétrie/Spectrophotométrie d'absorption.  
 24. Oxydabilité.  $\text{KMnO}_4$  à l'ébullition pendant 10 minutes en milieu acide.  
 25. Carbone Organique Total (COT). –  
 26. Hydrogène sulfuré. Spectrophotométrie d'absorption.

27. Substances extractibles au chloroforme. Extraction liquide/liquide par du chloroforme purifié à pH neutre pesée du résidu.  
 28. Hydrocarbures (dissous ou émulsionnés); huiles minérales. Spectrophotométrie d'absorption infrarouge.  
 29. Phénols (indice phénols). Spectrophotométrie d'absorption, méthode à la paranitraniline et méthode à l' amino-4-antipyrine.  
 30. Bore. Absorption atomique – Spectrophotométrie d'absorption.  
 31. Agents de surface (réagissant au bleu de méthylène). Spectrophotométrie d'absorption au bleu de méthylène.  
 32. Autres composés organochlorés. Chromatographie en phase gazeuse ou liquide après extraction par solvants appropriés et purification – Identification si nécessaire des constituants des mélanges. Détermination quantitative.  
 33. Fer. Absorption atomique – Spectrophotométrie d'absorption.  
 34. Manganèse. Absorption atomique – Spectrophotométrie d'absorption.  
 35. Cuivre. Absorption atomique – Spectrophotométrie d'absorption.  
 36. Zinc. Absorption atomique – Spectrophotométrie d'absorption.  
 37. Phosphore. Spectrophotométrie d'absorption.  
 38. Fluor. Spectrophotométrie d'absorption – Méthode avec électrodes spécifiques.  
 39. Cobalt.  
 40. Matières en suspension. Méthode par filtration sur membrane poreuse 0,45  $\mu$  ou centrifugation (temps minimum 15 mn et accélération moyenne 2 800 à 3 200 g) séchage à 105 °C et pesée.

41. Chlore résiduel. Titrimétrie – Spectrophotométrie d'absorption.  
 42. Baryum. Absorption atomique.

**D. Paramètres concernant les substances toxiques**

43. Argent. Absorption atomique.  
 44. Arsenic. Spectrophotométrie d'absorption – Absorption atomique.  
 45. Béryllium.  
 46. Cadmium. Absorption atomique.  
 47. Cyanures. Spectrophotométrie d'absorption.

- 48. Chrome. Absorption atomique - Spectrophotométrie d'absorption.
- 49. Mercure. Absorption atomique.
- 50. Nickel. Absorption atomique.
- 51. Plomb. Absorption atomique.
- 52. Antimoine. Spectrophotométrie d'absorption.
- 53. Sélénium. Absorption atomique.
- 54. Vanadium.
- 55. Pesticides et produits apparentés. Voir méthode visée au point 32.
- 56. Hydrocarbures polycycliques aromatiques. Mesure de l'intensité de fluorescence dans l'ultraviolet après extraction à l'hexane - Chromatographie en phase gazeuse ou mesure de la fluorescence dans l'ultraviolet après chromatographie en couches minces - Mesures comparatives par rapport à un mélange de six substances étalons ayant la même concentration (1).

- et dénombrement des colonies avec halo noir ;
- filtration sur membrane, dépôt du filtre renversé sur milieu avec glucose, sulfite et fer, recouvert de gélose, dénombrement des colonies noires ;
- répartition en tubes de milieu « DRCM » (Differential reinforced clostridia medium), repiquage des tubes noirs sur milieu au lait tournesolé, dénombrement selon le nombre le plus probable.
- Inoculation par incorporation en gélose nutritive.

61/62 (2) Dénombrement des germes totaux.

**Tests complémentaires**

- Salmonelles. Concentration par filtration sur membrane. Inoculation sur milieu de préenrichissement. Enrichissement, repiquage sur gélose d'isolement - Identification.
- Staphylocoques pathogènes. Filtration sur membrane et culture sur milieu spécifique (par exemple milieu hypersalé de Chapman). Mise en évidence des caractères de pathogénicité. Technique de Guelin.
- Bactériophages fécaux.
- Entérovirus. Concentration par filtration, par flocculation ou par centrifugation et identification.
- Protozoaires. Concentration par filtration sur membrane, examen microscopique, test de pathogénicité.
- Animalcules (vers-larves). Concentration par filtration sur membrane - Examen microscopique - Test de pathogénicité.

**E. Paramètres microbiologiques**

- 57 (2) Coliformes totaux. Fermentation en tubes multiples - Repiquage des tubes positifs sur milieu de confirmation - Dénombrement selon le nombre le plus probable (NPP).  
ou
- 58 (2) Coliformes fécaux. Filtration sur membrane et culture sur un milieu approprié tel que gélose lacrosée au tergitol, gélose d'endo, bouillon au teepol 0,4 %, repiquage et identification des colonies suspectes. Pour les coliformes totaux, température d'incubation 37 °C. Pour les coliformes fécaux, température d'incubation 44 °C.
- 59 (2) Streptocoques fécaux. Méthode à l'acide de sodium (Litsky). Dénombrement selon le nombre le plus probable. Filtration sur membrane et culture sur milieu approprié.
- 60 (2) Clostridiiums sulfitoréducteurs. Après chauffage de l'échantillon à 80 °C, dénombrement des spores par :  
- ensemencement dans milieu avec glucose, sulfite et fer

**F. Concentration minimale requise**

- Alcalinité. Acidimétrie au méthylorange.

(1) Substances étalons à prendre en considération : fluoranthène, benzo-3,4 fluoranthène, benzo-11,12 fluoranthène, benzo-3,4 pyrène, benzo-1,12 pérylène et indéno (1,2,3-cd) pyrène.  
(2) Remarque : En ce qui concerne la période d'incubation, elle est en général de 24 h ou de 48 h sauf pour les dénombrements totaux où elle est de 48 h ou de 72 h.

**Définition des procédés de traitements types permettant la transformation  
des eaux superficielles des catégories A1, A2 et A3 en eau alimentaire**

*Catégorie A1*

Traitement physique simple et désinfection, par exemple filtration rapide et désinfection.

*Catégorie A2*

Traitement normal physique, chimique et désinfection, par exemple préchloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection (chloration finale).

*Catégorie A3*

Traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection, par exemple chloration au *break point*, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (carbone actif), désinfection (ozone, chloration finale).

Tableau IV  
Qualités d'eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire

	Paramètres	Unité de mesure	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
1	pH .....		6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
2	Coloration (après filtration simple) ....	mg/l échelle Pt	10	20 (O)	50	100 (O)	50	200 (O)
3	Matières totales en suspension .....	mg/l MES	25					
4	Température .....	°C	22	25 (O)	22	25 (O)	22	25 (O)
5	Conductivité .....	µs/cm <sup>-1</sup> à 20 °C	1 000		1 000		1 000	
6	Odeur .....	(facteur de dilution à 25 °C)	3		10		20	
7*	Nitrates .....	mg/l NO <sub>3</sub>	25	50 (O)		50 (O)		50 (O)
8 (1)	Fluorures .....	mg/l F	0,7/1	1,5	0,7/1,7		0,7/1,7	
9	Chlore organique total extractible ....	mg/l Cl						
10*	Fer dissous .....	mg/l Fe	0,1	0,3	1	2	1	
11*	Manganèse .....	mg/l Mn	0,05		0,1		1	
12	Cuivre .....	mg/l Cu	0,02	0,05 (O)	0,05		1	
13	Zinc .....	mg/l Zn	0,5	3	1	5	1	5
14	Bore .....	mg/l B	1		1		1	
15	Béryllium .....	mg/l Be						
16	Cobalt .....	mg/l Co						
17	Nickel .....	mg/l Ni						
18	Vanadium .....	mg/l V						
19	Arsenic .....	mg/l As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
20	Cadmium .....	mg/l Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
21	Chrome total .....	mg/l Cr		0,05		0,05		0,05
22	Plomb .....	mg/l Pb		0,05		0,05		0,05
23	Sélénium .....	mg/l Se		0,01		0,01		0,01
24	Mercure .....	mg/l Hg	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
25	Baryum .....	mg/l Ba		0,1		1		1

(1) Les valeurs indiquées constituent les limites supérieures déterminées en fonction de la température moyenne annuelle (température élevée et température basse).

	Paramètres	Unités de mesure	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
26	Cyanure .....	mg/l Cn		0,05		0,05		0,05
27	Sulfates .....	mg/l SO <sub>4</sub>	150	250	150	250 (O)	150	250 (O)
28	Chlorures .....	mg/l Cl	200		200		200	
29	Agents de surface (réagissant au bleu de méthylène) .....	mg/l (lauryl- sulfate)	0,2		0,2		0,5	
30 (2)	Phosphates .....	mg/l/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4		0,7		0,7	
31	Phénols (indice phénols) para- nitraniline 4 amino- antipyrine .....	mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
32	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (après extraction par éther de pétrole) .....	mg/l		0,05		0,2	0,5	1
33	Carbure aromatique polycyclique .....	mg/l		0,0002		0,0002		0,001
34	Pesticides - total (parathion, HCH, dieldrine) .....	mg/l		0,001		0,0025		0,005
35*	Demande chimique en oxygène (DCO) ..	mg/l O <sub>2</sub>					30	
36*	Taux de saturation en oxygène dissous ..	% O <sub>2</sub>	> 70		> 50		> 30	
37*	Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) à 20 °C sans nitrication .....	mg/l O <sub>2</sub>	< 3		< 5		< 7	
38	Azote Kjeldahl (NO <sub>3</sub> excepté) .....	mg/l N	1		2		3	
39	Ammoniaque .....	mg/l NH <sub>4</sub>	0,05		1	1,5	2	4 (O)
40	Substances extractibles au chloroforme	mg/l SEC	0,1		0,2		0,5	
41	Carbone organique total .....	mg/l C						
42	Carbone organique résiduel après floculation et filtration sur membrane (5 μ) TOC .....	mg/l C						
43	Coliformes totaux 37 °C .....	/100 ml	50		5 000		50 000	
44	Coliformes fécaux ..	/100 ml	20		2 000		20 000	
45	Streptocoques fécaux	/100 ml	20		1 000		10 000	
46	Salmonelles .....		absence dans 5 000 ml		absence dans 1 000 ml			

I = impérative.

G = guide.

O = circonstances climatiques ou géographiques exceptionnelles.

(2) Ce paramètre est inséré pour satisfaire aux exigences écologiques de certains milieux.

Tableau V

Fréquence minimale annuelle des échantillonnages et de l'analyse de chaque paramètre de la directive 75/440/CEE

Population	A1 (*)			A2 (*)			A3 (*)		
	I (**)	II (**)	III (**)	I (**)	II (**)	III (**)	I (**)	II (**)	III (**)
≤ 10 000 .....	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	2	1	(***) (1)
> 10 000 à ≤ 30 000 ...	1	1	(***)	2	1	(***)	3	1	1
> 30 000 à ≤ 100 000 ...	2	1	(***)	4	2	1	6	2	1
> 100 000 .....	3	2	(***)	8	4	1	12	4	1

(\*) Qualité des eaux superficielles, tableau IV.

(\*\*) Classification des paramètres selon la fréquence.

(\*\*\*) Fréquence à déterminer par les autorités nationales compétentes.

(1) Étant entendu que ces eaux superficielles sont destinées à la production d'eau alimentaire, il est recommandé aux États membres de procéder à un échantillonnage annuel au moins des eaux de cette catégorie (A3, III, ≤ 10 000).

## Catégorie

I		II		III	
Paramètres		Paramètres		Paramètres	
1	pH	10	Fer dissous	8	Fluorures
2	Coloration	11	Manganèse	14	Bore
3	Matières totales en suspension	12	Cuivre	19	Arsenic
4	Température	13	Zinc	20	Cadmium
5	Conductivité	27	Sulfates	21	Chrome total
6	Odeur	29	Agents de surface	22	Plomb
7	Nitrates	31	Phénols	23	Sélénium
28	Chlorures	38	Azote kjeldahl	24	Mercure
30	Phosphates	43	Coliformes totaux	25	Baryum
35	Demande chimique en oxygène (COD)	44	Coliformes fécaux	26	Cyanure
36	Taux de saturation en oxygène dissous			32	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés
37	Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )			33	Carbure aromatique polycyclique
39	Ammonium			34	Pesticides - total
				40	Substances extractibles au chloroforme
				45	Streptocoques fécaux
				46	Salmonelles



LE SERVICE REGIONAL DE L'AMENAGEMENT DES EAUX DE BASSE NORMANDIE

Les S.R.A.E. ont été créés par arrêté du 28 octobre 1965. Les missions et attributions ont été définies par une circulaire ministérielle du 3 octobre 1966 et se résument à l'élaboration des méthodes d'étude et d'aménagement des eaux sur les plans techniques, économiques ou agronomiques et à la mise au point de techniques régionales.

Les principales activités du S.R.A.E. de Basse - Normandie sont les travaux "qualitatifs" et "quantitatifs" effectués par les équipes.

1) Les travaux qualitatifs :

- Etudes synthétiques de bassins, collecte des renseignements sur les activités humaines et industrielles et détermination des caractères morpho-dynamiques des cours d'eau par des campagnes physico-chimiques et hydrobiologiques,
- L'inventaire National de la Pollution des Eaux Superficielles,
- Mise au point de nouvelles méthodes de prélèvement ( de faune et de flore ),
- Essai de biotypologie,
- Recherche de toxines dans les sédiments,
- Participation à l'élaboration des cartes " dynamique de l' Environnement",
- Etudes préalables à l'aménagement de plan d'eau et à l'autorisation de rejets.

2) Les travaux quantitatifs :

- Mesures de débit des cours d'eau,
- Réseau pluviométrique complémentaire et dépouillement des observations décennales et des enregistrements,
- Etude de planification du réseau hydrométrique minimal

- de la Basse - Normandie ,
- Etude hydrogéologique ,
  - Etude de dynamique fluviale ,
  - Mesures de jaugeages en estuaire .

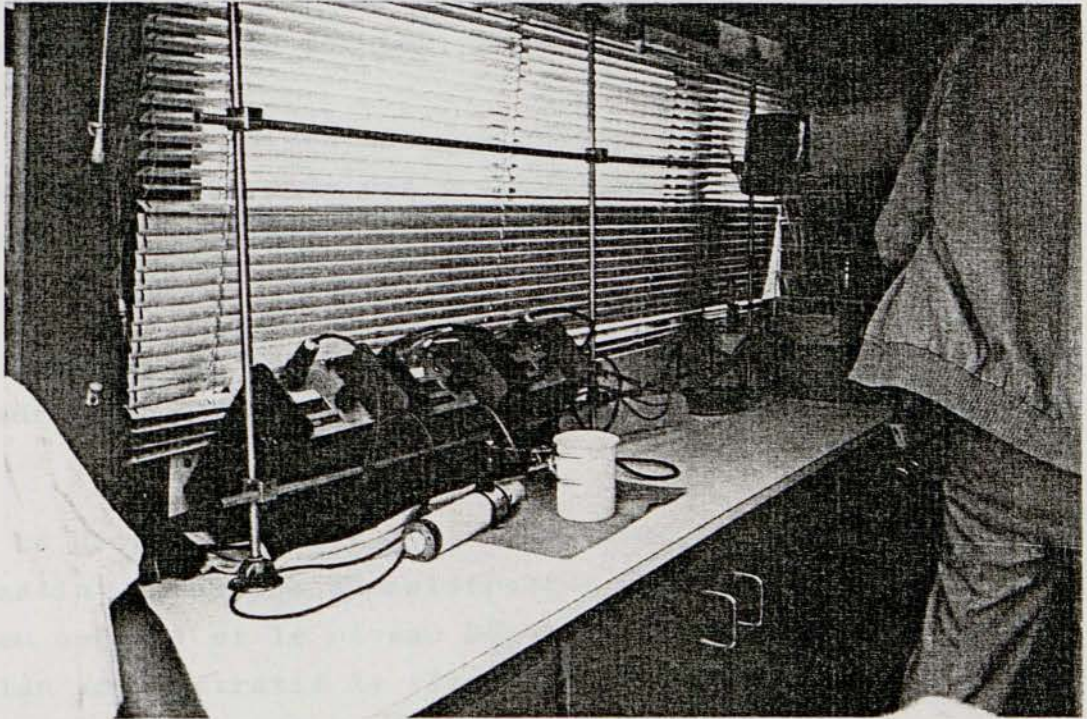
Le décret du 8 mai 1981, portant création des Services de Bassin, a désigné comme Secrétaire Général du Comité Technique de l'Eau le Chef du S.R.A.E..



Laboratoire du S.R.A.E. de Basse - Normandie.



Camionnette Laboratoire



LES AGENCES FINANCIERES DE BASSIN .

La loi sur l'eau du 16 décembre 1964 a permis la création des Comités de Bassin ( assemblées composées des représentants des élus, des usagers, de l'administration ) et des Agences Financières de Bassin qui correspond en fait à l'organe executif.

Les Agences Financières de Bassin sont au nombre de 6 :

- ARTOIS - PICARDIE ,
- SEINE - NORMANDIE ,
- LOIRE - BRETAGNE ,
- ADOUR - GARONNE ,
- RHIN - MEUSE ,
- et RHONE - MEDITERRANEE - CORSE .

Une Agence Financière de Bassin est chargée d'aider financièrement et techniquement la lutte contre la pollution de l'eau et l'aménagement rationnel des ressources en eau auprès des collectivités locales et des individus pour des travaux d'intérêt collectif. Elle contribue aussi à l'exécution d'études et de recherches dans ce domaine, mais ne possède pas la maîtrise d'ouvrage .

Ses fonds proviennent des redevances perçues auprès des utilisateurs, soit pour des prélèvements d'eau potable, d'irrigation ou industrielle, soit par modification du régime des eaux soit enfin pour pollution .

Ces Agences sont autonomes, mais il existe une coordination de leur action avec celle de l'Etat, de la Région et du Département .

Le décret du 8 mai 1981 a institué la création de Services de Bassin : structure administrative permettant le lien entre le niveau central et le niveau Départemental . Ils complètent sur le plan administratif le rôle joué par les Agences Financières de Bassin sur les plans économiques et financiers .

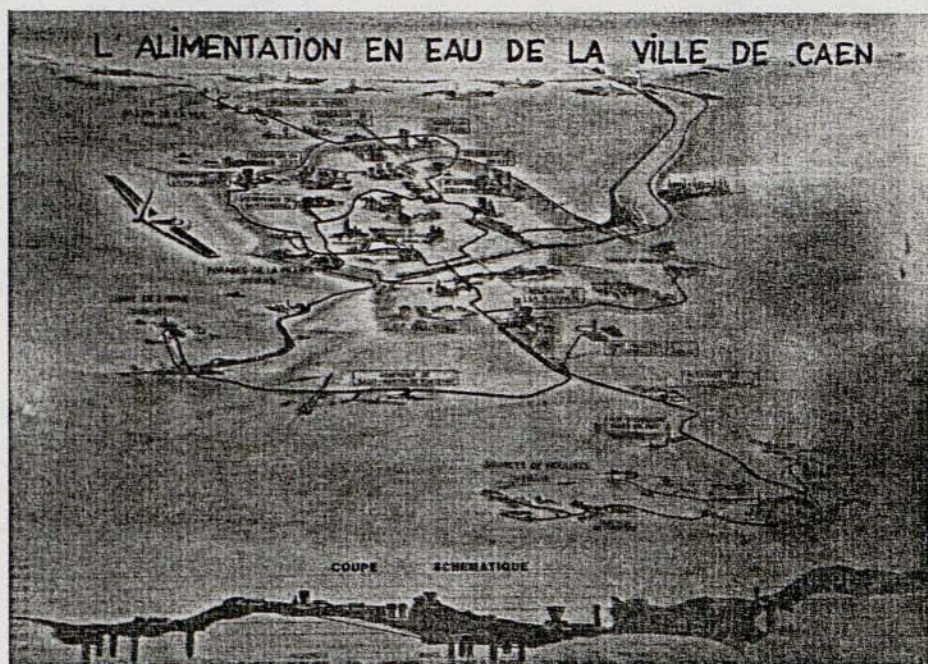
L'USINE DE TRAITEMENT DE LOUVIGNY (construite en 1976)

Situation géographique CARTE N° 4.

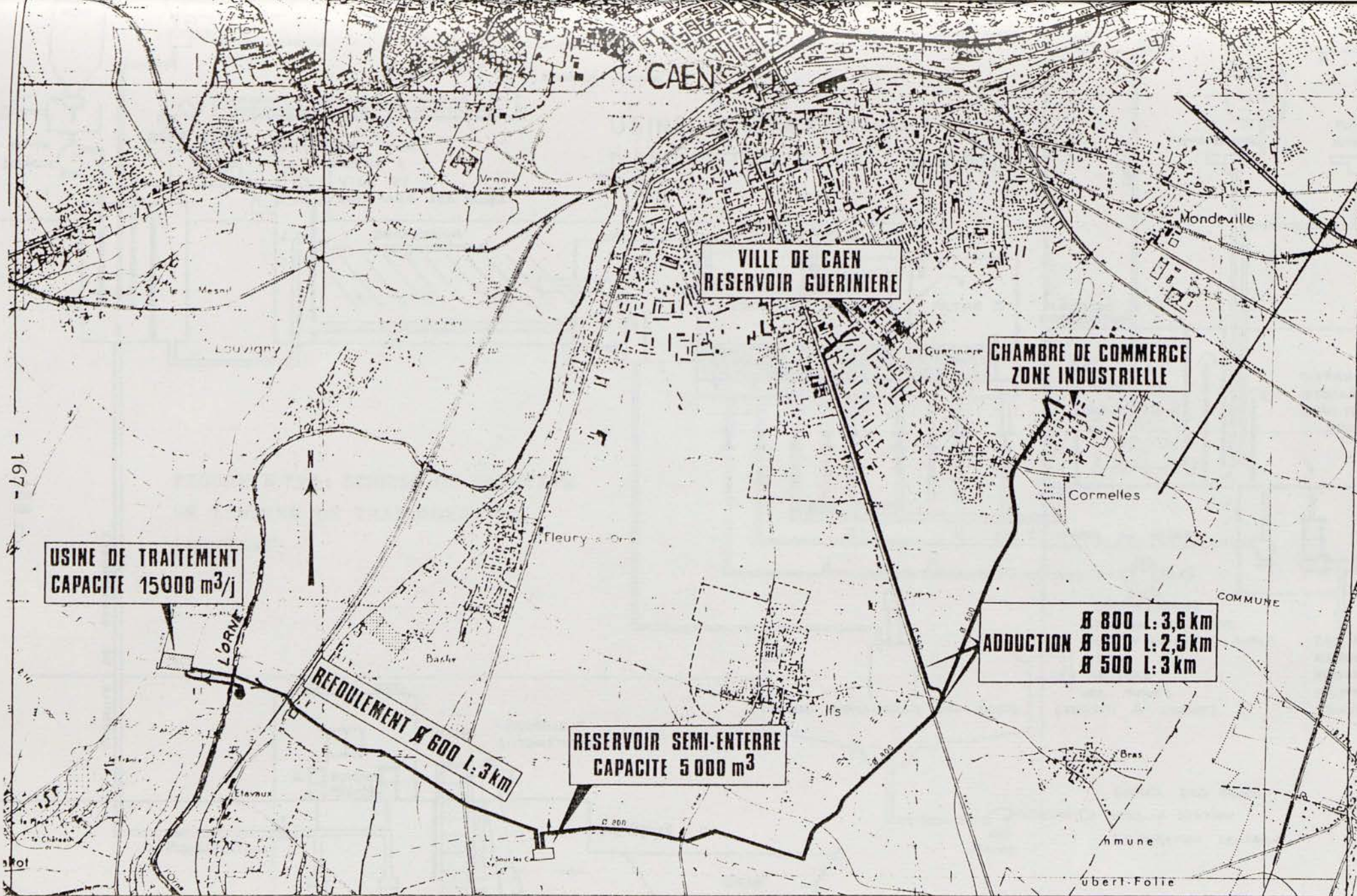
Capacité de traitement :  $15\,000\text{ m}^3 / \text{j}$ .

Schéma de principe : FIGURE N° 24.

L'usine de Louvigny est sans doute l'usine de potabilisation la plus récente et moderne de la région. Captant l'eau de l'Orne grâce à deux pompes assurant un débit de  $1500\text{ m}^3 / \text{h}$ , elle produit  $15\,000\text{ m}^3$  d'eau potable par jour envoyés vers les réservoirs de la ville de Caen et de sa région afin d'en assurer la distribution.



Le rendement de cette usine est de 60 à 80% pour les matières organiques, permettant des teneurs en sortie inférieures à  $2\text{ mg} / \text{l}$ , la turbidité de l'eau brute étant de l'ordre de 3 à 8 unités Jackson elle est de 0,10 à 0,15 u.J. en sortie d'usine. L'hiver, à cause des mauvaises turbidités de l'eau de l'Orne (80 u.J.) le rendement atteint des valeurs exceptionnellement bonnes.



CAEN

VILLE DE CAEN  
RESERVOIR GUERINIÈRE

CHAMBRE DE COMMERCE  
ZONE INDUSTRIELLE

USINE DE TRAITEMENT  
CAPACITE 15000 m<sup>3</sup>/j

ADUCTION  
Ø 800 L: 3,6 km  
Ø 600 L: 2,5 km  
Ø 500 L: 3 km

REFOULEMENT Ø 600 L: 3 km

RESERVOIR SEMI-ENTERRE  
CAPACITE 5000 m<sup>3</sup>

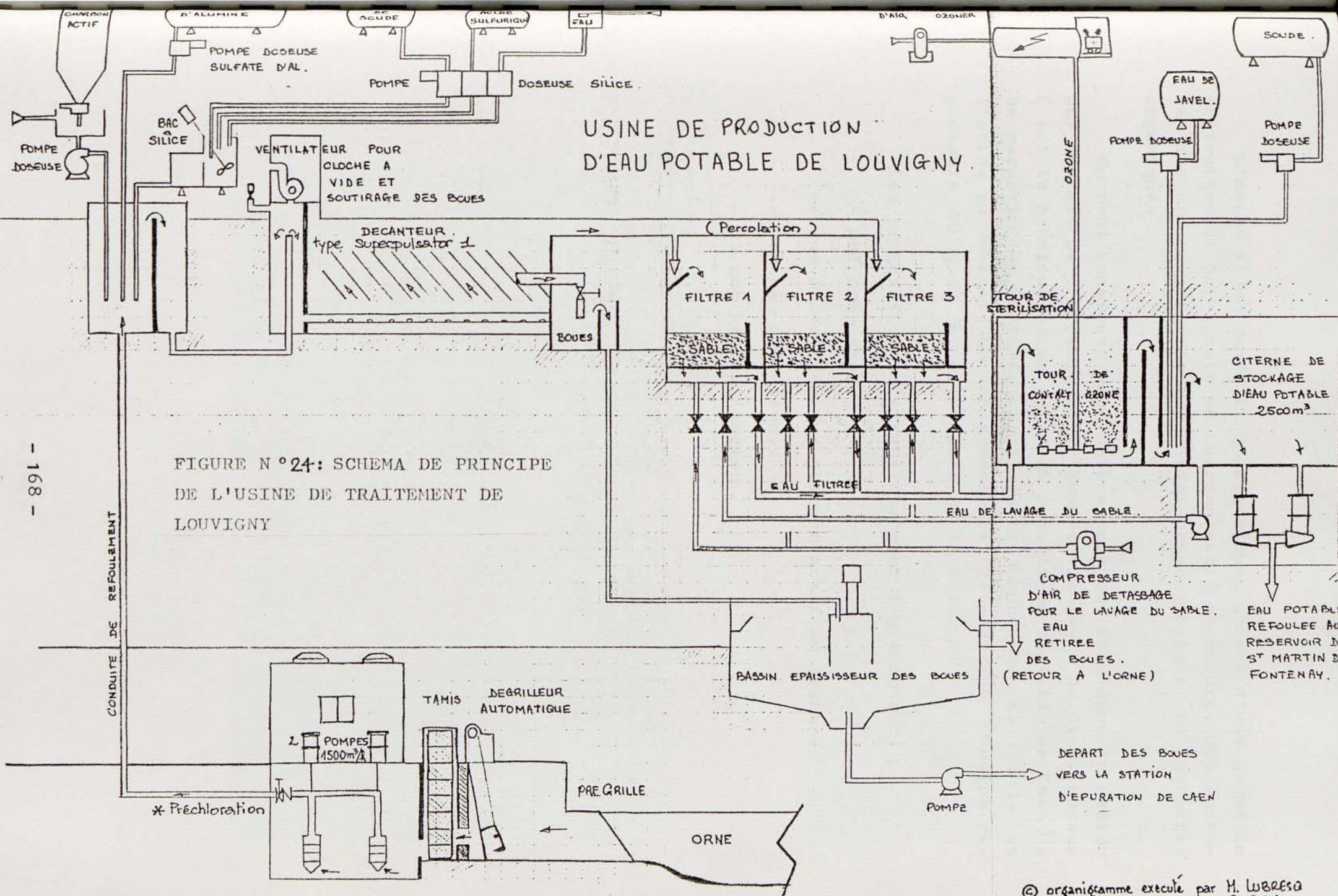
- 167 -



COMMUNE

Commune

ubert-Folie



USINE DE PRODUCTION  
D'EAU POTABLE DE LOUVIGNY.

FIGURE N°24: SCHEMA DE PRINCIPE  
DE L'USINE DE TRAITEMENT DE  
LOUVIGNY

- 168 -

L'usine s'est dotée il y a quelques années d'une phase de prétraitement par ajouts de charbon actif en poudre. Conséquences des effets néfastes des fortes concentrations en matières organiques .

On peut remarquer que malheureusement rien dans le cahier des charges de l'exploitant ne permet vis-à-vis du distributeur ( ici le syndicat mixte de l'eau potable de la ville de Caen ), de garantir les qualités relativement bonnes de la sortie de l'usine au robinet des consommateurs. Et pourtant l'usine représente 20 à 25 % des besoins de la ville .

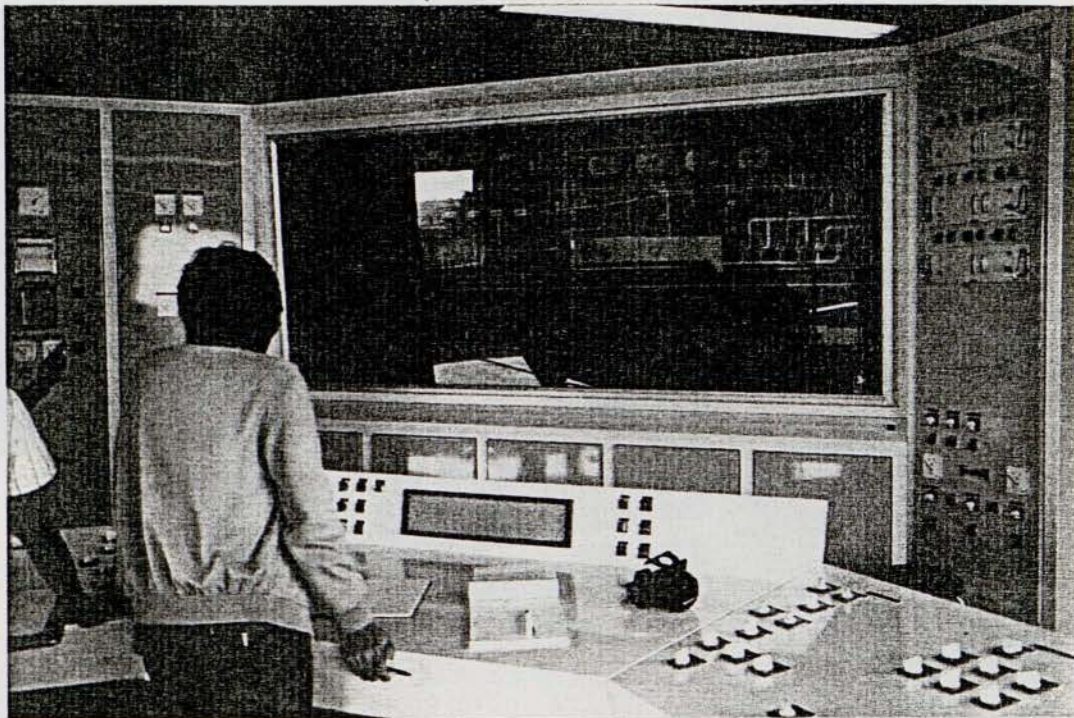
Les propositions d'extensions pour l'avenir sont ;

- une pré - ozonation,
- une filtration sur charbon actif en grains,
- une ré - ozonation,
- et une neutralisation .

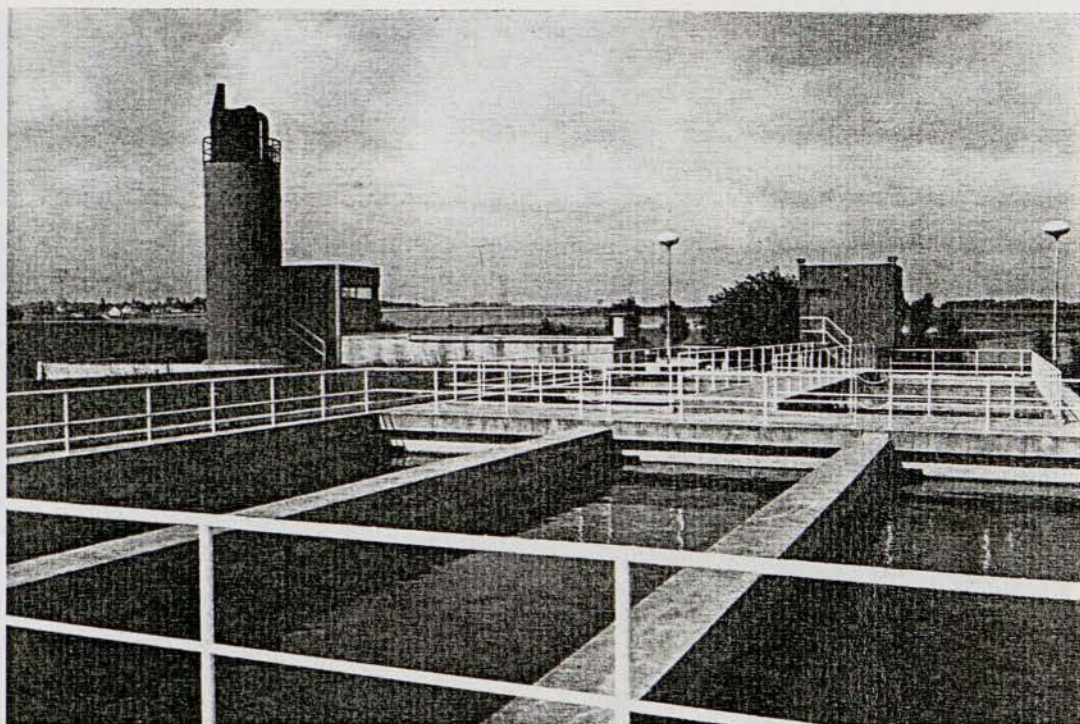
Proposition alternative

démantèlement de ces usines avec usage et réutilisation  
Vers l'amont du point de prise d'eau

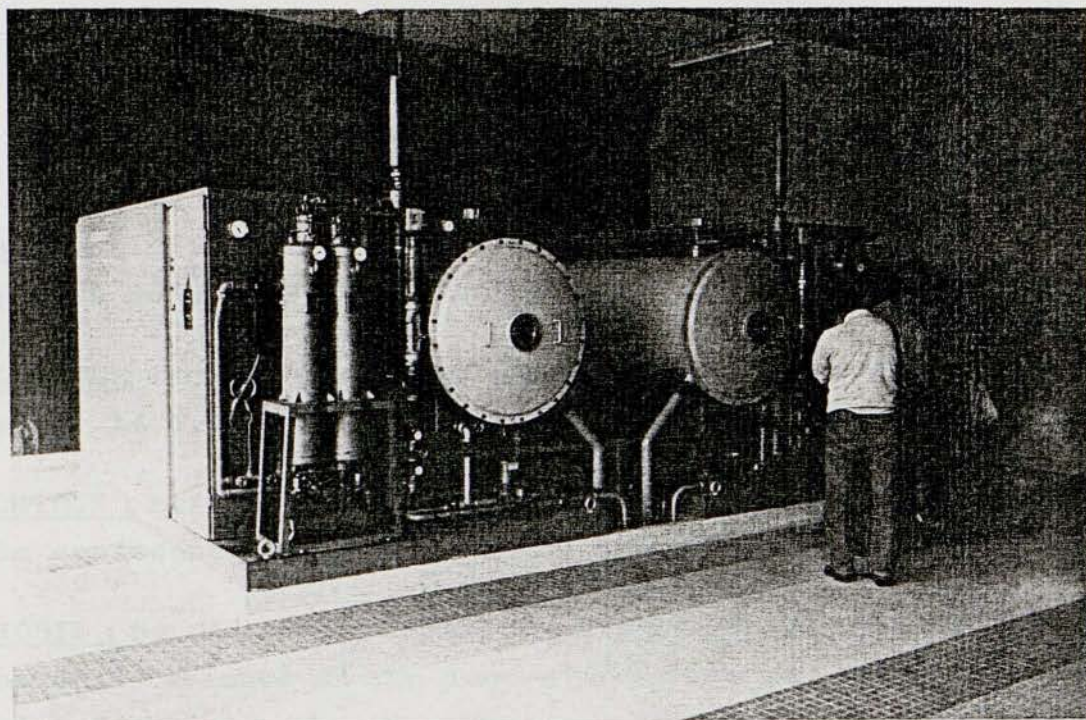




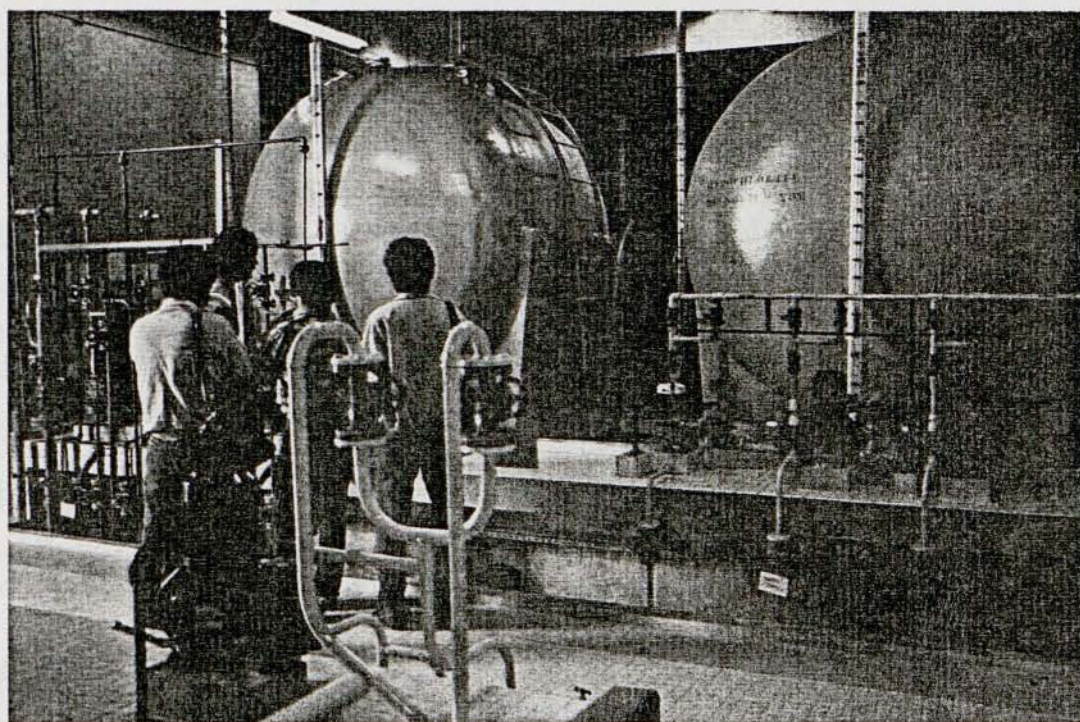
Salle de commande et de contrôle .



Vue générale ; décantation ( superpulsator )  
filtration ( aquazur V )  
tour réservoir de charbon actif.



Ozoneurs monoblocs MB 125 - 2 x 2250 g/h.



Pompes doseuses et cuves de réactifs.

ANNEXE N ° 5.

LEXIQUE .

AEROBIE : Se dit d'êtres vivants dont l'existence ne peut se poursuivre qu'en présence de l'oxygène .

ALCALINITE : Teneur de l'eau en bicarbonates et carbonates. Mesurée par le T.A.C. : titre alcalimétrique complet .

ALLOCHTONE : Élément apparaissant en dehors de son milieu naturel de croissance et de production ( contraire : autochtone ) .

ANAEROBIE : Se dit des micro - organismes ou de certains tissus vivant en l'absence d'air donc d'oxygène, et tirant l'énergie nécessaire à leur vie de substances organiques qu'ils décomposent .

ANOXIQUE : Qui est réduit du point de vue taux d'oxygène . L'anoxie finit par se traduire par l'asphyxie .

AUTOTROPHE : Qualificatif d'un végétal qui a la propriété de se nourrir aux dépens de substances minérales qu'il transforme par synthèse en substances organiques ( contraire : hétérotrophe ) .

BACTERIES COLIFORMES : Hôtes de l'intestin de l'homme et des animaux .

BENTHOS : Ensemble des êtres, animaux et végétaux vivant sur le fond ou à l'abri des végétaux aquatiques .

BIOCENOSE : Communauté vivante déterminée dans sa composition et dans sa physionomie par les propriétés du milieu et par les relations d'existence des êtres entre eux .

BIOMASSE : Quantité de matière vivante existant dans un écosystème aquatique par unité de volume ou de superficie et exprimée en unité massique .

BIOTOPE : Habitant d'une biomasse .

BIOVOLUME : Volume occupé par les organismes vivants .

CHARBON ACTIF : Charbon végétal ayant subi un traitement spécial augmentant sa surface spécifique et son pouvoir absorbant.

CHLOROPHYLLE : Substance organique, constituant cellulaire des plantes vertes, facteur de l'assimilation chlorophyllienne, grâce à laquelle les plantes vertes, sous l'action de la lumière solaire, absorbent le gaz carbonique et rejettent l'oxygène, se servant du carbone pour l'édification de leurs tissus. Il existe 3 sortes de chlorophylles : a, b et c. La chlorophylle a qui est présente dans tout le règne végétal est utilisée pour évaluer la biomasse algale.

D.B.O. ( DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE ) : Expression de la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques, avec le concours des micro-organismes qui se développent, dans des conditions données et dans le milieu. Mesurée au bout de 5 jours à une température de 20 ° C.

D.C.O. ( DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE ).

DIAGNOSE : Description abrégée de ce qui distingue un élément des autres.

DURETE : Teneur en ions calcium et magnésium. Mesurée par le T.H. titre hydrotimétrique. On distingue la dureté non carbonatée ou permanente de la dureté carbonatée ou temporaire.

DYSTROPHE : Une eau dystrophe est une eau riche en matières humiques. Etymologiquement " qui nourrit très mal ".

ECOSYSTEME : Système dynamique constitué par un grand nombre d'individus vivant dans un même milieu aquatique et qui se maintient et se régularise grâce à de très nombreuses relations entre ses composants.

EPILIMNION : Partie supérieure d'un lac, au dessus de la couche du saut thermique, dans laquelle la répartition des températures, décroissant avec la profondeur, n'est pas stable.

ETIAGE : Niveau minimal atteint dans un cours d'eau en période sèche.

EUTROPHE : Une eau eutrophe est une eau riche en matières nutritives . Etymologiquement " qui nourrit bien " .

FAUCARDAGE : Opération consistant à faucher les parties émergées de divers végétaux coriaces, sans utilité, tels les roseaux .

HETEROTROPHE : Qualificatif d'un être vivant qui ne peut effectuer par lui-même la synthèse de ses constituants ( contraire : autotrophe ) .

HUMIQUES ( SUBSTANCES - ) : Substances riches en humus .

HYPOLIMNION : Partie inférieure d'un lac, au dessous de la couche de saut thermique, à température toujours basse, qui ne varie dans le courant de l'année que dans des limites réduites .

LIMNOLOGIE : " Océanographie des lacs ", science des eaux continentales s'intéressant à tous les facteurs qui, d'une manière ou d'une autre, influencent la vie de ces eaux et leur peuplement .

MESOTROPHE : Entre oligotrophe et eutrophe . Etymologiquement : " qui nourrit moyennement " .

NUTRIMENTS ou SELS NUTRITIFS : Substances alimentaires pouvant être assimilées directement et entièrement sans avoir eu besoin de subir les transformations digestives. Indispensables au développement des micro - organismes ( composés de l'azote et du phosphore ) .

OLIGOTROPHE : Une eau oligotrophe est une eau pauvre en substances nutritives. Etymologiquement " qui nourrit peu " .

PHYTO - SANITAIRE : Relatif aux soins donnés aux végétaux .

PLANCTON : ensemble des êtres microscopiques qui flottent dans l'eau, passivement ou non. On distingue le plancton végétal, phytoplancton, et le plancton animal, zooplancton .

PRODUCTION : Terme écologique désignant la quantité de matière vivante élaborée par chaque maillon de la chaîne alimentaire par unité de temps, de surface ou de volume .

PRODUCTION PRIMAIRE : Relative au premier niveau trophique représenté par les producteurs végétaux .

PRODUCTION SECONDAIRE : Relative au deuxième niveau trophique représenté par les consommateurs primaires ( herbivores ) .

PRODUCTION TERTIAIRE : Relative au troisième niveau trophique représenté par les consommateurs secondaires ( carnivores du 1<sup>e</sup> degré ), etc ...

PRODUCTIVITE : Production d'une unité de biomasse .

TROPHOGENE ( COUCHE - ) : Partie supérieure d'un lac soumise à l'action de la lumière qui permet la synthèse des substances organiques par l'activité des végétaux verts, du plancton ou des rives .

TROPHOLYTIQUE ( COUCHE - ) : Partie inférieure d'un lac non-soumise à l'action de la lumière où dominant les phénomènes de décomposition des substances organiques .

ANNEXE N ° 6.

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE - NORMANDIE .

- L'alimentation en eau potable - traitement des eaux superficielles . Cahier technique N ° 11 .
- L'alimentation en eau potable - protection et traitement des eaux souterraines . Cahier technique N ° 12 .
- Historique des pollutions accidentelles survenues dans le monde .

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN LOIRE - BRETAGNE .

- L'eutrophisation des cours d'eau - rapport de synthèse .

ALLARD Luc .

- Les matières organiques produites par l'eutrophisation en eau douce, ( janvier 1980 ) .
- Impact du stockage en retenue sur la traitabilité des eaux, ( septembre 1981 ) .
- Note concernant la prolifération des algues dans la retenue de la Visance, ( août 1985 ) .
- Etude destinée à la connaissance et à la prévention des pollutions accidentelles en Basse - Normandie . Saunier Eau et Environnement - Agence Financière de Bassin Seine-Normandie .

ANDRE P. et DUBLOIS de la SABLONIERE F.

- Elevage intensif et qualité des eaux souterraines dans un département breton - le Finistère .

ASSOCIATION FRANCAISE D'ETUDE DES EAUX .

- L'eutrophisation des lacs - synthèse bibliographique .

BENNETON Jean - Paul .

- Eutrophisation des plans d'eau, inventaire des principa-

les sources de substances nutritives azotées et phosphorées - étude bibliographique - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées .

BERTRU G .

- Les phénomènes d'eutrophisation .

BOUDOURESQUE P .

- Dégradation et corrosion des réseaux de distribution d'eau - symptômes et diagnostic .

BOULMER Max et Catherine .

- Etude de l'évolution physico - chimique et biologique de la retenue de la Dathée et son influence sur l'aval, 1982 .

CENTRE TECHNIQUE DU GENIE RURAL DES EAUX ET FORETS .

- Calcul des flux de pollution parvenant à un lac .

COLAS René .

- Dictionnaire technique de l'eau .

COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE .

- Analyse des pigments photosynthétiques - relation avec certains paramètres du milieu .

COURAUD R .

- L'eau et l'aménagement urbain .

COYNE et BELLIER .

- Alimentation en eau de Vire - étude des besoins et des ressources - dimensionnement du réservoir de stockage, décembre 1972 .

DAMEZ F .

- Evolution de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution .

DARGENT M., GUENEAU A. et RETKOWSKY V .

- Les interconnexions de sécurité .



DEVILLERS G.

- Les problèmes de qualité de l'eau posés par les inter-connexions .

DULAC Christine et LAURENCEAU Jean-Marc .

- Etude de l'influence des biefs sur la qualité de l'eau et la production primaire de la Vire, ( décembre 1981 ) .
- Etude de la physico-chimie et de l'eutrophisation du réservoir pour l'alimentation en eau potable de la ville de S<sup>t</sup> Lô , ( juillet 1982 ) .
- Mémoire des Sciences de la Terre - Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. L'eutrophisation en rivière- étude de la qualité de l'eau de la biomasse et de la production primaire dans la Vire et dans la Seine moyenne, ( 1981 / 1982 ) .

DUSSART Bernard .

- Traité de Limnologie - L'etude des eaux continentales- 1966 .

DUSSART B. et BENEDETTI - CROUZET E.

- Les retenues d'eau - synthèse bibliographique .

FLECKINGER Robert .

- Incidences de la construction des barrages sur les écosystèmes des eaux courantes continentales .

FOURNIER Y.

- Les nouveaux paramètres de pollution . Impact sur le milieu .

GINOCCHIO Roger .

- Aménagements hydrauliques et protection de l'environnement . E.D.F.

HEANDY S.I.

- The toxicity of Microcistis Aeruginosa Kutz from some english reservoirs .

HOFFMAN J.R.H.

- Removal of Microcystis toxins in water purification processes .

HORN Michel .

- Rapport concernant l'Orne à Louvigny .

HORN M., GEORGES R. et ALLARD L.

- Essai de vidange de la retenue de la Dathée .

MARION R.

- Les problèmes de l'eau en France:renovation et interconnexion .

MOUCHET P.

- Problèmes pratiques de la fabrication des eaux potables, procédés physiques, chimiques et biologique . ( CPCIA ) .
- Réflexions complémentaires sur l'importance des phénomènes biologiques dans le traitement et la distribution des eaux de consommation, ( technique de l'eau N° 424 ) .
- Influence de la végétation terrestre après submersion, sur la qualité des eaux emmagasinées dans les barrages réservoirs .

PESSON P.

- La pollution des eaux continentales .

ROY Pascale .

- Mise au point d'un test - algue de fertilité potentielle de l'eau - I.U.T. de Caen .

SAUNIER B. et LE SAOUT Marc .

- Bilan des substances nutritives dans les retenues d'eau, contrôle de l'eutrophisation .

SAUNIER-EAU et ENVIRONNEMENT .

- Diagnostic de la qualité des eaux de la retenue de la

Visance .

S.C.P.A.

- La pollution et les engrais .

S.R.A.E. BRETAGNE .

- Impact de l'agriculture sur la qualité des eaux . Mai 85.

VOLLENWEIDER R.A.

- Input output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology .

VUILLERMINAZ Agnès .

- Impact d'un aménagement sur la qualité des eaux d'une rivière du Calvados - la retenue de la Dathée. MST - ENVAR  
juin 1982 .

