

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,  
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

**ifremer**

**Agence de l'eau Loire Bretagne**

Convention n° 1324 du 15.07.1993

---

**Évaluation des proliférations  
d'algues vertes sur le littoral  
breton en juin 1994**

**Jean-Yves Piriou  
Jean-Pierre Annezo**

**Janvier 1995**

IFREMER - Centre de Brest  
B.P. 70  
29280 Plouzané  
tél. 98.22.40.40  
fax. 98.22.45.48  
tlx. 940 627

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE  
L'AMENAGEMENT LITTORAL

|   |   |
|---|---|
| AUTEUR (S) :<br>PIRIOU Jean-Yves<br>et ANNEZO Jean-Pierre   | CODE :<br>N° 95.05  |
| TITRE :<br><b>Evaluation des proliférations d'algues vertes<br/>sur le littoral breton en 1994.</b> | Date : janvier 1995<br>Tirage nb. : 20<br>Pages nb. : 31<br>Figures + annexes<br>Photos nb. : |
| Convention IFREMER -<br>AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE<br>N° 1324 du 15.07.1993                     | DIFFUSION :<br>Libre : X<br>Restreinte :<br>Confidentielle :                                  |

#### RESUME

En juin 1994, 44 sites de proliférations d'algues vertes ont été répertoriés sur le littoral breton. Par rapport aux années antérieures, il est constaté une stabilité quantitative sur les sites littoraux alimentés par les bassins versants de type granitique, mais par contre une forte poussée de biomasse au devant des bassins versants de type schisteux. Ce dernier élément s'explique par les écoulements accentués d'azote sur les substrats imperméables, lors des fortes pluies de la fin du printemps 1994.

#### ABSTRACT

During June 1994, 44 beaches with "green-tides" were identified along the coasts of Brittany. Compared to previous years, seaweed amounts accumulated on beaches receiving nitrogen inputs from granitic catchments can be considered stable, contrary to beaches exposed to nutrient fluxes originating from schistous catchments, where an increase of accumulations is observed. This late process can be explained by an increase of nitrogen loadings during periods of heavy rain (late spring 1994) on impervious basement rocks.

Mots-clés : algues vertes, bassins versants, azote, pluie.

Key words : green-tides, catchments, nitrogen, rain.

IFREMER-SDP  
Centre de BREST  
Bibliothèque

B.P. 70-29280 PLOUZANE

IFREMER-Bibliothèque de BREST



OBR31794

## SOMMAIRE

|  | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| INTRODUCTION .....   | 1           |
| 1. INVENTAIRE DES SITES BRETONS DE "MAREES VERTES" .....                           | 1           |
| 1.1. Méthodologie de prospection .....   | 1           |
| 1.2. Traitement des données et cartographie .....                                  | 2           |
| 1.3. Résultats .....   | 2           |
| 2. FLUX AZOTES SUR LES SITES-TEMOINS .....   | 8           |
| 2.1. Description des sites .....   | 8           |
| 2.2. Méthodologie employée .....   | 16          |
| 2.2.1. Mesures de débits .....   | 16          |
| 2.2.2. Analyses de concentrations en azote .....                                   | 16          |
| 2.2.3. Mesures de flux azotés .....  | 16          |
| 2.3. Résultats .....   | 17          |
| 2.3.1. Apports journaliers en azote .....  | 17          |
| 2.3.1.1. <i>Apport d'azote par rivière</i> .....                                   | 17          |
| 2.3.1.2. <i>Apport d'azote sur chaque site</i> .....                               | 22          |
| 2.3.1.3. <i>Comparaison avec les années antérieures</i> .....                      | 24          |
| 2.3.2. Pertes d'azote par unité géographique .....                                 | 28          |
| 3. RECHERCHE DE RELATION ENTRE LES APPORTS D'AZOTE<br>ET LES "MAREES VERTES" ..... | 30          |
| CONCLUSION .....   | 31          |
| ANNEXE 1 FIGURES   |             |
| ANNEXE 2 VERITE DE TERRAIN   |             |

## INTRODUCTION

Suite aux études du même type, effectuées en 1988 et 1991, l'inventaire des marées vertes, réalisé en 1994 sur le littoral breton, a pour but de situer globalement l'évolution du problème par rapport aux années antérieures. Mais l'explication de telle ou telle tendance ne peut se faire qu'à l'appui de mesures simultanées des flux azotés de fin de printemps et de début d'été aux exutoires des bassins versants incriminés. L'ensemble des mesures de flux sur la totalité des sites de prolifération d'ulves ne pouvant en pratique se réaliser, des sites témoins ont été choisis de manière hétérogène sur le littoral breton. Ils ont pour rôle d'estimer les niveaux moyens de perte azotée des bassins versants, par secteur géographique, et ceci en fonction de la pluviosité du moment.

### 1. INVENTAIRE DES SITES BRETONS DE "MAREES VERTES"

#### 1.1. Méthodologie de prospection

La méthode d'inventaire des sites littoraux est identique à celle qui a été utilisée en 1988 et 1991. Trois survols aériens sont organisés pour visualiser en trois jours l'ensemble de la côte bretonne dans de bonnes conditions météorologiques, aux alentours de la basse-mer, quand le coefficient de marée est assez élevé (21, 23 et 28 juin 1994). Les zones côtières apparaissant colorées en vert sont notées sur carte et photographiées.

Simultanément, huit personnes du CEVA ont pour mission de prospecter, par équipes de deux, la quasi-totalité du littoral breton. Sur les sites identifiés "à algues vertes", sont notées les espèces rencontrées et leur état global sur le site identifié (échouées, fixées, flottantes, décomposées, ...). Parfois, une pesée est effectuée sur un prélèvement de  $\frac{1}{4}$  de mètre-carré pour donner une idée de la biomasse à un endroit précis. Par manque de temps, cette manipulation ne peut être effectuée dans les différentes strates de chaque site, et ceci ne peut donc être considéré comme un élément suffisant pour déterminer la biomasse totale d'un site. En effet, l'on sait maintenant que l'estimation du stock total échoué sur une seule plage demande plus d'une centaine de pesées effectuées par une équipe de huit personnes pendant plus de 5 heures autour de la basse-mer.

## 1.2. Traitement des données et cartographie

Toutes les données recueillies par le CEVA sont mises sous forme de tableau (annexe 2). Elles servent de vérité de terrain dans le cadre du traitement visuel des photographies aériennes de la bande côtière.

L'étendue des zones où existent des algues vertes est identifiée sur les photographies aériennes. La détermination des espèces en présence, ainsi que les quelques indications données par la vérité de terrain (échouage, en fixation, épaisseur à certains endroits, pesée éventuelle, ...) vont compléter la visualisation des photographies pour affecter à chaque zone touchée une estimation d'importance relative (fig. 1).

Pour l'instant, avec les moyens à disposition, il n'est pas encore possible d'affecter une "fourchette" de biomasse à chaque site. L'évolution des recherches et des techniques va peut être pouvoir le faire à l'avenir.

## 1.3. Résultats

44 sites bretons peuvent être qualifiés de sites à marée verte en fin juin 1994 (tableau 1). Seules ont été identifiées les zones littorales où existent des algues vertes en épave (c'est-à-dire non fixées au substrat), en quantité non négligeable et de manière concentrée.

Ces sites littoraux sont situés sur une carte de Bretagne avec des symboles donnant leur importance relative vis-à-vis de la prolifération des algues vertes (fig. 1). Ils sont classés par ordre d'importance décroissante, avec un indice semi-quantitatif donné grossièrement à partir de l'indice 10 affecté à la zone baie de Morieux - anse d'Yffiniac qui a supporté un pic de biomasse de 10 500 tonnes d'ulves fraîches en 1994. On considère, *a priori*, d'après les données existantes, que tous les autres sites bretons possèdent des biomasses inférieures. Par exemple, la grève de Saint-Efflam, dont l'étude de biomasse est en cours de réalisation, devrait se situer aux alentours de 5 000 tonnes d'ulves fraîches, ceci d'après les premières estimations.

A l'échelle de l'ensemble de la Bretagne, en comparaison des inventaires réalisés en 1988 et 1991 (annexe 1), on remarque que les sites de prolifération d'algues vertes sont à peu près les mêmes. Cependant, l'année 1994, considérée globalement de forte production, voit apparaître de grosses augmentations de biomasse sur certains sites (en particulier l'Est des Côtes d'Armor et la baie de Douarnenez), ainsi qu'une entrée en considération de certains petits sites (Sud-Ouest de la rade de Brest, golfe du Morbihan, ...).

D'une manière générale, la côte Nord de Bretagne est beaucoup plus touchée par les proliférations d'algues vertes macrophytes que la côte Sud. Cette dernière est, pour sa part, plus sujette aux efflorescences phytoplanctoniques. Les hydrodynamismes très différents expliquent cet état de fait déjà connu.

L'explication de la forte poussée de biomasse d'ulves en 1994, sur les sites comme la baie de La Fresnaye, la baie de l'Arguenon, la baie de Lancieux et la baie de Douarnenez, vient du fait que, d'une part, le printemps a été très pluvieux, d'autre part, que les bassins versants sont plutôt de type imperméable (réagissant très vite aux pluies), et enfin que les excédents azotés de fertilisation de ces zones sont élevés. Les mesures effectuées sur des rivières-témoins, situées à différents endroits de la Bretagne, et caractérisant les divers bassins versants, vont permettre d'analyser les flux azotés du printemps, et ainsi apporter des explications aux quantités relatives d'ulves rencontrées et aux fluctuations éventuelles par rapport à 1991.

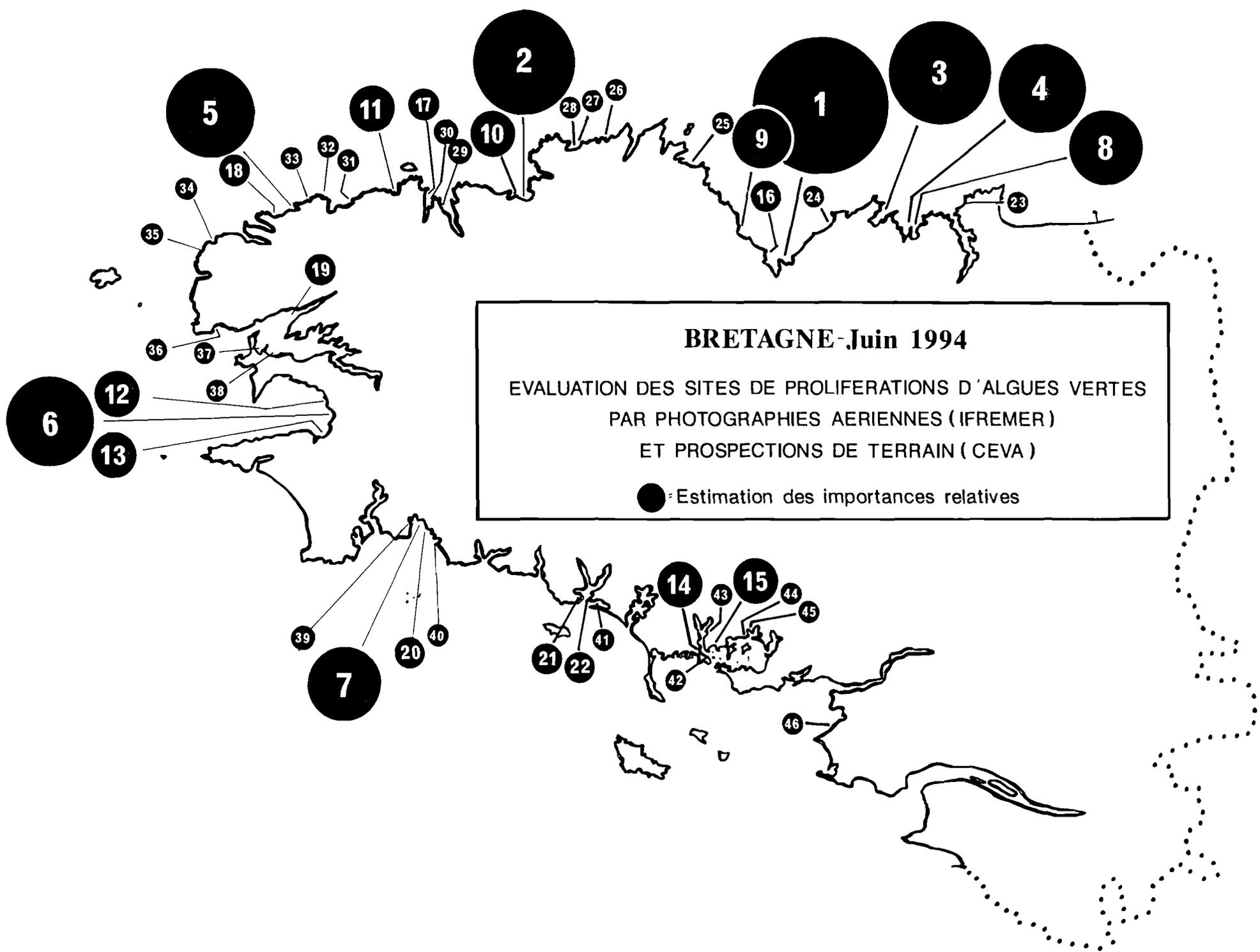


Fig.1

**Tableau 1. EVALUATION DES SITES DE PROLIFERATIONS D'ALGUES VERTES. BRETAGNE - JUIN 1994.**

| N° (sur carte) | Nom du site         | Nom de la plage (éventuellement)        | Indice semi-quantitatif | Espèce d'algues vertes | Remarques  |
|----------------|---------------------|---|-------------------------|------------------------|--|
| 1              | Baie de St. Briec   | Baie de Morieux                         | 10                      | ulves (U.M.V.)*        | avec l'anse d'Yffiniac, 10 500 tonnes en juin 1994 (CEVA)  |
| 2              | Baie de Lannion     | Grèves de St. Michel & St. Efflam       | 8                       | ulves (U.M.V.)         | entre 4 000 et 7 000 tonnes en 1994 (avec Baie de Locquirec)   |
| 3              | Baie de La Fresnaye |   | 8                       | ulves (U.M.V.)         | après absence en 1991, forte prolifération en 1994   |
| 4              | Baie de l'Arguenon  |   | 7                       | ulves (U.M.V.)         | peu en 1991, beaucoup en 1994  |
| 5              | Baie de Guisseny    |   | 7                       | ulves (U.M.V.)         | relative stabilité   |
| 6              | Baie de Douarnenez  | Plages de Kervigen et Ste Anne La Palud | 7                       | ulves (U.M.V.)         | poussée de biomasse en 1994  |
| 7              | Baie de Concarneau  | Anse de St. Jean à Kerleven             | 7                       | ulves (U.M.V.)         | relative stabilité   |
| 8              | Baie de Lancieux    |   | 6                       | ulves (U.M.V.)         | reçoit sans doute une partie des ulves produites dans la baie de l'Arguenon                                    |
| 9              | Baie de St. Briec   | Anse de Binic                           | 5                       | ulves (U.M.V.)         | stabilité  |
| 10             | Baie de Lannion     | Anse de Locquirec                       | 4                       | ulves (U.M.V.)         | une partie des ulves produites ici rejoint la grève de St. Efflam  |
| 11             | Baie de Plougoulm   | Anse de Moguériec                       | 4                       | ulves (U.M.V.)         | une partie des ulves produites ici rejoint les plages de Santec  |
| 12             | Baie de Douarnenez  | Plage de Lestrevet                      | 4                       | ulves (U.M.V.)         | poussée de biomasse en 1994  |
| 13             | Baie de Douarnenez  | Anse du Ris & plage de Keriolet         | 4                       | ulves (U.M.V.)         | moindre quantité d'ulves en 1994, mais prolifération conjointe de <i>Falkenbergia rufalonosa</i> (algue rouge) |
| 14             | Golfe du Morbihan   | Etang du Roc'h Du & anse du Moustoir    | 4                       | ulves (non U.M.V.)     | autres espèce d'ulve et système proche de la lagune  |
| 15             | Golfe du Morbihan   | Anse de Baden & étang de Locmiquel      | 4                       | ulves                  | système lagunaire + estran   |
| 16             | Baie de St. Briec   | Plage de Plérin                         | 3                       | ulves (U.M.V.)         | même système de production que la baie de Morieux  |

\* U.M.V. = Ulves de la Marée Verte.

|    |                      |  |   |   |  |
|----|----------------------|--|---|---|--|
| 17 | Baie de Morlaix      | Anse de Pempoul                              | 3 | Entéromor-<br>phes surtout                      | stabilité  |
| 18 | Anse de Corréjou     | Plage de<br>Plouguerneau                     | 3 | U.M.V.  | stabilité  |
| 19 | Rade de Brest        | Plage du Moulin<br>Blanc                     | 3 | ulves   | ramassage important (presque<br>quotidien)           |
| 20 | Baie de Concarneau   | Anse de Cabellou,<br>plages de<br>Concarneau | 3 | ulves   | petits sites dispersés                               |
| 21 | Rade de Lorient      | Anse de Quilisoy<br>(Larmor-plage)           | 3 | ulves ?   | stabilité  |
| 22 | Rade de Lorient      | Anse St-Catherine<br>(Port-Louis)            | 3 | Entéromor-<br>phes + ulves                      | stabilité  |
| 23 | Baie de St. Malo     | La Grande Plage                              | 2 | Entéromor-<br>phes                              | échouages répertoriés depuis<br>quelques années      |
| 24 | Baie de St. Briec    | Port d'Erquy                                 | 2 | <i>Ulva</i> sp.                                 | pas d'échouages répertoriés<br>auparavant            |
| 25 | Anse de Paimpol      | partie Sud                                   | 2 | Entéromor-<br>phes                              |  |
| 26 | Baie de Perros       | Plage de Trestel                             | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves                      |  |
| 27 | Baie de Perros       | Nantouar                                     | 2 | ulves <u>non</u><br>U.M.V.                      |  |
| 28 | Baie de Perros       | port et plan d'eau                           | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves                      |  |
| 29 | Baie de Morlaix      | estran de Kerdanet                           | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves<br><u>non</u> U.M.V. | plutôt échouées                                      |
| 30 | Baie de Morlaix      | Grande Grève                                 | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves<br><u>non</u> U.M.V. | plutôt échouées                                      |
| 31 | Baie de Goulven      | port de Plouescat                            | 2 | Entéromor-<br>phes                              | dont beaucoup fixées                                 |
| 32 | Anse de Brignogan    | Pontusval                                    | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves                      | échouages  |
| 33 | Côte des Légendes    | Kerlouan, la digue                           | 2 | ulves   | mélange avec d'autres algues                         |
| 34 | Anse de Portsall     | port   | 2 | Entéromor-<br>phes                              |  |
| 35 | Côte de Landunvez    | Argenton, bassin                             | 2 | Entéromor-<br>phes                              |  |
| 36 | entrée Rade de Brest | Plage du Trez-Hir                            | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves                      | échouages  |
| 37 | Rade de Brest        | Plage de Quéléren                            | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves                      | échouées ou fixées                                   |
| 38 | Rade de Brest        | Le Fret                                      | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves<br>U.M.V.            | entéromorphes plutôt fixées et<br>ulves sortie étang |
| 39 | Baie de Concarneau   | Plage de Cap Coz                             | 2 | ulves   | sur rochers + haut de plage                          |
| 40 | Baie de Concarneau   | Baie de Pouldohan                            | 2 | ulves   |  |

Evaluation des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en juin 1994

|    |                   |                       |   |                            |                                      |
|----|-------------------|-----------------------|---|----------------------------|--------------------------------------|
| 41 | Rade de Lorient   | Anse de Riantec       | 2 | Entéromor-<br>phes         | échouages (5 à 10 cm<br>d'épaisseur) |
| 42 | Golfe du Morbihan | Anse de<br>Kerouarc'h | 2 | ulves                      |                                      |
| 43 | Golfe du Morbihan | Baie de Kerdréan      | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves |                                      |
| 44 | Golfe du Morbihan | Anse de Kerlan        | 2 | ulves                      |                                      |
| 45 | Golfe du Morbihan | Anse de Couleau       | 2 | Entéromor-<br>phes + ulves |                                      |
| 46 | Golfe du Morbihan | Plage de Lanseria     | 2 | ulves                      |                                      |

## 2. FLUX AZOTES SUR LES SITES-TEMOINS

### 2.1. Description des sites

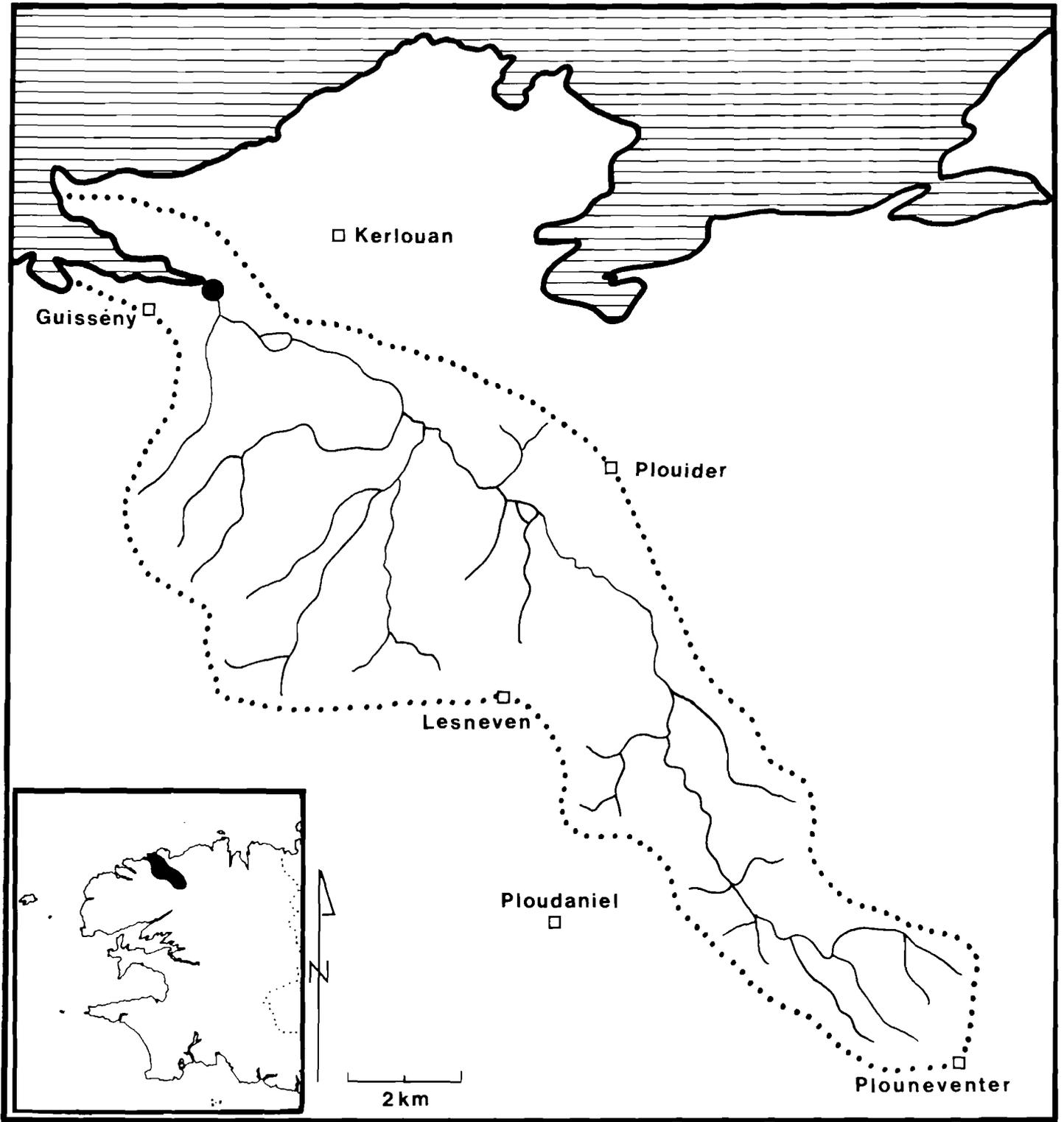
Sept sites sensibles de référence ont été choisis sur le littoral breton dans le but de donner une vision globale des évolutions différenciées des apports azotés dans des zones où les effets paraissent assez disparates.

- La baie de Guissény (fig. 2), dans le Nord-Finistère, voit proliférer des ulves depuis plus de 15 ans. Les biomasses produites chaque année, dont une partie est ramassée, semblent assez élevées (indice 7 sur le tableau 1). L'hydrodynamisme faible de la baie semble accentué par la présence de la digue du port du Curnic. Le bassin versant, en dehors d'une partie littorale apportant *a priori* peu d'éléments nutritifs, est essentiellement composé de la rivière le Quillimadec, couvrant 77,5 km<sup>2</sup>. Supportant une agriculture intensive (élevage et cultures), son excédent brut azoté est estimé à environ 44 kg N/km<sup>2</sup>/jour (Saunier, 1993). L'élevage est en majorité composé de bovins et porcins dans la partie amont, les cultures de légumes se situant surtout en aval.

- La baie de Plougoulm (fig. 3), dans le Nord-Finistère aussi, possède tous les printemps une production d'algues vertes qui a tendance, semble-t-il, à s'évacuer en partie de la baie par le Nord. Une portion non estimée de ces départs va ensuite s'échouer sur les plages de Santec au Nord-Est. Ceci fait que la biomasse d'ulves s'échouant dans la baie elle-même n'est pas excessivement importante au regard de la production potentielle. En effet, le bassin versant, plutôt étendu, apporte beaucoup de nitrate. Il est composé du petit ruisseau de Muguérec, et surtout du Guillec (71,5 km<sup>2</sup>) ainsi que de l'Horn (76,5 km<sup>2</sup>). Ces deux bassins versants possèdent les excédents bruts azotés d'origine agricole parmi les plus importants de Bretagne, respectivement 51 et 62 kg N/km<sup>2</sup>/jour. Comme sur le Quillimadec, élevage intensif et légumes sont les deux activités principales. En amont des bassins versants, l'élevage hors-sol de volailles et de porcs domine.

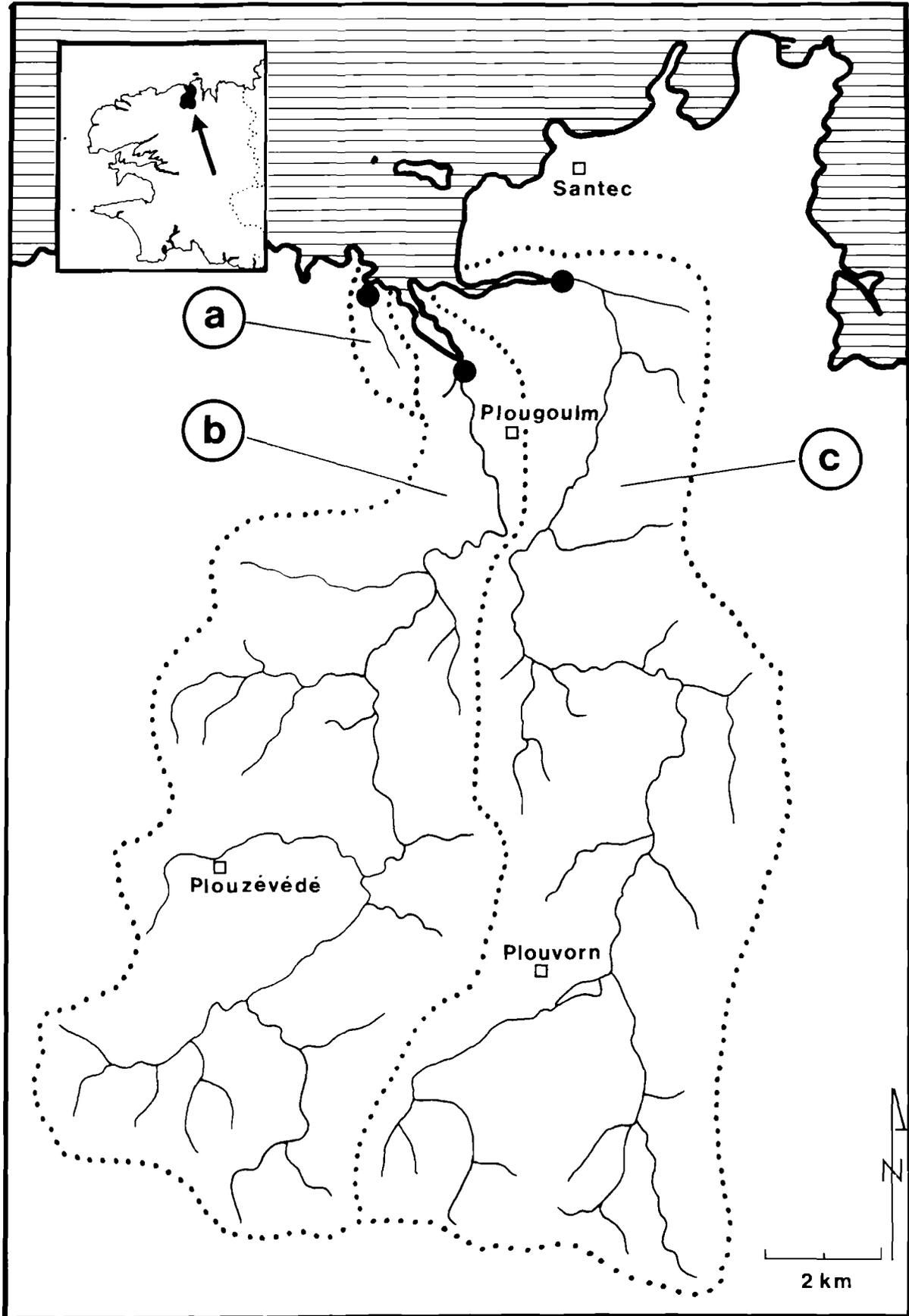
- La partie Nord-Est de la baie de Concarneau (fig. 4) voit, depuis plusieurs dizaines d'années, une prolifération printanière d'ulves. Le site a ceci de particulier qu'il est peu soumis à la houle, ce qui fait qu'une bonne partie des algues vertes se situe sous l'eau, sur une superficie plutôt étendue. Un régime de vent d'Est peut soudainement chasser les ulves vers l'Ouest pour atteindre les plages de Fouesnant. Le bassin versant qui apporte de l'azote dans la zone de production est constitué du ruisseau de Saint-Jean (7 km<sup>2</sup>) et surtout du Lesnevard (28,5 km<sup>2</sup>). L'excédent azoté y est moyen : 33 kg N/km<sup>2</sup>/jour. Les apports paraissent plutôt réguliers, par le biais de réserves d'eau souterraines.

Fig.2



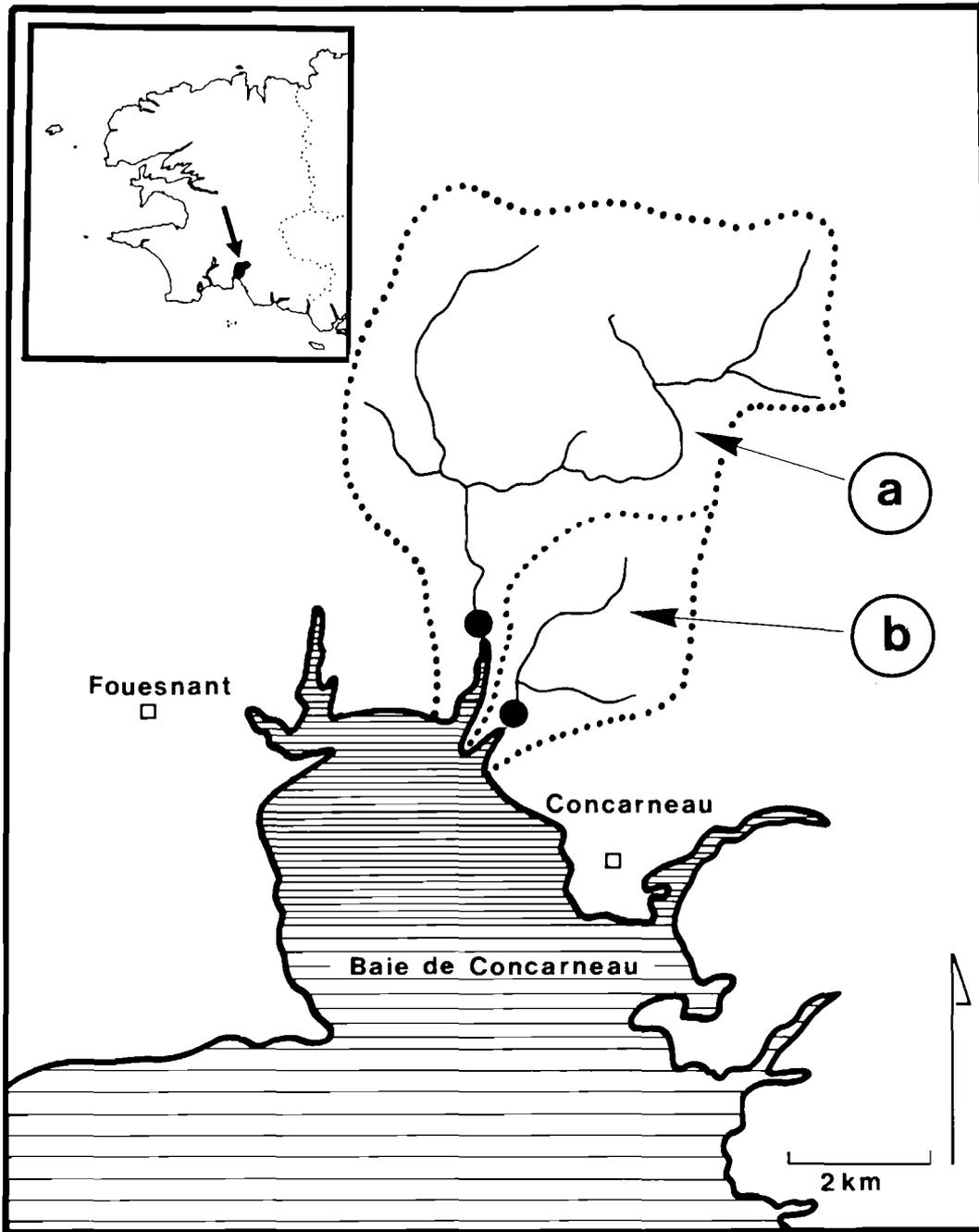
Quillimadec

Fig.3



- a . Moguériec
- b . Guillec
- c . Horn

Fig.4



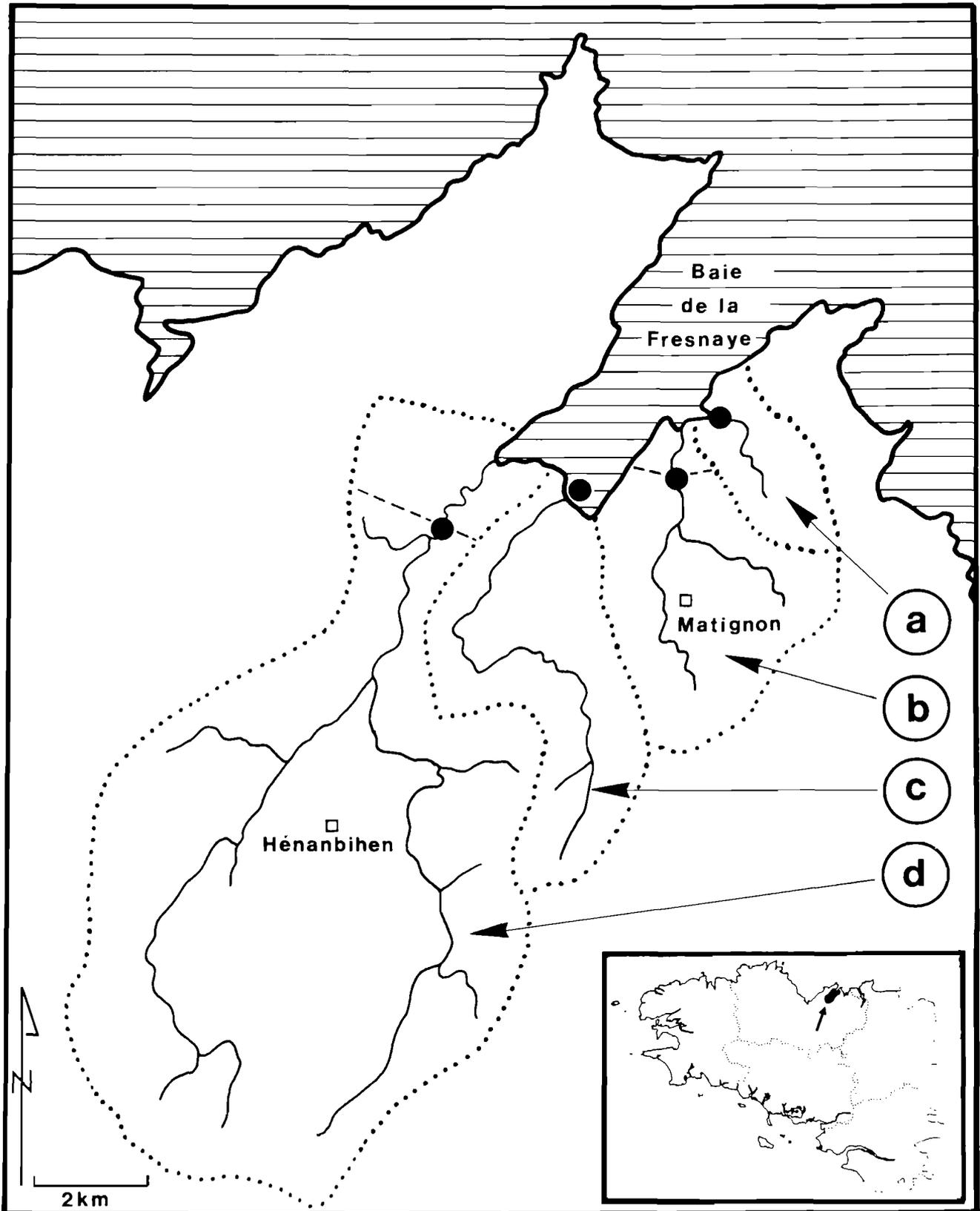
a . Lesnevard  
b . Saint Jean

- La baie de La Fresnaye, située à l'Est des Côtes d'Armor, voit des fluctuations très importantes de biomasses d'algues vertes d'une année sur l'autre, liées aux évolutions interannuelles des conditions pluviométriques printanières. La sécheresse du printemps 1991 a provoqué une quasi-absence d'ulves. La marée verte est revenue en 1992 avec l'augmentation des apports azotés par les pluies printanières, sur sous-sol imperméable. L'ensemble du bassin versant est composé de trois petits ruisseaux : le Rat (15,75 km<sup>2</sup>), le Kermiton (5,25 km<sup>2</sup>), le Clos (13,75 km<sup>2</sup>), ajoutés à la rivière la plus importante : le Frémur (65,5 km<sup>2</sup>). Si le Rat a un excédent brut azoté de 19 kg N/km<sup>2</sup>/jour, par contre celui du Frémur est, semble-t-il, le plus élevé de Bretagne (64 kg N/km<sup>2</sup>/jour). Il y existe une concentration porcine très importante.

- L'Anse de Baden (fig. 5), dans le golfe du Morbihan, est atteinte, depuis quelques années, par un développement d'algues vertes, bien visibles à la surface de l'eau, dans l'étang fermé de Toul Vern et sur l'estran de l'anse de Mériadec. Le bassin versant restreint est composé de deux ruisseaux : celui de Toul Vern (1,42 km<sup>2</sup>) et celui de Mériadec (1,82 km<sup>2</sup>). L'agriculture y étant peu développée, les risques d'apports importants de nitrate paraissent exclus. Par contre, des apports azotés d'origine domestique, après traitement ou non, peuvent se déverser dans chacun des deux sites. La station d'épuration à lagunage de Baden rejette dans le ruisseau de Mériadec.

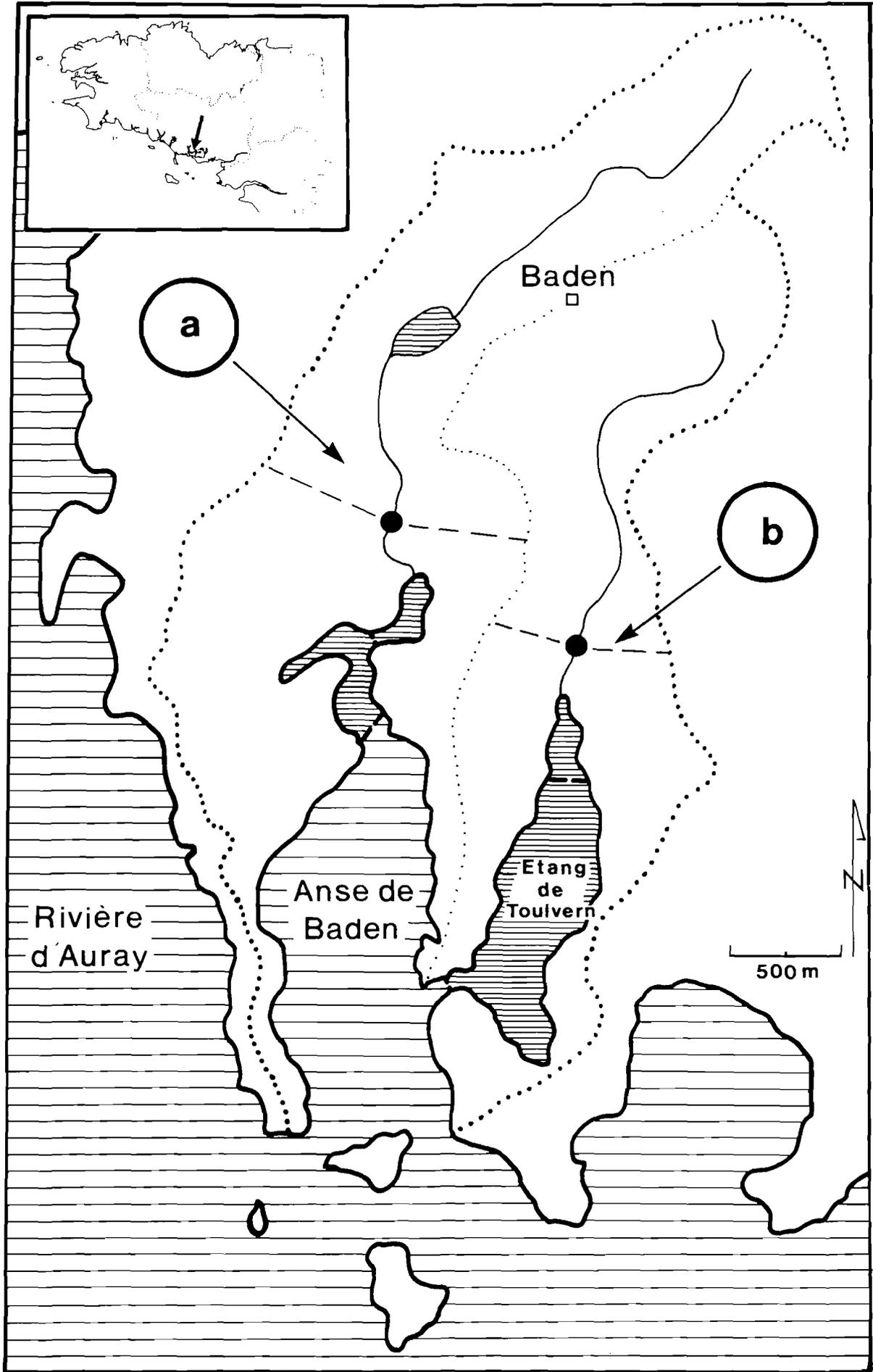
- L'Etang du Roc'h Du (fig. 7), dans la partie Ouest du golfe du Morbihan, contient pour sa part une biomasse visible d'algues vertes (paraissant restreinte). Sa sortie en rivière d'Auray semble aussi atteinte par cette prolifération. Trois ruisseaux se déversent dans des retenues d'eau *a priori* douce bordant l'étang. Leurs bassins versants sont peu étendus : Kerizan (0,6 km<sup>2</sup>), Keryonvarc'h (1,4 km<sup>2</sup>) et Lan Vrenneg (3,8 km<sup>2</sup>). Un quatrième ruisseau arrive directement dans l'étang marin ; il s'agit de celui de Pont-er-Len (4,2 km<sup>2</sup>) qui collecte les rejets d'une station d'épuration à lagunage provenant de trois communes (Locmariaquer, Cnac'h et Saint-Philibert). Les bassins versants sont relativement peu agricoles.

Fig.5



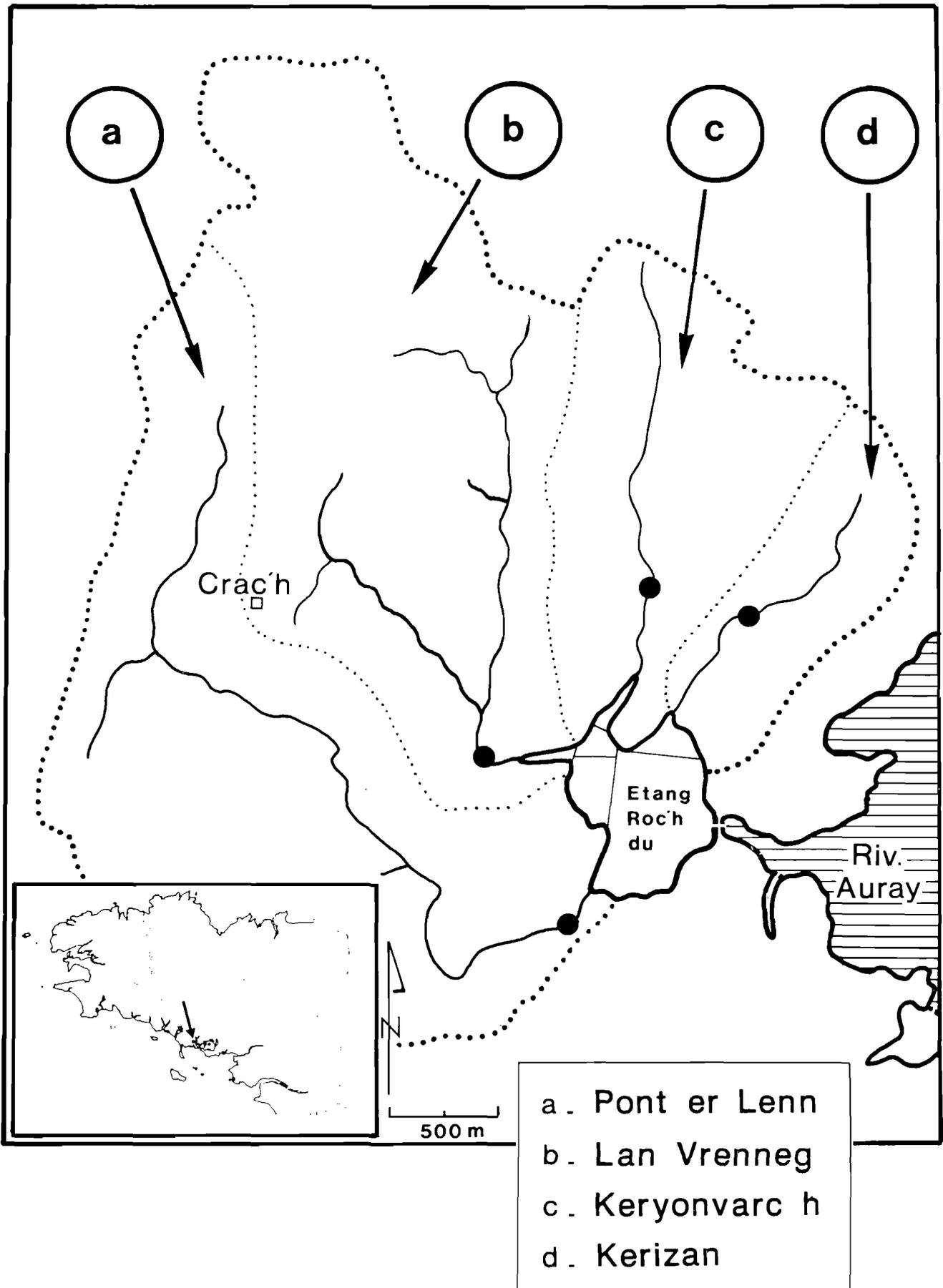
- a . Kermiton
- b . Clos
- c . Rat
- d . Frémur

Fig. 6



a . Mériadec  
b . Toulvern

Fig.7



## 2.2. Méthodologie employée

### 2.2.1. Mesures de débits

Les 16 rivières-témoins ont fait l'objet de mesures de débits à 5 moments régulièrement espacés lors du printemps 1994 : 9-10 mai, 26-28 mai, 9-10 juin, 22-24 juin et 7-8 juillet. Sur chaque rivière, la méthodologie employée est similaire. Au niveau d'une section identifiée, la largeur du cours d'eau est mesurée. Puis, à différents niveaux sur plusieurs verticales de la colonne d'eau, un moulinet à hélice relié à un compteur donne le nombre de tours effectués par celle-ci en un temps donné. Les caractéristiques des berges et du fond sont notées pour affecter des indices d'écoulement suivant une gamme préétablie. Toutes les valeurs obtenues sont ensuite traitées par un programme informatique spécifique qui va permettre de calculer le débit instantané de la rivière au moment de la mesure.

### 2.2.2. Analyses de concentrations en azote

Un prélèvement d'eau est effectué simultanément à chaque mesure de débit d'eau douce. Le flacon est rangé immédiatement au congélateur, puis porté au Laboratoire Municipal de Brest, pour analyse de l'ammonium et du nitrate.

### 2.2.3. Mesures de flux azotés

Soient :  $CNO_3$  : la concentration en nitrate (en mg/litre)  
 $CNH_4$  : la concentration en ammonium (en mg/litre)  
 $D^t$  : le débit à l'instant  $t$  de la rivière (en litres/seconde),

le flux azoté d'une rivière à l'instant  $t$  (en kg N/jour) est celui-ci :

$$F_N^t = ((CNO_3 \times 0,23) + (CNH_4 \times 0,78)) \times D^t \times 0,0864$$

le flux azoté journalier par km<sup>2</sup> de bassin versant se calcule ensuite ainsi :

$$F_{N \text{ un.}}^t = \frac{F_N^t}{S} \quad (\text{en kg N.km}^{-2}.\text{j}^{-1})$$

$S$  = superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>

## 2.3. Résultats

### 2.3.1. Apports journaliers en azote

Il a été démontré, par le cas de la baie de Saint-Brieuc, que les biomasses d'ulves produites chaque année sur un site littoral sensible sont directement liées aux flux d'azote de fin de printemps, dès lors que cet élément nutritif devient limitant.

Les mesures d'apports d'azote effectuées, à cinq instants entre le 9 mai et le 8 juillet 1994, donnent une indication des niveaux moyens atteints en cette saison par chaque rivière et sur chaque site littoral récepteur.

#### 2.3.1.1. *Apport d'azote par chaque rivière*

Parmi les 16 rivières étudiées, il est possible de faire ressortir 4 groupes suivant les niveaux d'apports d'azote journaliers :

- Le Guillec, l'Horn et le Quillimadec (fig. 8) charrient régulièrement, au printemps 1994, des tonnages impressionnants d'azote, se situant, pour chaque cours d'eau, entre 2 000 et 3 000 kg N par jour. Ces flux sont relativement stables durant la période d'étude, avec cependant une légère hausse pour le Guillec et l'Horn, lors des fortes pluies de fin mai.
- Le Frémur et le Lesnevard (fig. 8) sont dans une gamme d'apports journaliers situés entre 200 et 1 000 kg N. Le Lesnevard possède un flux printanier relativement stable (de 400 à 700 kg N/jour) dû à sa nature géologique (réserves souterraines). Le Frémur, par contre, au sous-sol schisteux, subit plus de variations en fonction de la pluie du moment (de 200 à 1 000 kg N/jour).
- Cinq ruisseaux apportent chacun au littoral des flux situés entre 20 et 170 kg N/jour : il s'agit du Moguériec, du Rat, du Clos, du Kermiton et du Saint-Jean (fig. 9). Ils possèdent cependant des variations d'apports différents. Le Moguériec et le Rat sont plutôt stables. Le Clos et le Kermiton ont subi une certaine hausse lors des pluies de fin mai. Par contre, le Saint-Jean a été très influencé par ces pluies, semble-t-il.

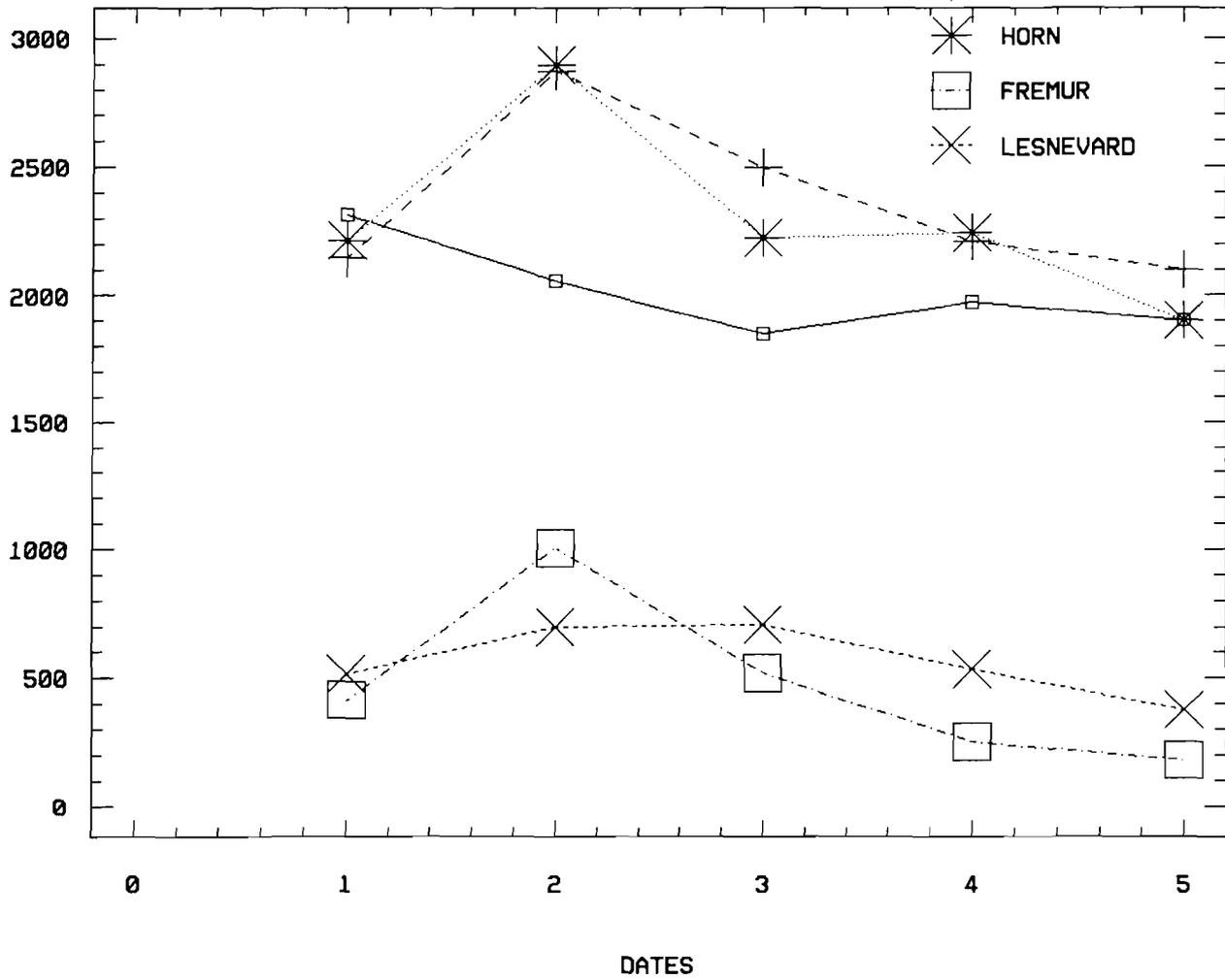
Fig.8

APPORTS D'AZOTE AU PRINTEMPS 1994

KGS N/JOUR

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

- QUILLIMADEC
- ⊕ GUILLEC
- \* HORN
- FREMUR
- × LESNEVARD



DATES 1 / 9 10 MAI  
2 / 26 28 MAI  
3 / 9 10 JUIN  
4 / 22 24 JUIN  
5 / 7 8 JUILLET

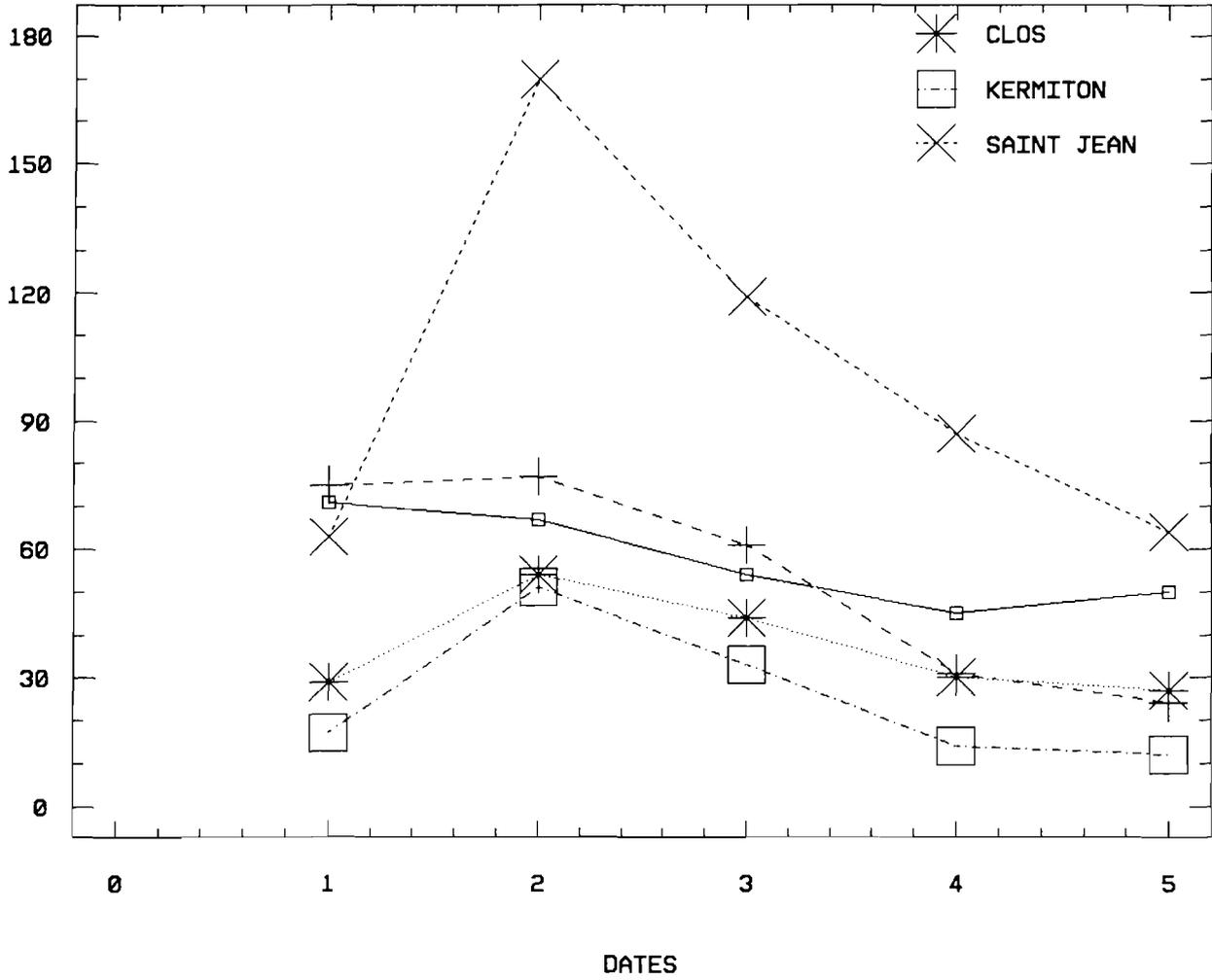
Fig.9

APPORTS D'AZOTE AU PRINTEMPS 1994

KGS N/JOUR

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

- MOGUERIEC
- ⊕ RAT
- \* CLOS
- KERMITON
- ⊗ SAINT JEAN



DATES 1 /9 10 MAI  
2 /26 28 MAI  
3 /9 10 JUIN  
4 /22 24 JUIN  
5 /7 8 JUILLET

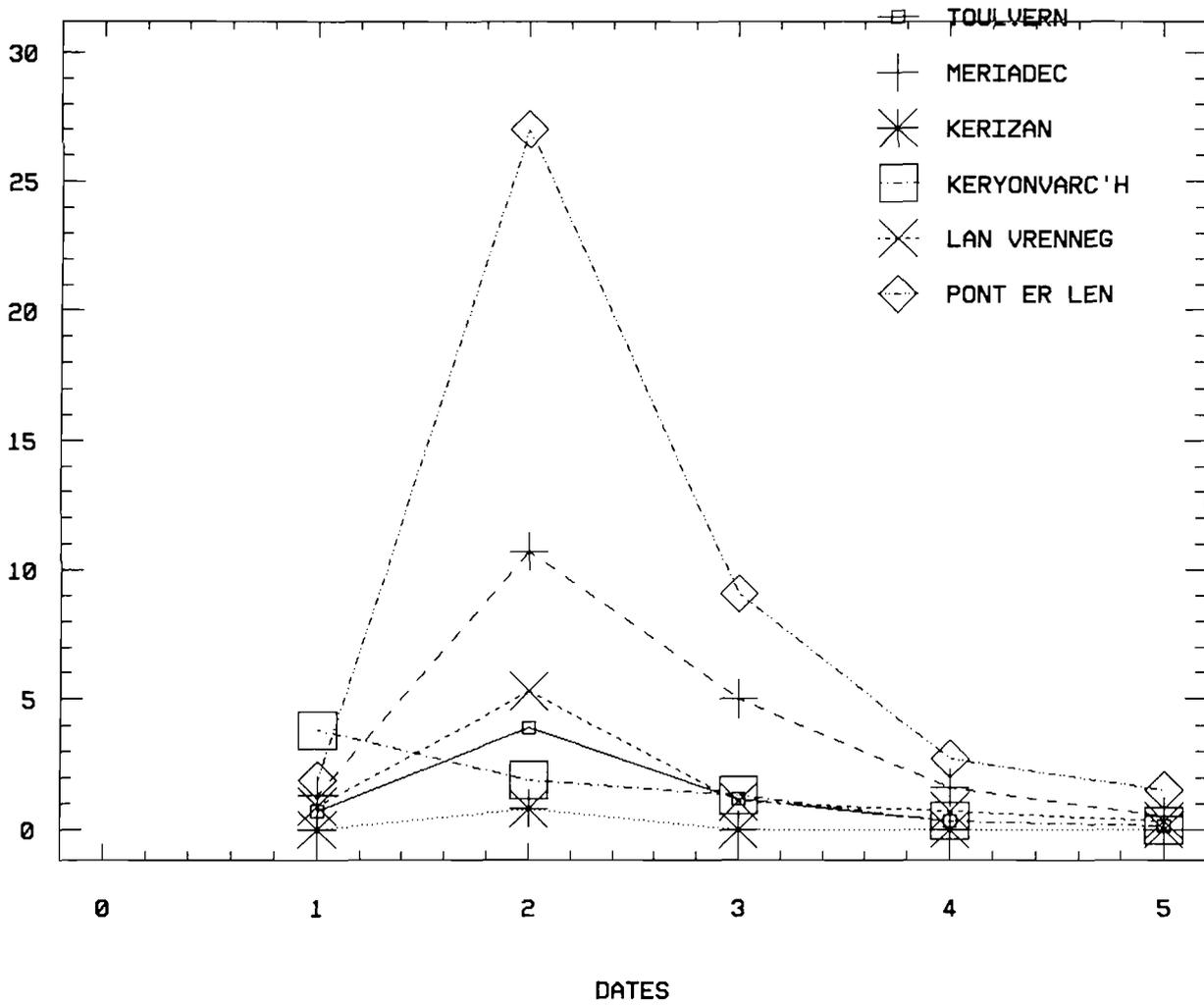
- Les petits ruisseaux du golfe du Morbihan (fig. 10) possèdent les apports journaliers les plus bas, toujours inférieurs à 30 kg N/jour, lors des mesures du printemps 1994, et certains même restant à un niveau inférieur à 5 kg N/jour. Le Keryouvarc'h et le Kerizan sont relativement stables à un niveau très faible, toujours inférieur à 4 kg N/jour. Le Toul-Vern et le Lan-Vrenneg, étant d'ordinaire à un niveau très bas, ont subi une hausse jusqu'à environ 5 kg N/jour, lors des pluies de fin mai. Le Mériadec et surtout le Pont-er-Len ont été les plus influencés par les fortes pluies de fin mai, subissant une hausse importante des apports azotés. Il est à signaler que, dans chacun de ces deux ruisseaux, se jettent les eaux d'une station d'épuration à lagunage.

Fig.10

APPORTS D'AZOTE AU PRINTEMPS 1994

KGS N/JOUR

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE



1/ 9 10 MAI  
2/ 26 28 MAI  
3/ 9 10 JUIN  
4/ 22 24 JUIN  
5/ 7 8 JUILLET

### 2.3.1.2. Apport d'azote sur chaque site (fig. 11)

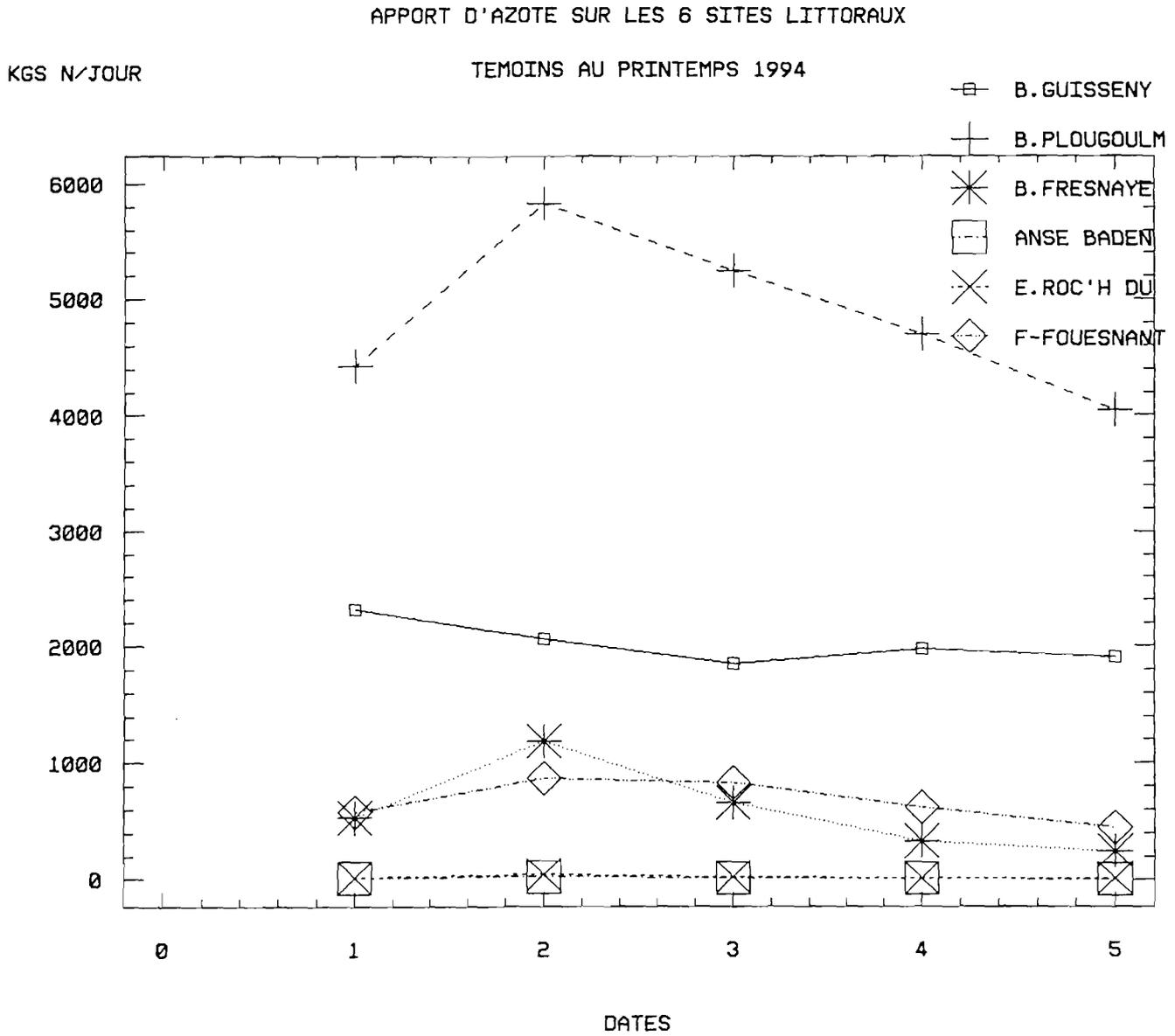
- La baie de Plougoulm, au printemps 1994, reçoit des flux azotés journaliers pouvant être qualifiés d'énormes, s'agissant d'un bassin versant de taille relativement modeste. En effet, les rivières Guillec et Horn possèdent en même temps des débits soutenus au printemps (réserves souterraines) et de fortes concentrations en nitrate (presque toujours supérieures à 100 mg NO<sub>3</sub>/litre). De ce fait, il est étonnant que la biomasse d'ulves dans la baie de Plougoulm ne soit pas plus imposante. Il semble que le piégeage des eaux et des algues vertes ne soit pas extrême dans cette baie. Le passage au Nord-Est, entre la côte et l'île de Sieck, procure une certaine dilution des eaux, ainsi qu'un départ des ulves produites qui vont s'échouer en partie sur les plages de Santec.

- La baie de Guissény, qui, pour sa part, semble subir un piégeage hydrodynamique assez sévère, reçoit régulièrement une quantité relativement importante d'azote se situant aux alentours de 2 000 kg N par jour au printemps 1994. La production d'ulves est sans doute importante et les volumes ramassés sont parmi les plus élevés des communes littorales bretonnes. Mais il faut savoir que la récolte d'ulves enlève simultanément un volume important de sable.

- La baie de La Fresnaye et l'anse de la Forêt-Fouesnant concentrent des apports d'azote journalier moyen à peu près semblables au printemps 1994, bien que les variations soient plus importantes sur le premier site. Cependant, les deux cas sont très différents : le bassin versant de la baie de La Fresnaye possède des excédents de fertilisation azotée très importants (plus de 5 000 kg N/jour), celui de la Forêt-Fouesnant a des excédents plus de deux fois moindres (de 1 000 à 1 500 kg N/jour). Le premier bassin versant est de type schisteux et reçoit relativement peu de pluie, le second est de type granitique et reçoit beaucoup d'eau. Malgré des conditions de bassins versants totalement différentes, les apports d'azote sont semblables au printemps 1994 et les productions d'ulves sont relativement comparables. Le site de la baie de La Fresnaye, possédant une houle relativement constante (oxygénation supérieure et moins d'auto-ombrage), semble cependant avoir une meilleure production d'ulves que le site de la baie de la Forêt-Fouesnant.

- L'étang du Roc'h Du et l'anse de Baden possèdent des apports azotés globalement très faibles au printemps 1994. Seules les fortes pluies de fin mai ont provoquer des pics de flux atteignant 15 KG N/jour dans l'anse de Baden et 35 kg N/jour dans l'étang du Roc'h Du (dûs en particulier aux apports des stations d'épuration sans doute en dysfonctionnement). Dans un système de baie semi-ouverte sur la mer, comme c'est le cas sur les autres sites, il n'y aurait sans doute pas eu de problème de prolifération d'algues vertes avec si peu d'apports d'azote journalier. Cependant, ici, deux éléments différents pourraient influencer le milieu :

Fig.11



1 /9 10 MAI  
 2 /26 28 MAI  
 3 /9 10 JUIN  
 4 /22 24 JUIN  
 5 /7 8 JUILLET

- les sites sont plutôt fermés et pourraient réagir comme des lagunes (stockage et relargage d'éléments nutritifs) ;
- les sites côtoient un estuaire et un golfe qui pourraient éventuellement les alimenter de manière diffuse par le côté mer,

ces hypothèses feront l'objet d'études plus précises dans le cadre du pré-contrat de baie du golfe du Morbihan, à partir de l'année 1995.

### 2.3.1.3. *Comparaison avec les années antérieures*

Parmi les rivières-témoins étudiées dans ce rapport, deux ont déjà été suivies durant au moins un printemps : il s'agit du Quillimadec et du Frémur. Les flux azotés apportés par ces rivières sont très dissemblables entre eux et varient fortement d'une année sur l'autre. Le Quillimadec, lors du printemps sec de 1991, charriait tout de même, de manière soutenue, 1 200 kg N par jour jusqu'en début juin, avant de baisser (fig. 12). Au printemps 1994, plutôt pluvieux, les apports d'azote sont restés élevés à plus de 1 800 kg N par jour. En mai et début juin des années 1991 et 1994, les concentrations en nitrate étant à peu près similaires (fig. 13), c'est uniquement l'écoulement d'eau douce qui a fait la différence de flux entre les deux années.

Par contre, pour le Frémur, les fortes pluies du printemps 1994 ont provoqué une concentration élevée en nitrate, en mai et juin (fig. 13), en même temps qu'un fort débit d'eau douce. Les flux azotés du printemps 1994 s'élèvent donc jusqu'à 1 000 kg N par jour (en fin mai) et sont toujours beaucoup plus élevés que ceux de 1991 (printemps très sec) et même ceux de 1992 (printemps peu pluvieux) (fig. 14). Ceci se solde sur le littoral par une absence d'ulves en 1991 dans la baie de La Fresnaye, une présence relativement faible en 1992 et une forte prolifération en 1994.

Fig.12

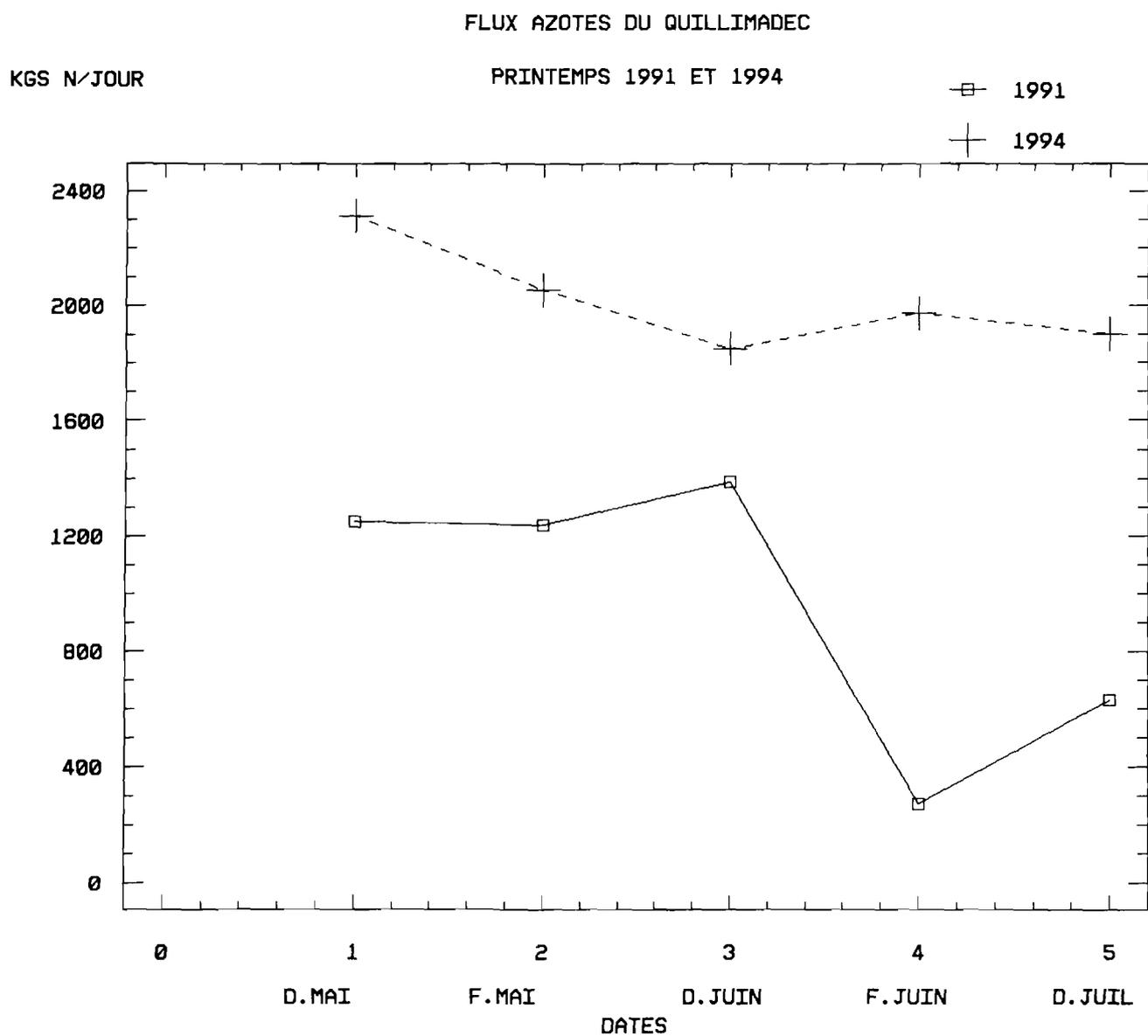
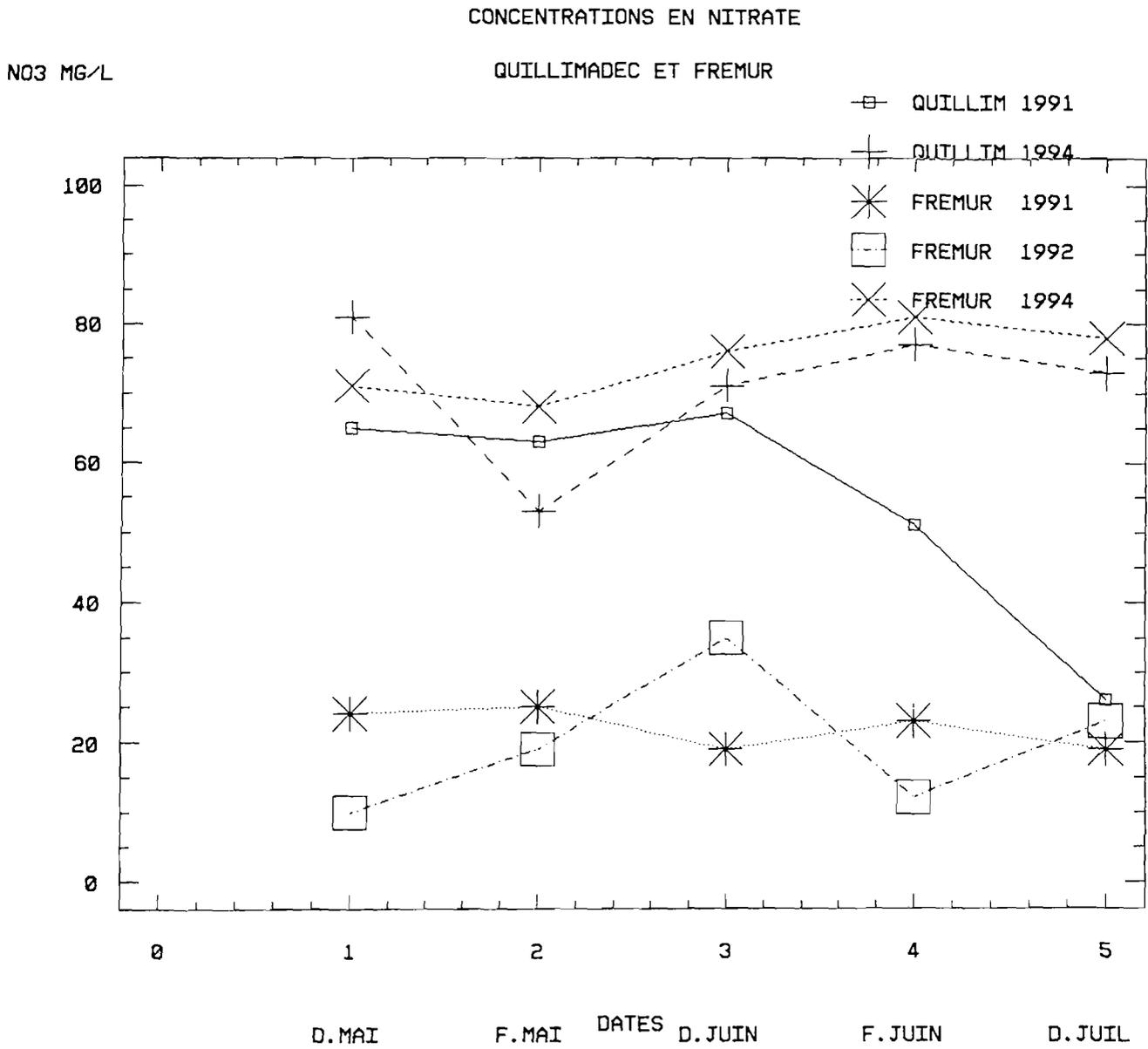


Fig.13



### 2.3.2. Pertes d'azote par unité géographique

Pour pouvoir estimer les sensibilités internes des différents bassins versants à la perte d'azote, il faut s'affranchir de leurs superficies respectives. Le flux d'azote charrié par jour est donc divisé par la superficie du bassin versant pour donner une valeur de flux en kg N/km<sup>2</sup>/jour.

Il ressort de la comparaison des sites (fig. 15) des différences très importantes :

- le bassin versant de la baie de Plougoulm perd, au printemps 1994, entre 25 et 40 kg N/km<sup>2</sup>/jour, ce qui est considérable ;
- le Quillimadec, se déversant en baie de Guissény, laisse fuir journalièrement entre 23 et 30 kg N/km<sup>2</sup> ;
- le bassin versant Nord-Est de la baie de Concarneau se situe régulièrement à un niveau moyen situé entre 12 et 25 kg N/km<sup>2</sup>/jour ;
- le bassin versant de la baie de La Fresnaye, bien que très excédentaire en azote d'origine animale (élevage hors-sol), ne perd en définitive, au printemps 1994, qu'entre 2 et 12 kg N/km<sup>2</sup>/jour, avec des fluctuations importantes liées aux pluies ;
- les deux petits bassins versants du golfe du Morbihan laissent s'échapper globalement très peu d'azote (entre 0,2 et 3,7 kg N/km<sup>2</sup>/jour), malgré quelques pics lors de fortes pluies.

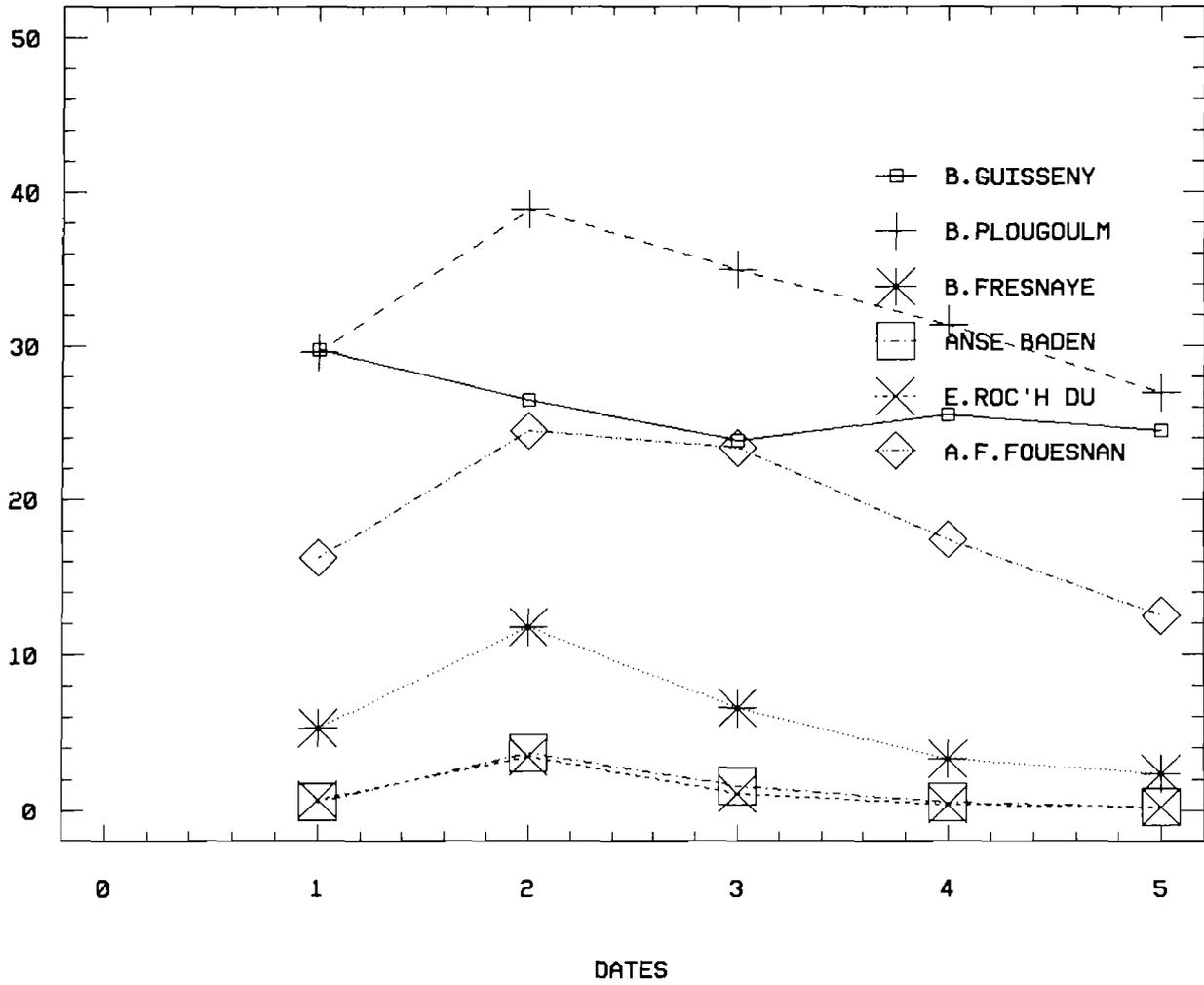
Ces données confirment la classification proposée des sensibilités des bassins versants bretons selon des critères naturels liés essentiellement à la nature du sous-sol et à la pluviosité efficace (PIRIOU, J.Y., 1993). Ces différences de sensibilités très fortes lors d'un printemps sec comme celui de 1991, se révèlent encore significatives lors d'un printemps globalement pluvieux comme celui de l'année 1994.

Fig.15

PERTE D'AZOTE PAR KM2 DE BASSIN VERSANT

KGS N/KM2/JOUR

SITES LITTORAUX TEMOINS EN 1994



### 3. RECHERCHE DE RELATION ENTRE LES APPORTS D'AZOTE ET LES "MAREES VERTES"

S'il existe des valeurs moyennes approximatives de flux d'azote sur chaque site-témoin en fin de printemps et début d'été, par contre les données de biomasses d'ulves sur ces sites n'existent pas. Seules des estimations comparatives grossières sont données dans le chapitre 1.

L'autre facteur fondamental pour expliquer la présence d'ulves, qui est fondée sur la notion de piégeage de l'eau littorale, ne fait pas pour l'instant l'objet de valeurs explicitant des ordres de grandeur de sensibilités proprement littorales.

En l'absence de ces données, il est cependant possible d'émettre des hypothèses pour chaque site :

- vu les apports énormes d'azote dans la baie de Plougoum et, comparativement la biomasse produite d'ulves plutôt modeste, on peut penser que le site marin n'est que moyennement sensible ;
- par contre, une réflexion du même ordre sur la baie de Guissény et la baie de Concarneau peut classer ces sites dans la catégorie des zones littorales sensibles ;
- la baie de La Fresnaye quant à elle, vue la biomasse élevée d'ulves produite, pour des apports printaniers d'azote somme toute moyens, semble physiquement très sensible au phénomène de prolifération d'algues ;
- les deux petites anses du golfe du Morbihan subissent globalement peu d'apports, mais sont des sites partiellement fermés avec des systèmes écologiques très spécifiques ressemblant à ceux des lagunes, en général extrêmement sensibles à l'eutrophisation.

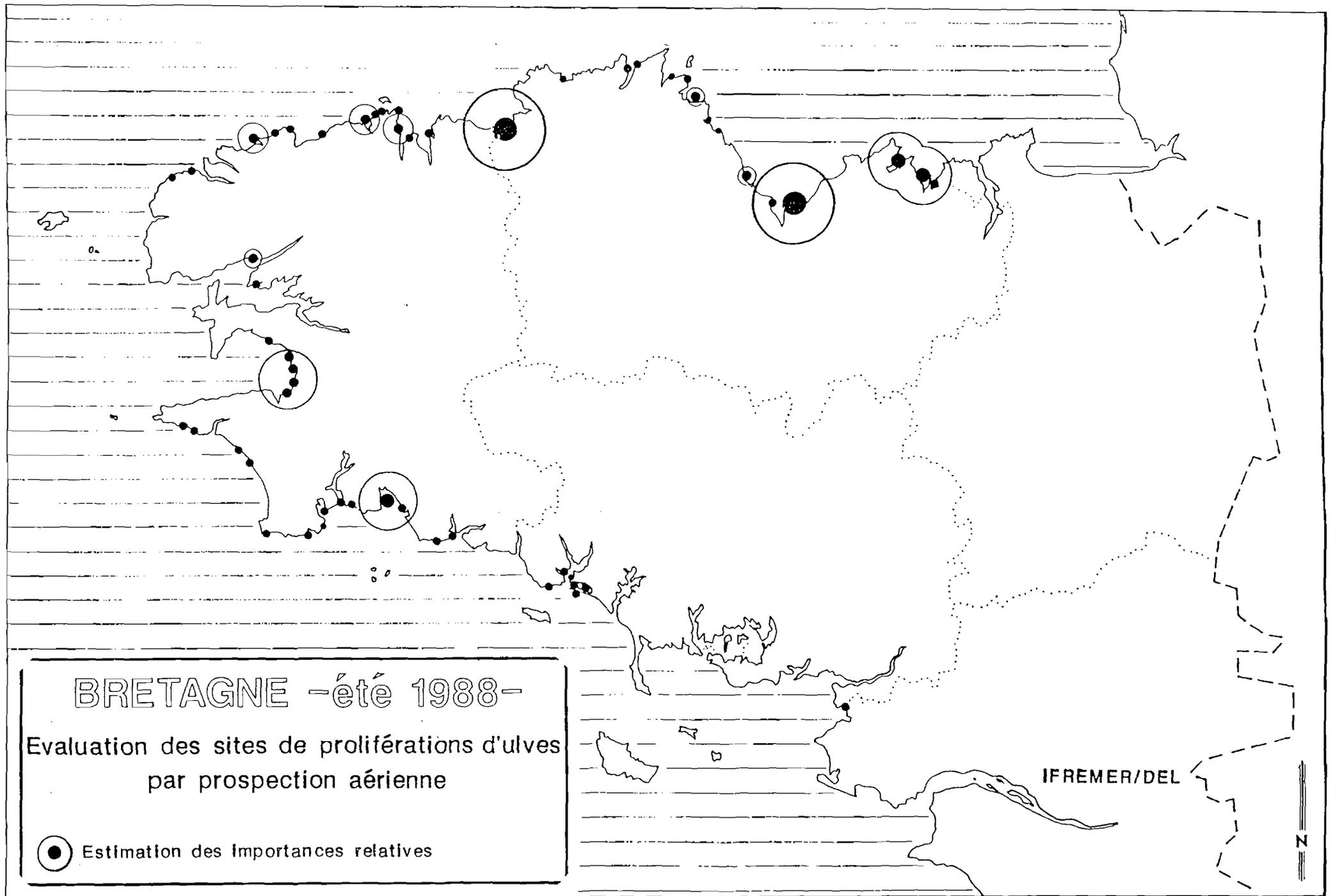
## CONCLUSION

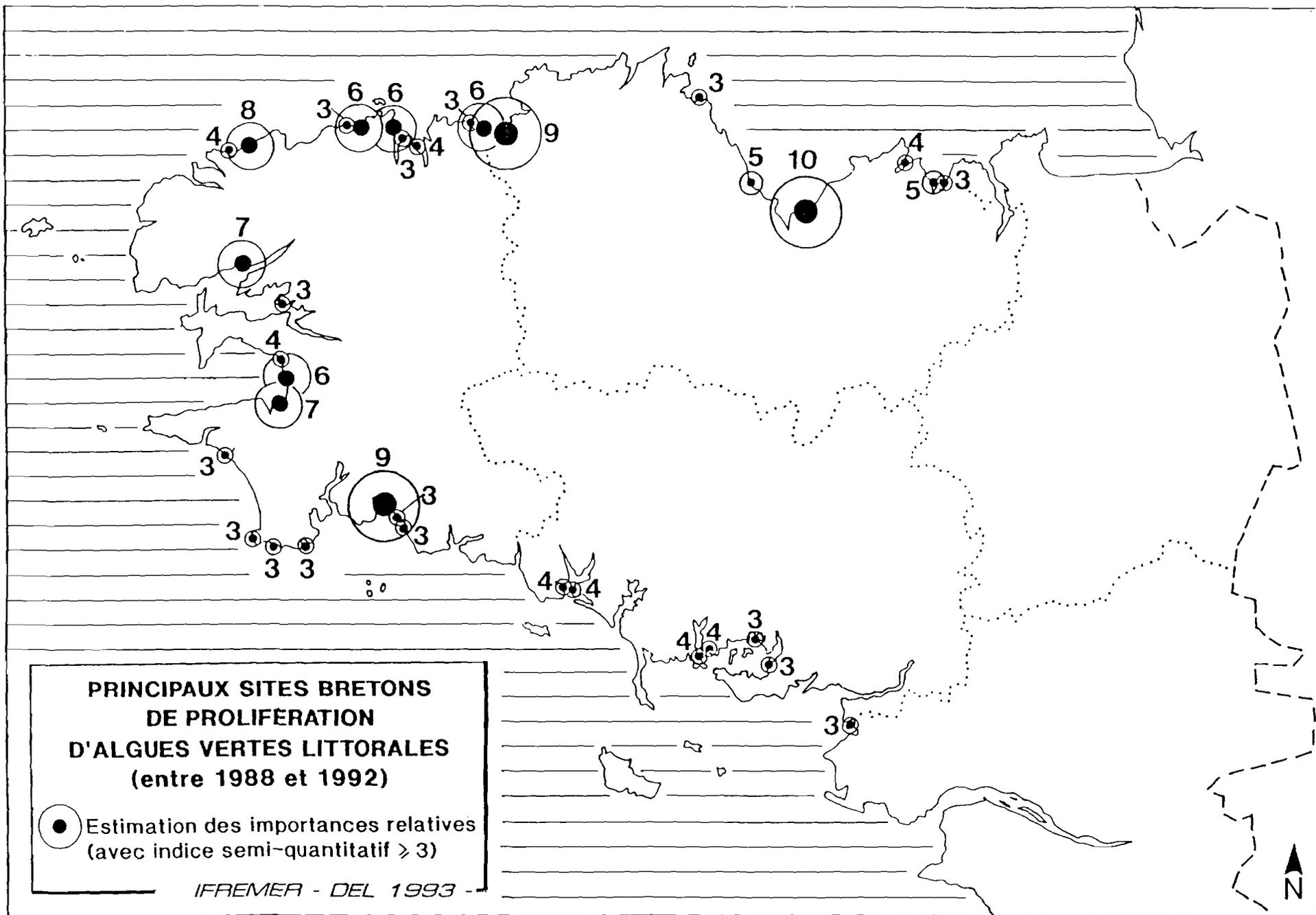
Bien que paraissant plutôt stable sur certains sites littoraux, comme la baie de Saint-Brieuc ou la baie de Lannion, la production bretonne d'algues vertes a été globalement élevée en 1994, à cause de la forte poussée constatée sur les sites à bassins versants de type imperméable (Est des Côtes d'Armor et baie de Douarnenez). En effet, un printemps pluvieux y a provoqué des lessivages importants de nitrate, des écoulements hypodermiques élevés, et donc de forts flux azotés printaniers aux exutoires.

De ce point de vue, l'année 1994 a donc, *a priori*, vu un maximum de zones touchées parmi les zones actuellement sensibles à l'eutrophisation par les algues vertes. 44 sites ont été ainsi répertoriés sur la côte bretonne.

## **ANNEXE 1**

### **FIGURES**

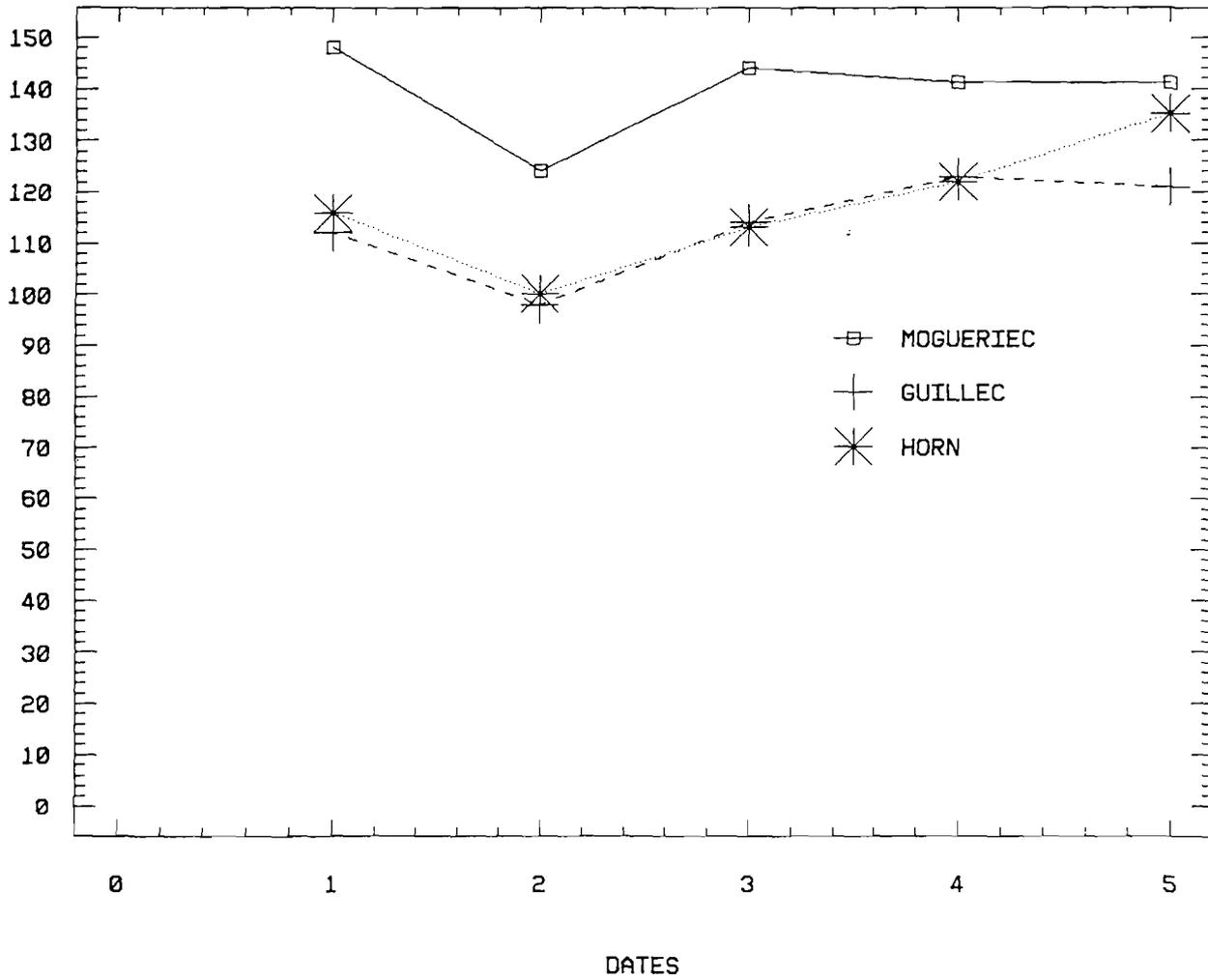




CONCENTRATIONS EN NITRATE EN 1994

NO3 MG/L

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

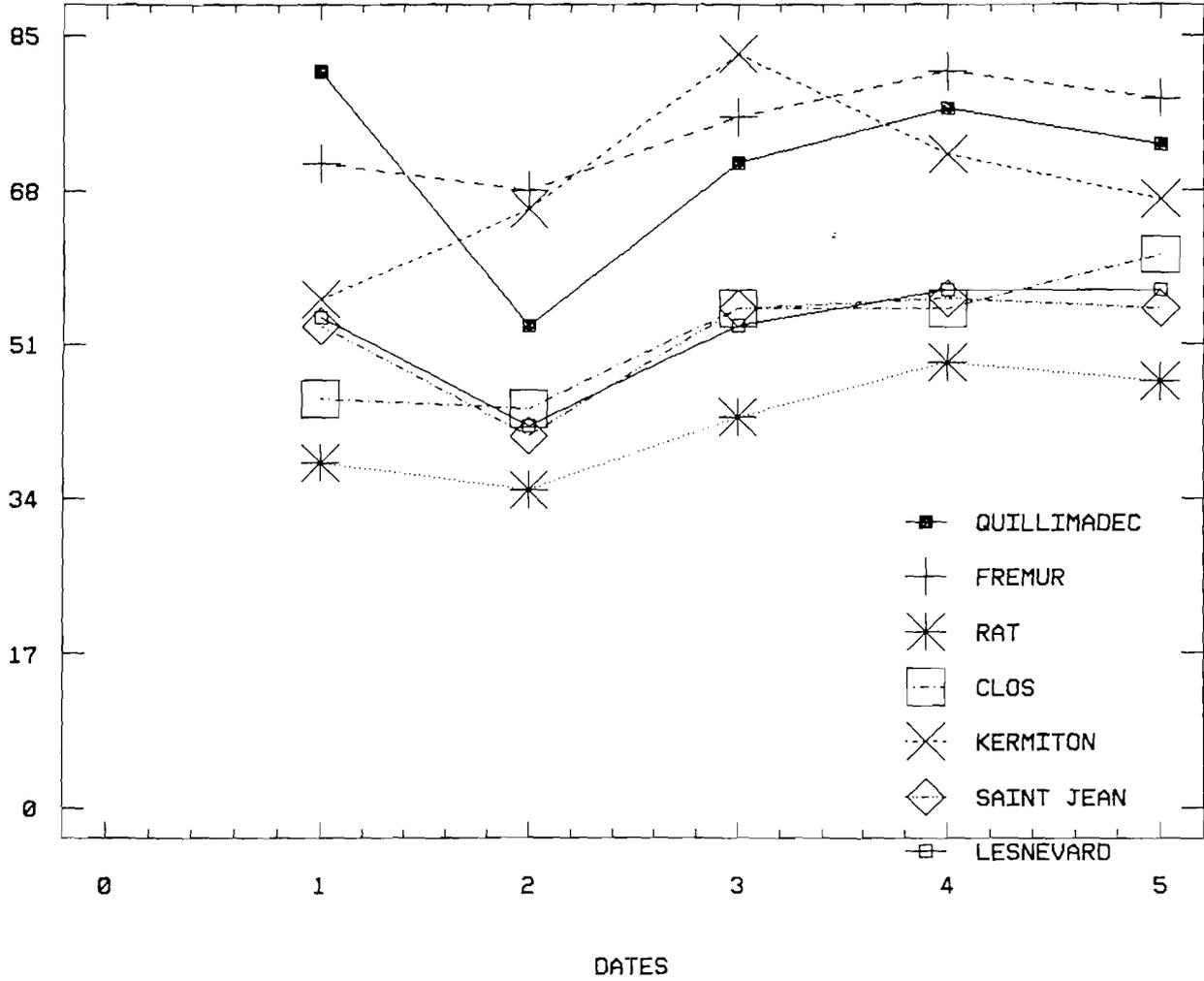


- 1 /9 10 MAI
- 2 /26 28 MAI
- 3 /9 10 JUIN
- 4 /22 24 JUIN
- 5 /7 8 JUILLET

CONCENTRATIONS EN NITRATE EN 1994

NO3 MG/L

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

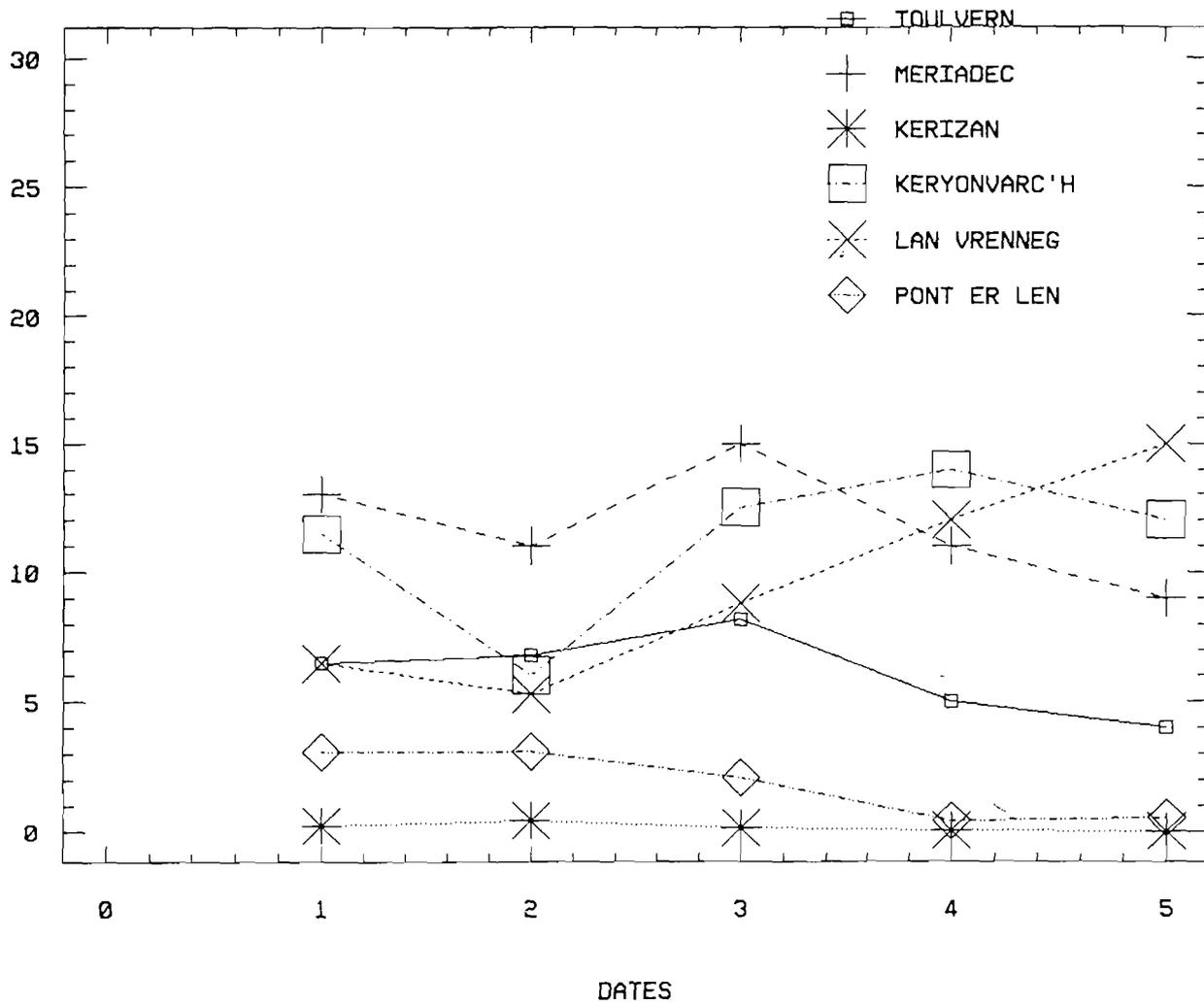


1 / 9 10 MAI  
 2 / 26 28 MAI  
 3 / 9 10 JUIN  
 4 / 22 24 JUINB  
 5 / 7 7 8 JUILLET

CONCENTRATIONS EN NITRATE EN 1994

NO3 MG/L

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

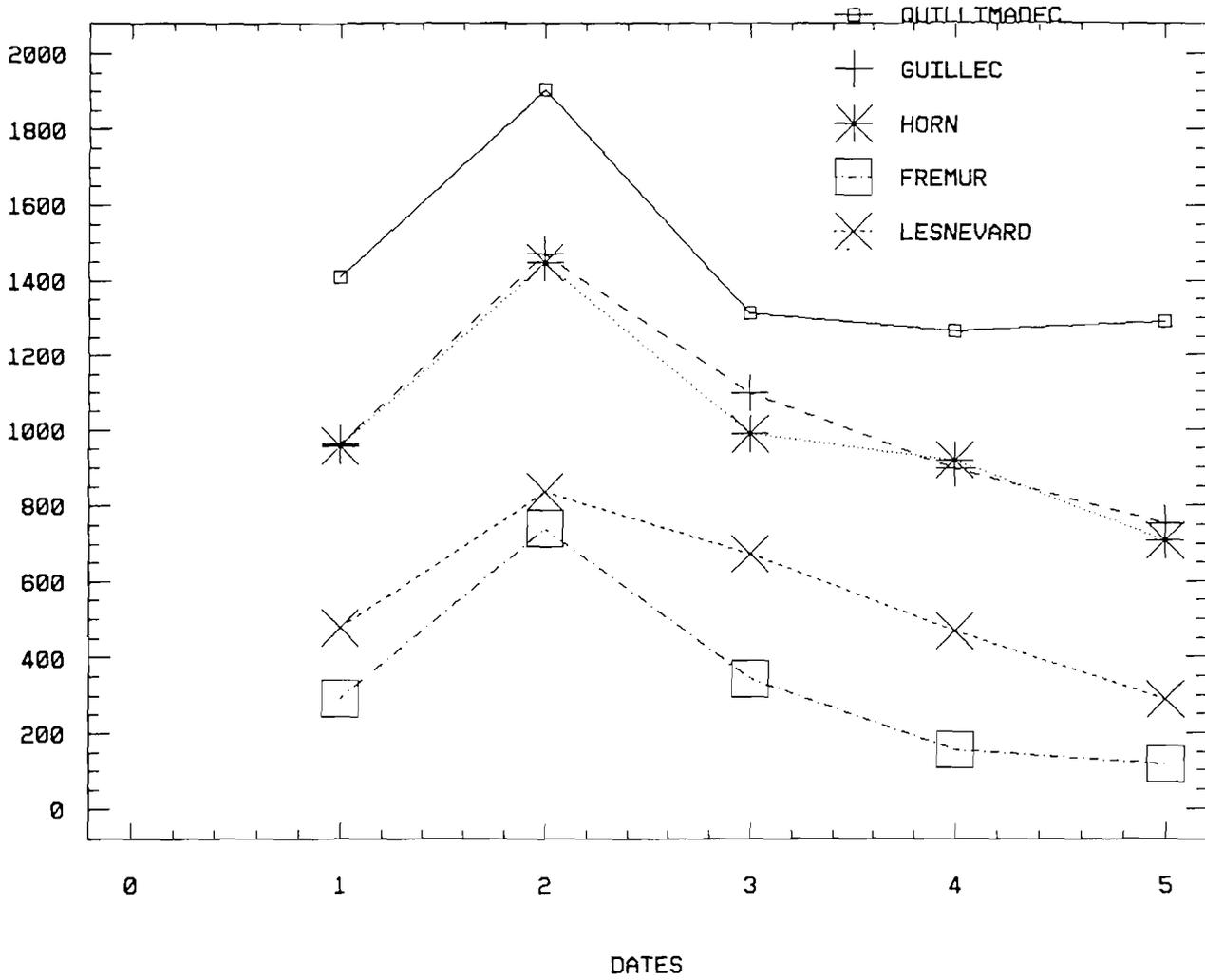


1 /9 10 MAI  
 2 /26 28 MAI  
 3 /9 10 JUIN  
 4 /22 24 JUIB  
 5 /7 8 JUILLET

DEBITS AU PRINTEMPS 1994

LITRES/SEC.

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

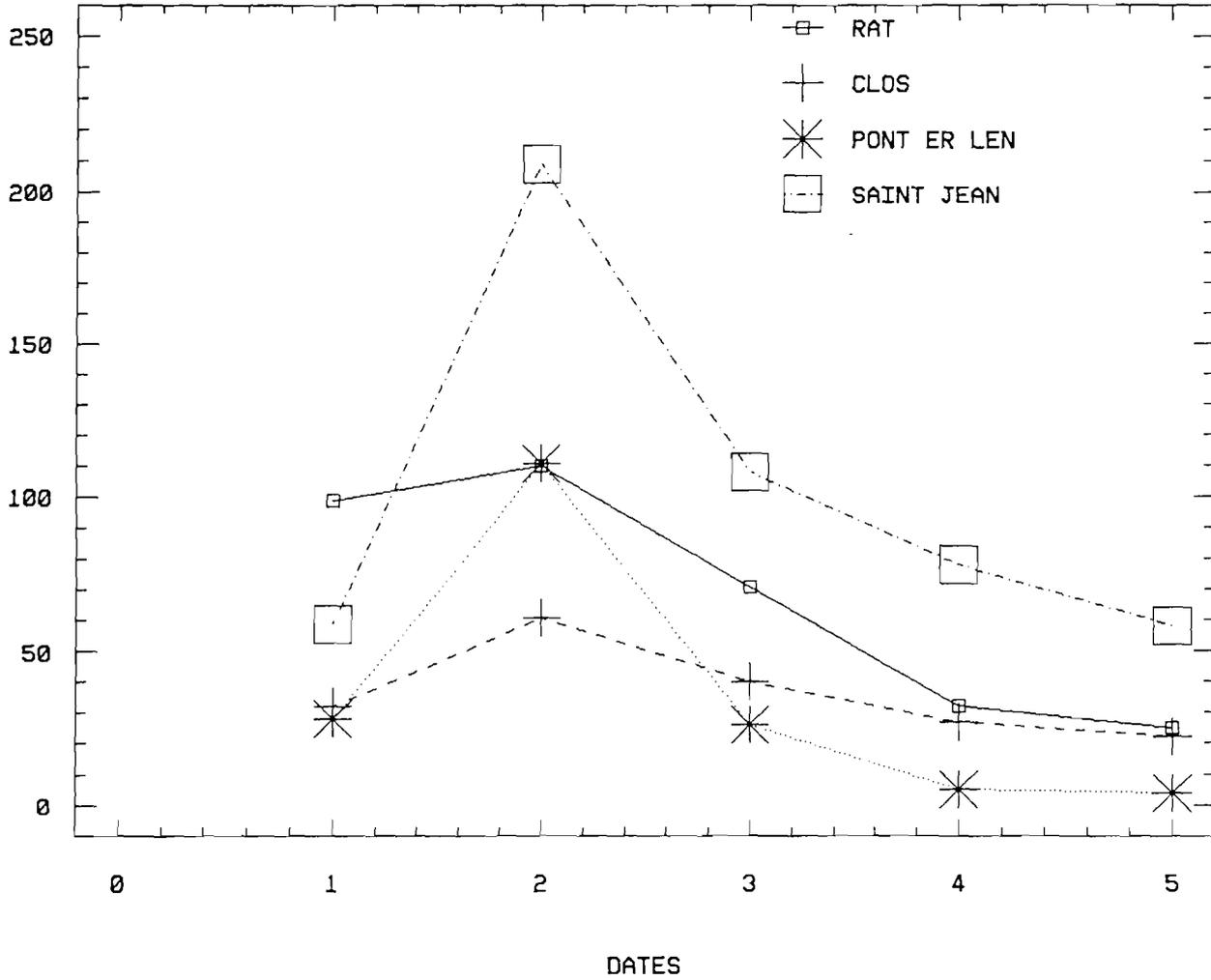


1 / 9 10 MAI  
 2 / 26 28 MAI  
 3 / 9 10 JUIN  
 4 / 22 24 JUIN  
 5 / 7 8 JUILLET

DEBITS AU PRINTEMPS 1994

LITRES/SEC.

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

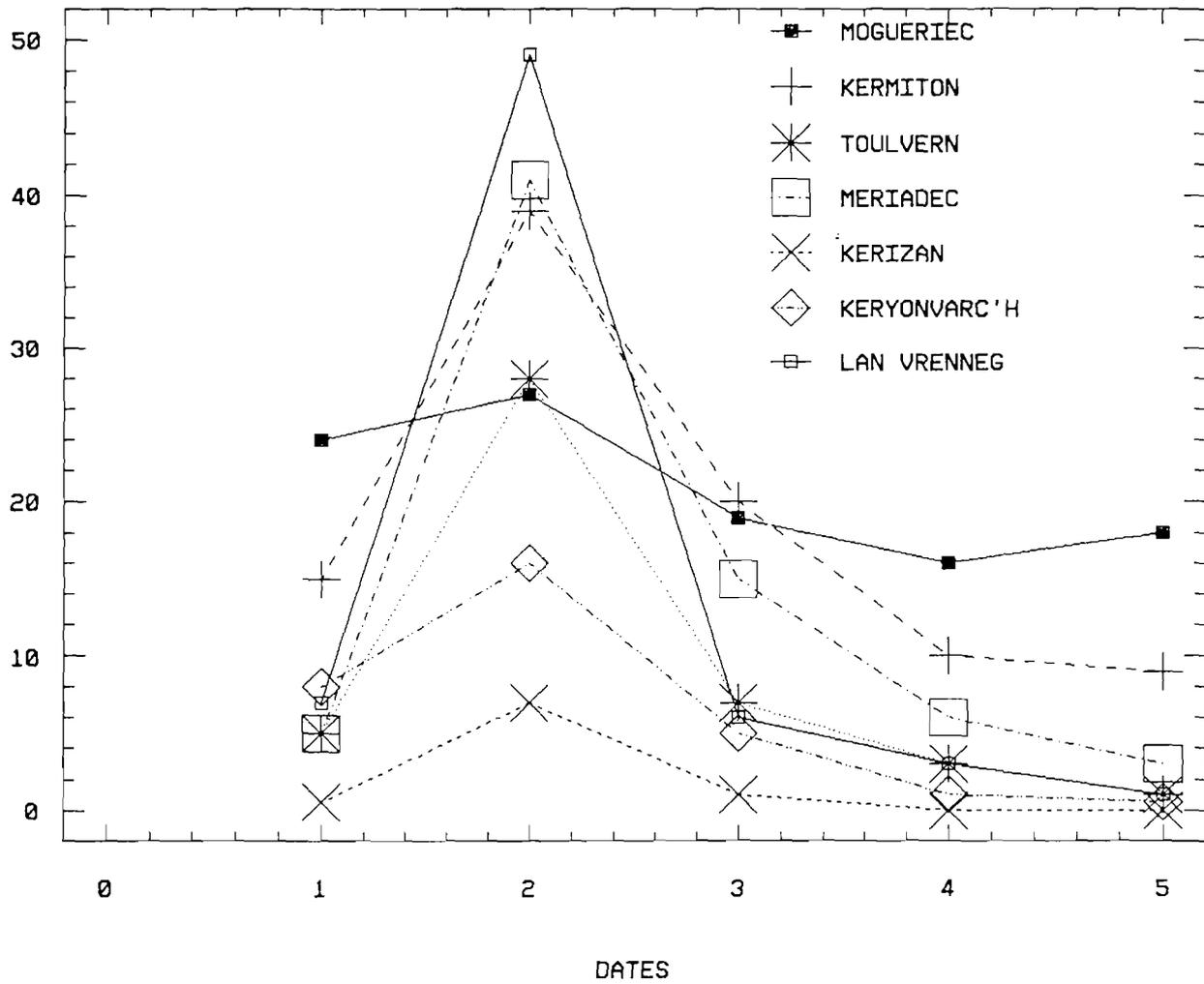


1 /9 10 MAI 1994  
22 /26 28 MAI 1994  
3 /9 10 JUIN  
4 /22 24 JUIN  
5 /7 8 JUILLET

DEBITS AU PRINTEMPS 1994

LITRES/SEC.

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

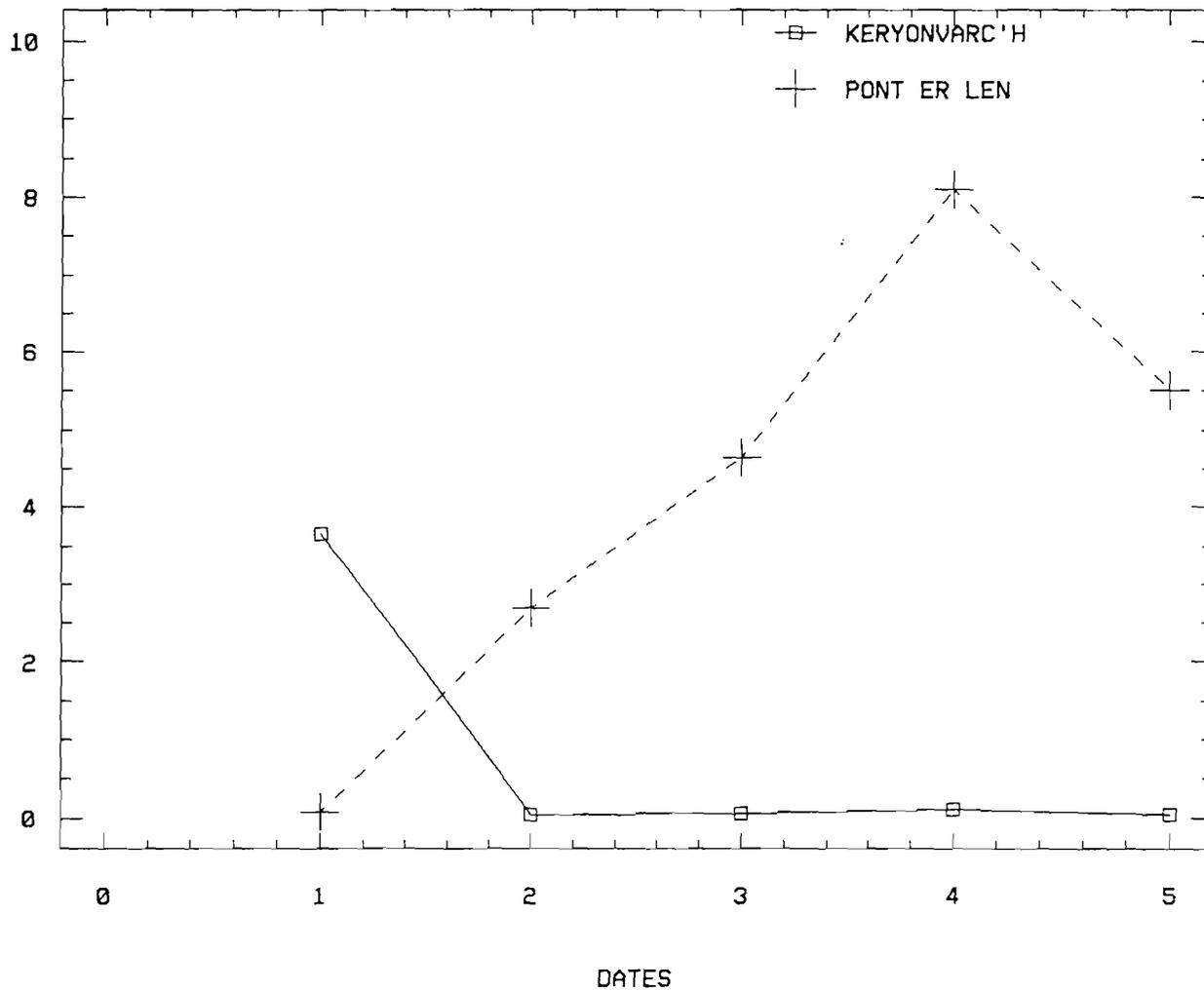


1 / 9 10 MAI  
 2 / 26 28 MAI  
 3 / 9 10 JUIN  
 4 / 22 24 JUIN  
 5 / 7 8 JUILLET

CONCENTRATIONS EN AMMONIUM EN 1994

NH4 MG/L

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

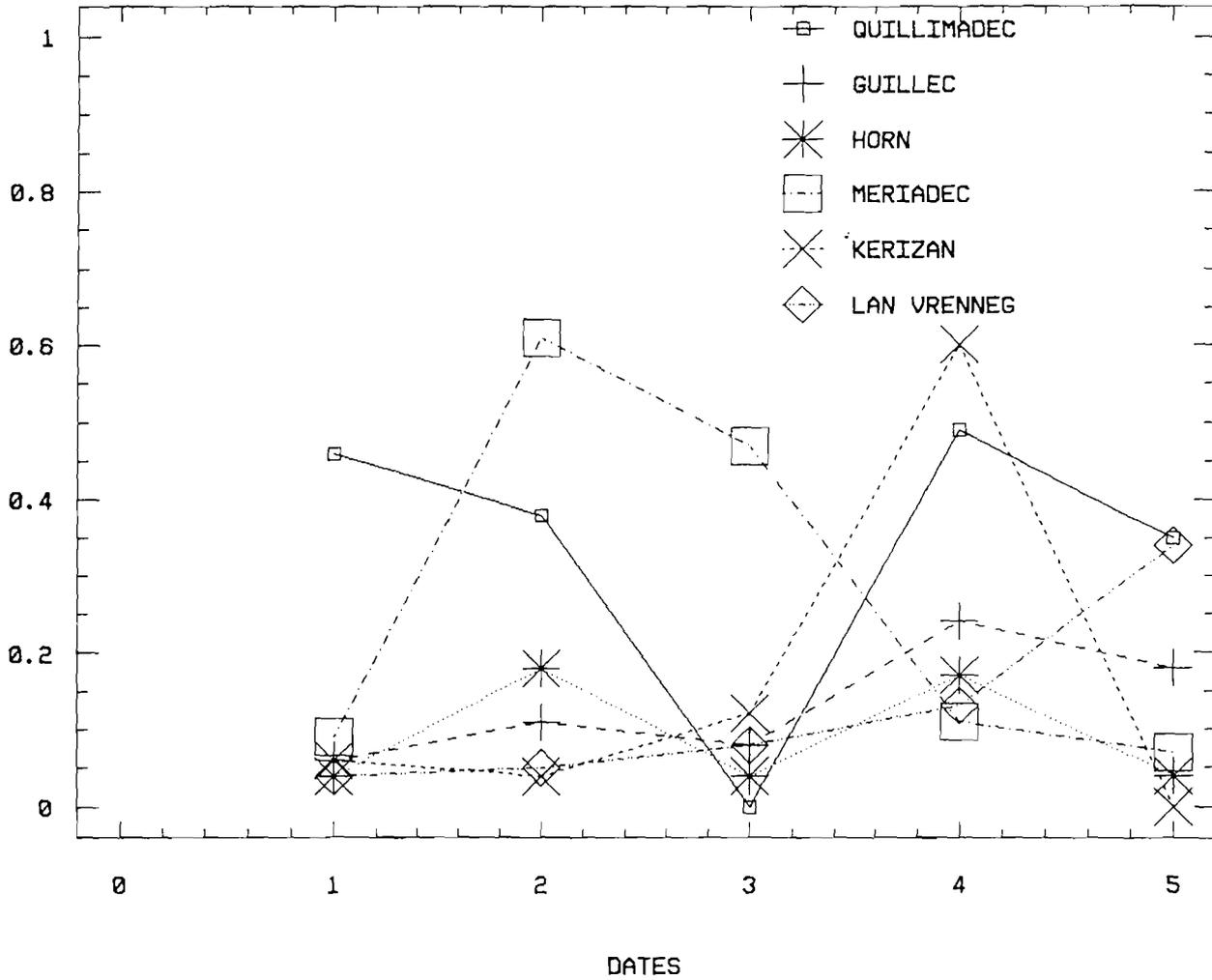


- 1 /9 10 MAI
- 2 /26 28 MAI
- 3 /9 10 JUIN
- 4 /22 24 JUIN
- 5 /7 8 JUILLET

CONCENTRATIONS EN AMMONIUM EN 1994

NH4 MG/L

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

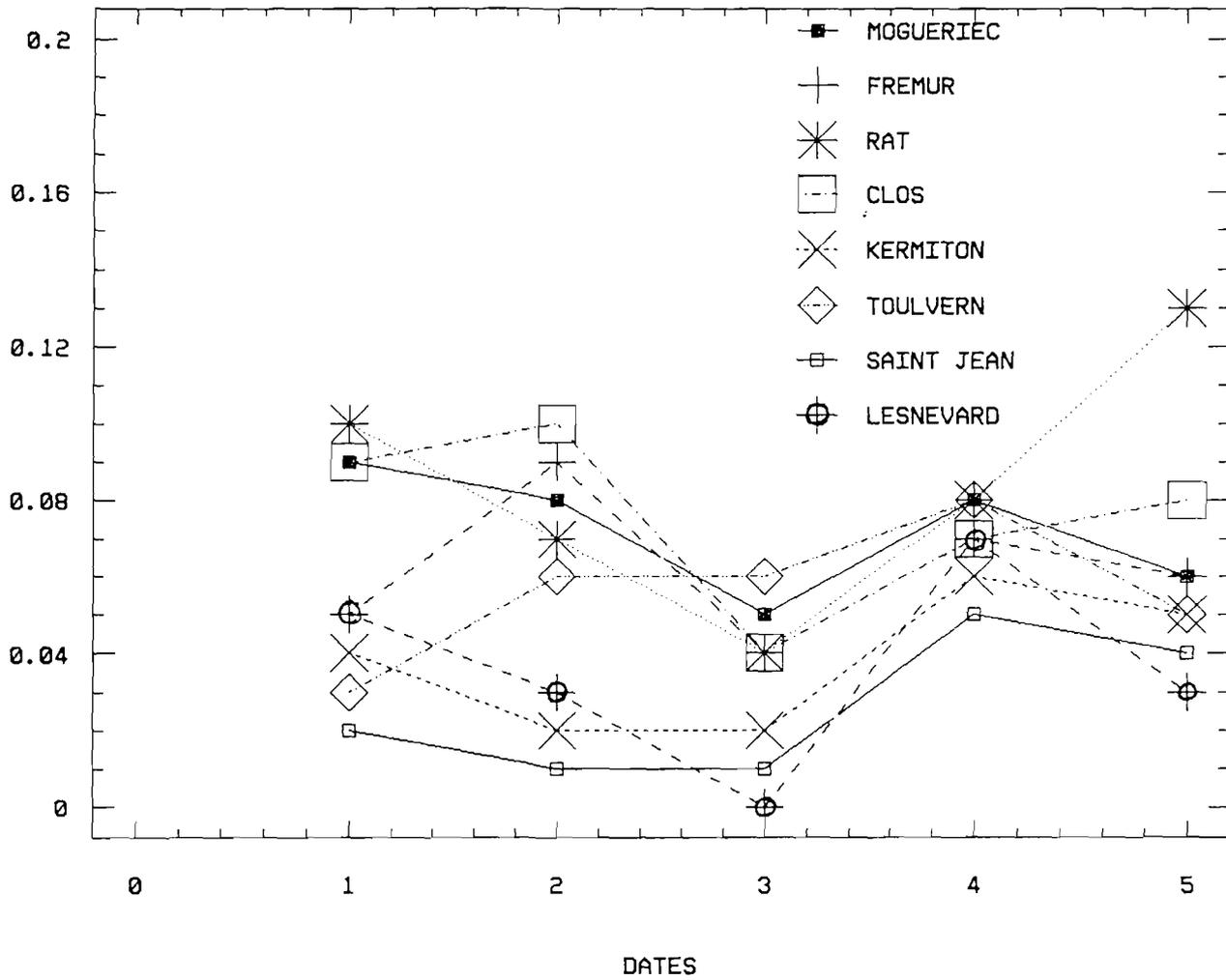


1 / 9 10 MAI  
 2 / 26 28 MAI  
 3 / 9 10 JUIN  
 4 / 22 24 JUIN  
 5 / 7 8 JUILLET

CONCENTRATIONS EN AMMONIUM EN 1994

NH4 MG/L

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

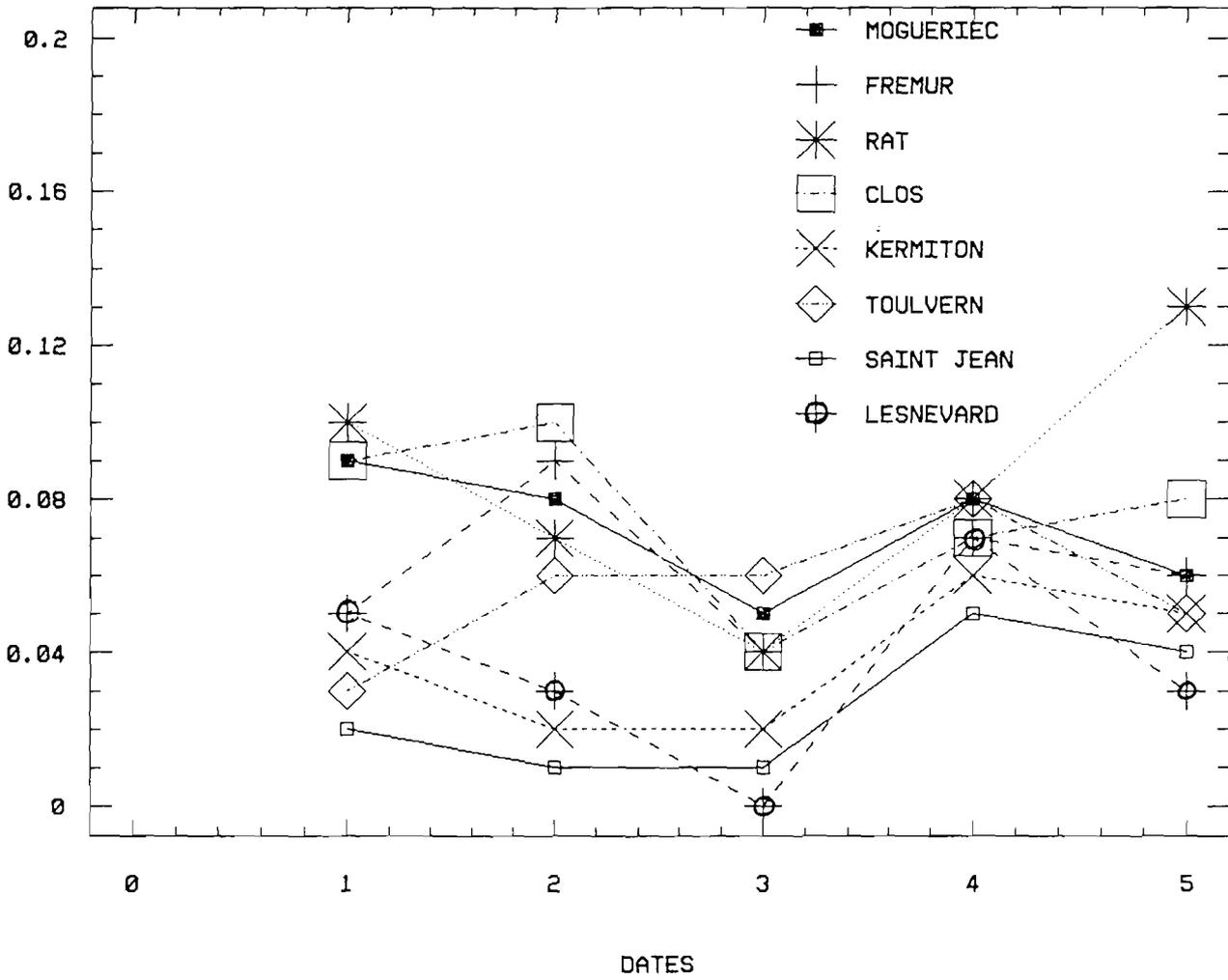


1 /9 10 MAI  
 2 /26 28 MAI  
 3 /9 10 JUIN  
 4 /22 24 JUIN  
 5 /7 8 JUILLET

CONCENTRATIONS EN AMMONIUM EN 1994

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE

NH4 MG/L

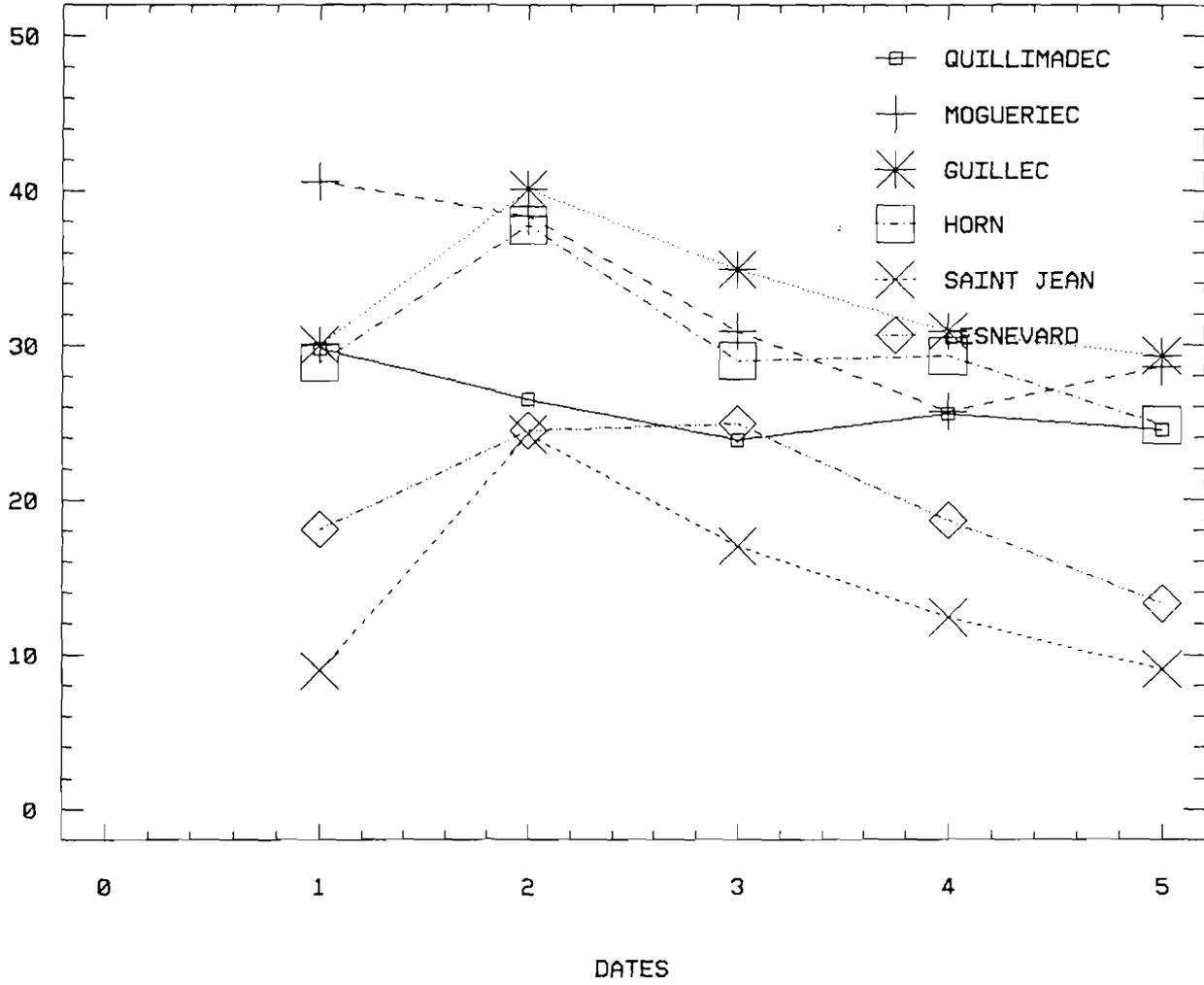


1 /9 10 MAI  
 2 /26 28 MAI  
 3 /9 10 JUIN  
 4 /22 24 JUIN  
 5 /7 8 JUILLET

PERTE D'AZOTE PAR KM2 DE BASSIN VERSANT

KGS N/KM2/JOUR

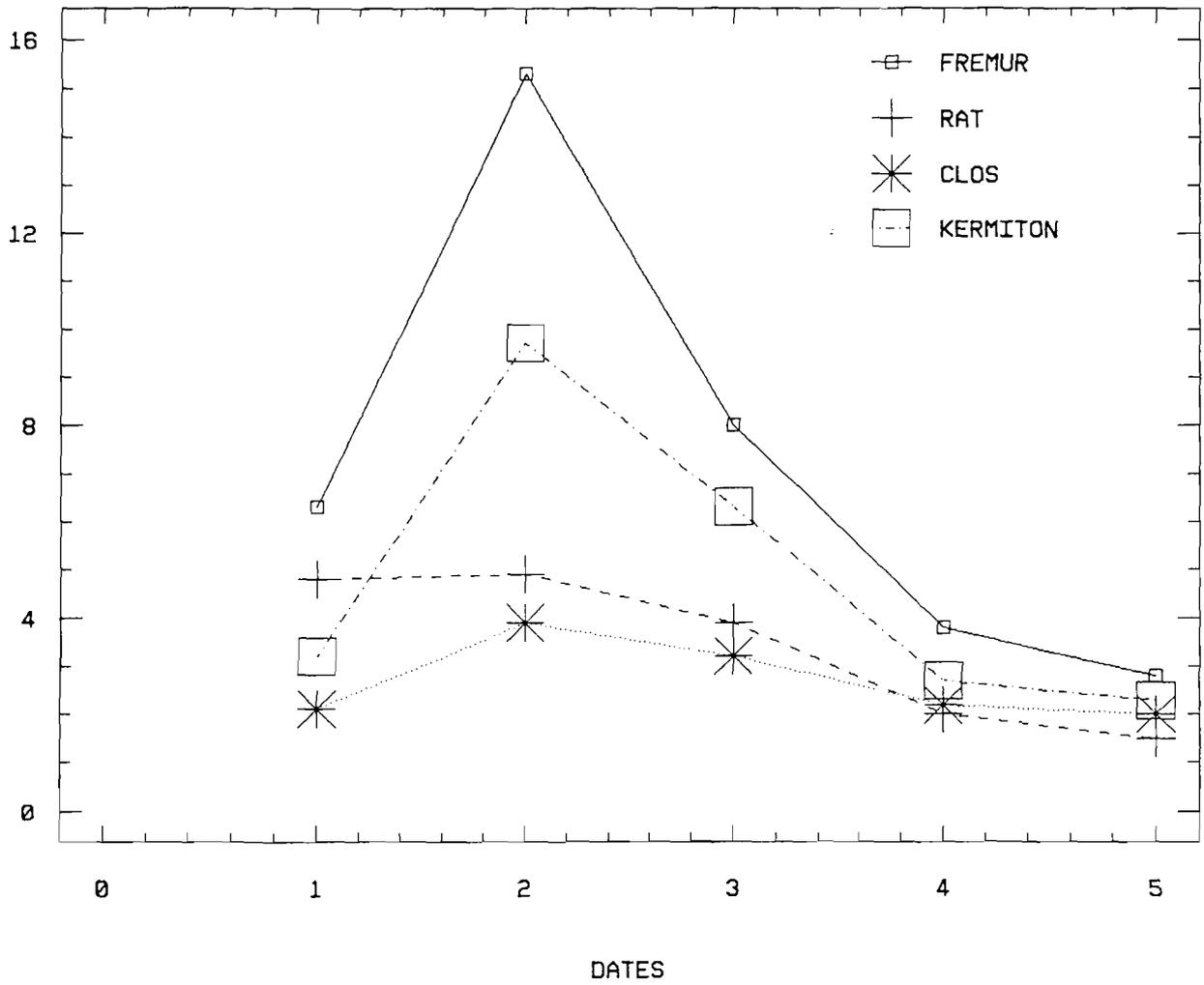
RIVIERES TEMOINS - BRETAGNE 1994



KGS N/KM2/JOUR

PERTE D'AZOTE PAR KM2 DE BASSIN VERSANT

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE 1994



PERTE D'AZOTE PAR KM2 DE BASSIN VERSANT

KGS N/KM2/JOUR

RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE 1994

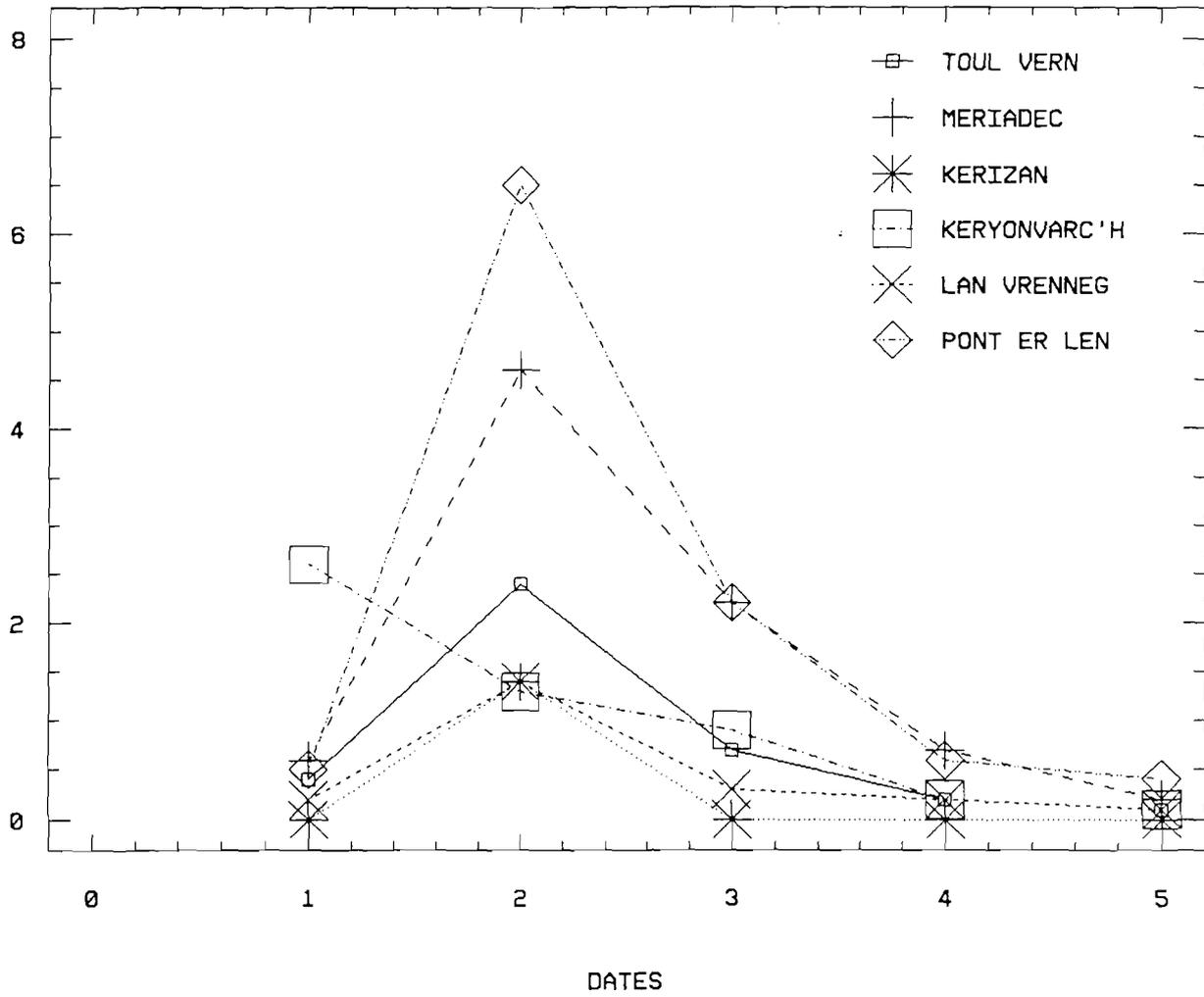


Tableau de valeurs

- DATES :
1. 09-10 mai 1994
  2. 26-28 mai 1994
  3. 09-10 juin 1994
  4. 22-24 juin 1994
  5. 07-08 juillet 1994

- BV : (Bassins Versants)

1. Quillimadec
2. Mogueérec
3. Guillec
4. Horn
5. Frémur
6. Rat
7. Clos
8. Kermiton
9. Toul Vern
10. Mériadec
11. Kerizan
12. Keryonvarc'h
13. Lan Vrenneg
14. Pont-er-Len
15. Saint-Jean
16. Lesnevard
17. = 2 + 3 + 4
18. = 5 + 6 + 7 + 8
19. = 9 + 10
20. = 11 + 12 + 13 + 14
21. = 15 + 16

| Row | BV  | DATE | CNO3   | CNH4 | DEBIT  |
|-----|-----|------|--------|------|--------|
| 1   | 1.  | 1.   | 81.00  | 0.46 | 1409.0 |
| 2   | 1.  | 2.   | 53.00  | 0.38 | 1903.0 |
| 3   | 1.  | 3.   | 71.00  | 0.00 | 1312.0 |
| 4   | 1.  | 4.   | 77.00  | 0.49 | 1263.0 |
| 5   | 1.  | 5.   | 73.00  | 0.35 | 1291.0 |
| 6   | 2.  | 1.   | 148.00 | 0.09 | 24.0   |
| 7   | 2.  | 2.   | 124.00 | 0.08 | 27.0   |
| 8   | 2.  | 3.   | 144.00 | 0.05 | 19.0   |
| 9   | 2.  | 4.   | 141.00 | 0.08 | 16.0   |
| 10  | 2.  | 5.   | 141.00 | 0.06 | 18.0   |
| 11  | 3.  | 1.   | 112.00 | 0.06 | 963.0  |
| 12  | 3.  | 2.   | 98.00  | 0.11 | 1469.0 |
| 13  | 3.  | 3.   | 114.00 | 0.08 | 1099.0 |
| 14  | 3.  | 4.   | 123.00 | 0.24 | 897.0  |
| 15  | 3.  | 5.   | 121.00 | 0.18 | 753.0  |
| 16  | 4.  | 1.   | 116.00 | 0.04 | 959.0  |
| 17  | 4.  | 2.   | 100.00 | 0.18 | 1446.0 |
| 18  | 4.  | 3.   | 113.00 | 0.04 | 989.0  |
| 19  | 4.  | 4.   | 122.00 | 0.17 | 920.0  |
| 20  | 4.  | 5.   | 135.00 | 0.04 | 708.0  |
| 21  | 5.  | 1.   | 71.00  | 0.05 | 294.0  |
| 22  | 5.  | 2.   | 68.00  | 0.09 | 740.0  |
| 23  | 5.  | 3.   | 76.00  | 0.04 | 345.0  |
| 24  | 5.  | 4.   | 81.00  | 0.07 | 156.0  |
| 25  | 5.  | 5.   | 78.00  | 0.06 | 117.0  |
| 26  | 6.  | 1.   | 38.00  | 0.10 | 99.0   |
| 27  | 6.  | 2.   | 35.00  | 0.07 | 110.0  |
| 28  | 6.  | 3.   | 43.00  | 0.04 | 71.0   |
| 29  | 6.  | 4.   | 49.00  | 0.08 | 32.0   |
| 30  | 6.  | 5.   | 47.00  | 0.13 | 25.0   |
| 31  | 7.  | 1.   | 45.00  | 0.09 | 32.0   |
| 32  | 7.  | 2.   | 44.00  | 0.10 | 61.0   |
| 33  | 7.  | 3.   | 55.00  | 0.04 | 40.0   |
| 34  | 7.  | 4.   | 55.00  | 0.07 | 27.0   |
| 35  | 7.  | 5.   | 61.00  | 0.08 | 22.0   |
| 36  | 8.  | 1.   | 56.00  | 0.04 | 15.0   |
| 37  | 8.  | 2.   | 66.00  | 0.02 | 39.0   |
| 38  | 8.  | 3.   | 83.00  | 0.02 | 20.0   |
| 39  | 8.  | 4.   | 72.00  | 0.06 | 10.0   |
| 40  | 8.  | 5.   | 67.00  | 0.05 | 9.0    |
| 41  | 9.  | 1.   | 6.50   | 0.03 | 5.0    |
| 42  | 9.  | 2.   | 6.80   | 0.06 | 28.0   |
| 43  | 9.  | 3.   | 8.20   | 0.06 | 7.0    |
| 44  | 9.  | 4.   | 5.00   | 0.08 | 3.0    |
| 45  | 9.  | 5.   | 4.00   | 0.05 | 1.0    |
| 46  | 10. | 1.   | 13.00  | 0.09 | 5.0    |
| 47  | 10. | 2.   | 11.00  | 0.61 | 41.0   |
| 48  | 10. | 3.   | 15.00  | 0.47 | 15.0   |
| 49  | 10. | 4.   | 11.00  | 0.11 | 6.0    |
| 50  | 10. | 5.   | 9.00   | 0.07 | 3.0    |
| 51  | 11. | 1.   | 0.20   | 0.06 | 0.5    |
| 52  | 11. | 2.   | 0.40   | 0.04 | 7.0    |
| 53  | 11. | 3.   | 0.10   | 0.12 | 1.0    |
| 54  | 11. | 4.   | 0.05   | 0.60 | 0.0    |
| 55  | 11. | 5.   | 0.00   | 0.00 | 0.0    |
| 56  | 12. | 1.   | 11.50  | 3.65 | 8.0    |

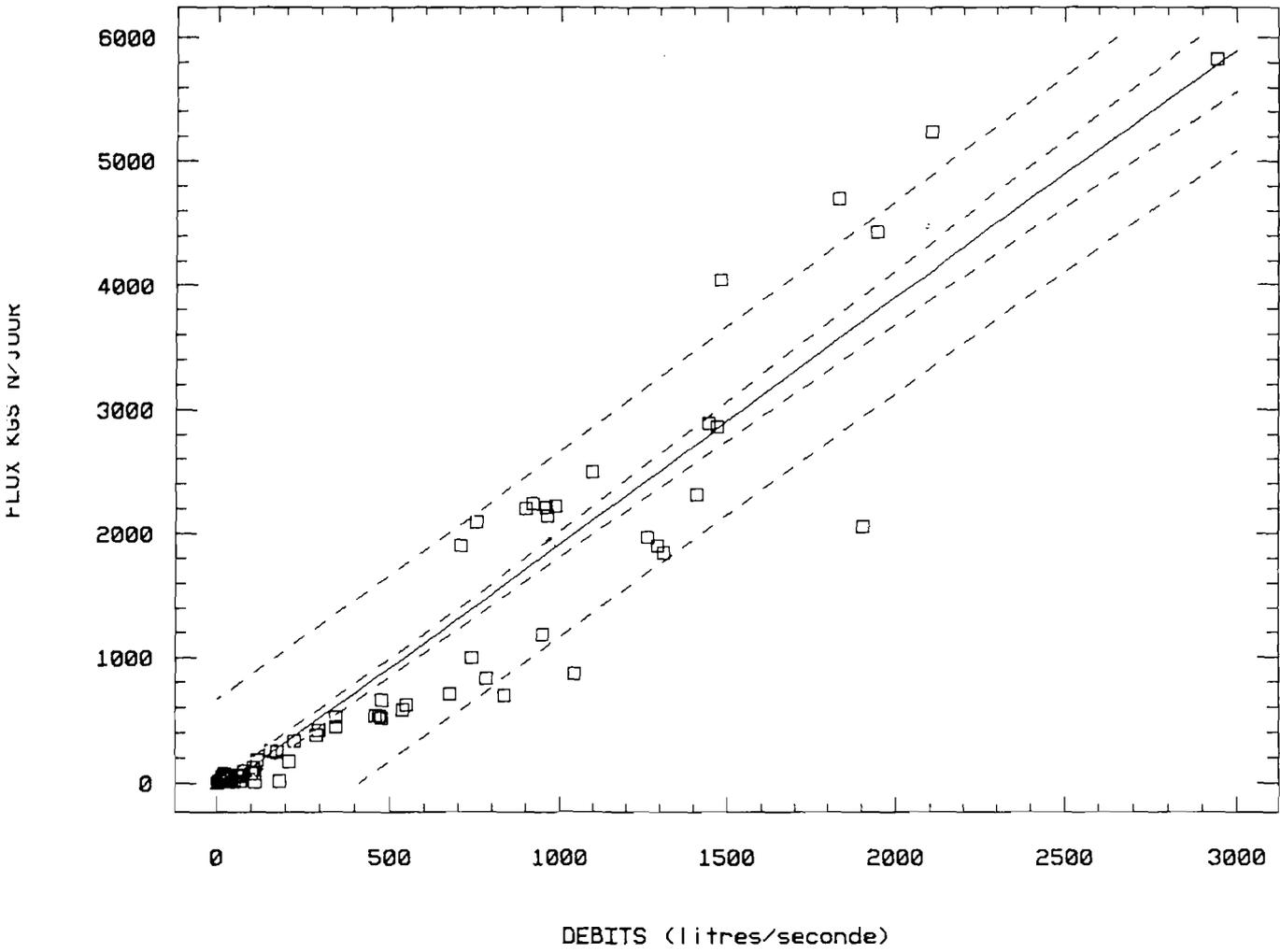
|     |     |    |       |      |        |
|-----|-----|----|-------|------|--------|
| 57  | 12. | 2. | 6.00  | 0.04 | 16.0   |
| 58  | 12. | 3. | 12.50 | 0.06 | 5.0    |
| 59  | 12. | 4. | 14.00 | 0.10 | 1.0    |
| 60  | 12. | 5. | 12.00 | 0.04 | 0.5    |
| 61  | 13. | 1. | 6.50  | 0.04 | 7.0    |
| 62  | 13. | 2. | 5.30  | 0.05 | 49.0   |
| 63  | 13. | 3. | 8.80  | 0.08 | 6.0    |
| 64  | 13. | 4. | 12.00 | 0.13 | 3.0    |
| 65  | 13. | 5. | 15.00 | 0.34 | 1.0    |
| 66  | 14. | 1. | 3.10  | 0.08 | 28.0   |
| 67  | 14. | 2. | 3.10  | 2.69 | 111.0  |
| 68  | 14. | 3. | 2.10  | 4.65 | 26.0   |
| 69  | 14. | 4. | 0.40  | 8.10 | 5.0    |
| 70  | 14. | 5. | 0.50  | 5.50 | 4.0    |
| 71  | 15. | 1. | 53.00 | 0.02 | 59.0   |
| 72  | 15. | 2. | 41.00 | 0.01 | 209.0  |
| 73  | 15. | 3. | 55.00 | 0.01 | 108.0  |
| 74  | 15. | 4. | 56.00 | 0.05 | 78.0   |
| 75  | 15. | 5. | 55.00 | 0.04 | 58.0   |
| 76  | 16. | 1. | 54.00 | 0.05 | 478.0  |
| 77  | 16. | 2. | 42.00 | 0.03 | 836.0  |
| 78  | 16. | 3. | 53.00 | 0.00 | 674.0  |
| 79  | 16. | 4. | 57.00 | 0.07 | 470.0  |
| 80  | 16. | 5. | 57.00 | 0.03 | 288.0  |
| 81  | 17. | 1. |       |      | 1946.0 |
| 82  | 17. | 2. |       |      | 2942.0 |
| 83  | 17. | 3. |       |      | 2107.0 |
| 84  | 17. | 4. |       |      | 1833.0 |
| 85  | 17. | 5. |       |      | 1479.0 |
| 86  | 18. | 1. |       |      | 460.0  |
| 87  | 18. | 2. |       |      | 950.0  |
| 88  | 18. | 3. |       |      | 476.0  |
| 89  | 18. | 4. |       |      | 225.0  |
| 90  | 18. | 5. |       |      | 173.0  |
| 91  | 19. | 1. |       |      | 10.0   |
| 92  | 19. | 2. |       |      | 69.0   |
| 93  | 19. | 3. |       |      | 22.0   |
| 94  | 19. | 4. |       |      | 9.0    |
| 95  | 19. | 5. |       |      | 4.0    |
| 96  | 20. | 1. |       |      | 44.0   |
| 97  | 20. | 2. |       |      | 183.0  |
| 98  | 20. | 3. |       |      | 38.0   |
| 99  | 20. | 4. |       |      | 9.0    |
| 100 | 20. | 5. |       |      | 6.0    |
| 101 | 21. | 1. |       |      | 537.0  |
| 102 | 21. | 2. |       |      | 1045.0 |
| 103 | 21. | 3. |       |      | 782.0  |
| 104 | 21. | 4. |       |      | 548.0  |
| 105 | 21. | 5. |       |      | 346.0  |
| 106 | 0.  | 0. | 0.00  | 0.00 | 0.0    |

| Row | FLUXN  | FLUXNKM2 |
|-----|--------|----------|
| 1   | 2313.0 | 29.8     |
| 2   | 2055.0 | 26.5     |
| 3   | 1851.0 | 23.9     |
| 4   | 1975.0 | 25.5     |
| 5   | 1902.0 | 24.5     |
| 6   | 71.0   | 40.6     |
| 7   | 67.0   | 38.3     |
| 8   | 54.0   | 30.9     |
| 9   | 45.0   | 25.7     |
| 10  | 50.0   | 28.6     |
| 11  | 2147.0 | 30.0     |
| 12  | 2868.0 | 40.1     |
| 13  | 2495.0 | 34.9     |
| 14  | 2206.0 | 30.9     |
| 15  | 2096.0 | 29.3     |
| 16  | 2213.0 | 28.9     |
| 17  | 2892.0 | 37.8     |
| 18  | 2222.0 | 29.0     |
| 19  | 2240.0 | 29.3     |
| 20  | 1901.0 | 24.8     |
| 21  | 415.0  | 6.3      |
| 22  | 1004.0 | 15.3     |
| 23  | 522.0  | 8.0      |
| 24  | 252.0  | 3.8      |
| 25  | 182.0  | 2.8      |
| 26  | 75.0   | 4.8      |
| 27  | 77.0   | 4.9      |
| 28  | 61.0   | 3.9      |
| 29  | 31.0   | 2.0      |
| 30  | 24.0   | 1.5      |
| 31  | 29.0   | 2.1      |
| 32  | 54.0   | 3.9      |
| 33  | 44.0   | 3.2      |
| 34  | 30.0   | 2.2      |
| 35  | 27.0   | 2.0      |
| 36  | 17.0   | 3.2      |
| 37  | 51.0   | 9.7      |
| 38  | 33.0   | 6.3      |
| 39  | 14.0   | 2.7      |
| 40  | 12.0   | 2.3      |
| 41  | 0.7    | 0.4      |
| 42  | 3.9    | 2.4      |
| 43  | 1.2    | 0.7      |
| 44  | 0.3    | 0.2      |
| 45  | 0.1    | 0.1      |
| 46  | 1.3    | 0.6      |
| 47  | 10.7   | 4.6      |
| 48  | 5.0    | 2.2      |
| 49  | 1.6    | 0.7      |
| 50  | 0.5    | 0.2      |
| 51  | 0.0    | 0.0      |
| 52  | 0.8    | 1.4      |
| 53  | 0.0    | 0.0      |
| 54  | 0.0    | 0.0      |
| 55  | 0.0    | 0.0      |
| 56  | 3.8    | 2.6      |

|     |        |      |
|-----|--------|------|
| 57  | 1.9    | 1.3  |
| 58  | 1.3    | 0.9  |
| 59  | 0.3    | 0.2  |
| 60  | 0.1    | 0.1  |
| 61  | 0.9    | 0.2  |
| 62  | 5.3    | 1.4  |
| 63  | 1.1    | 0.3  |
| 64  | 0.7    | 0.2  |
| 65  | 0.3    | 0.1  |
| 66  | 1.9    | 0.5  |
| 67  | 27.0   | 6.5  |
| 68  | 9.1    | 2.2  |
| 69  | 2.7    | 0.6  |
| 70  | 1.5    | 0.4  |
| 71  | 63.0   | 9.0  |
| 72  | 170.0  | 24.3 |
| 73  | 119.0  | 17.0 |
| 74  | 87.0   | 12.4 |
| 75  | 64.0   | 9.1  |
| 76  | 515.0  | 18.1 |
| 77  | 699.0  | 24.5 |
| 78  | 710.0  | 24.9 |
| 79  | 534.0  | 18.7 |
| 80  | 378.0  | 13.3 |
| 81  | 4431.0 | 29.6 |
| 82  | 5827.0 | 38.9 |
| 83  | 5239.0 | 35.0 |
| 84  | 4698.0 | 31.4 |
| 85  | 4047.0 | 27.0 |
| 86  | 536.0  | 5.3  |
| 87  | 1186.0 | 11.8 |
| 88  | 660.0  | 6.6  |
| 89  | 327.0  | 3.3  |
| 90  | 245.0  | 2.4  |
| 91  | 2.0    | 0.5  |
| 92  | 14.6   | 3.7  |
| 93  | 6.2    | 1.6  |
| 94  | 1.9    | 0.5  |
| 95  | 0.6    | 0.2  |
| 96  | 6.6    | 0.7  |
| 97  | 35.0   | 3.5  |
| 98  | 11.5   | 1.1  |
| 99  | 3.7    | 0.4  |
| 100 | 1.9    | 0.2  |
| 101 | 578.0  | 16.3 |
| 102 | 869.0  | 24.5 |
| 103 | 829.0  | 23.4 |
| 104 | 621.0  | 17.5 |
| 105 | 442.0  | 12.5 |
| 106 | 0.0    | 0.0  |

RELATION FLUX AZOTES/DEBITS PRINTEMPS94

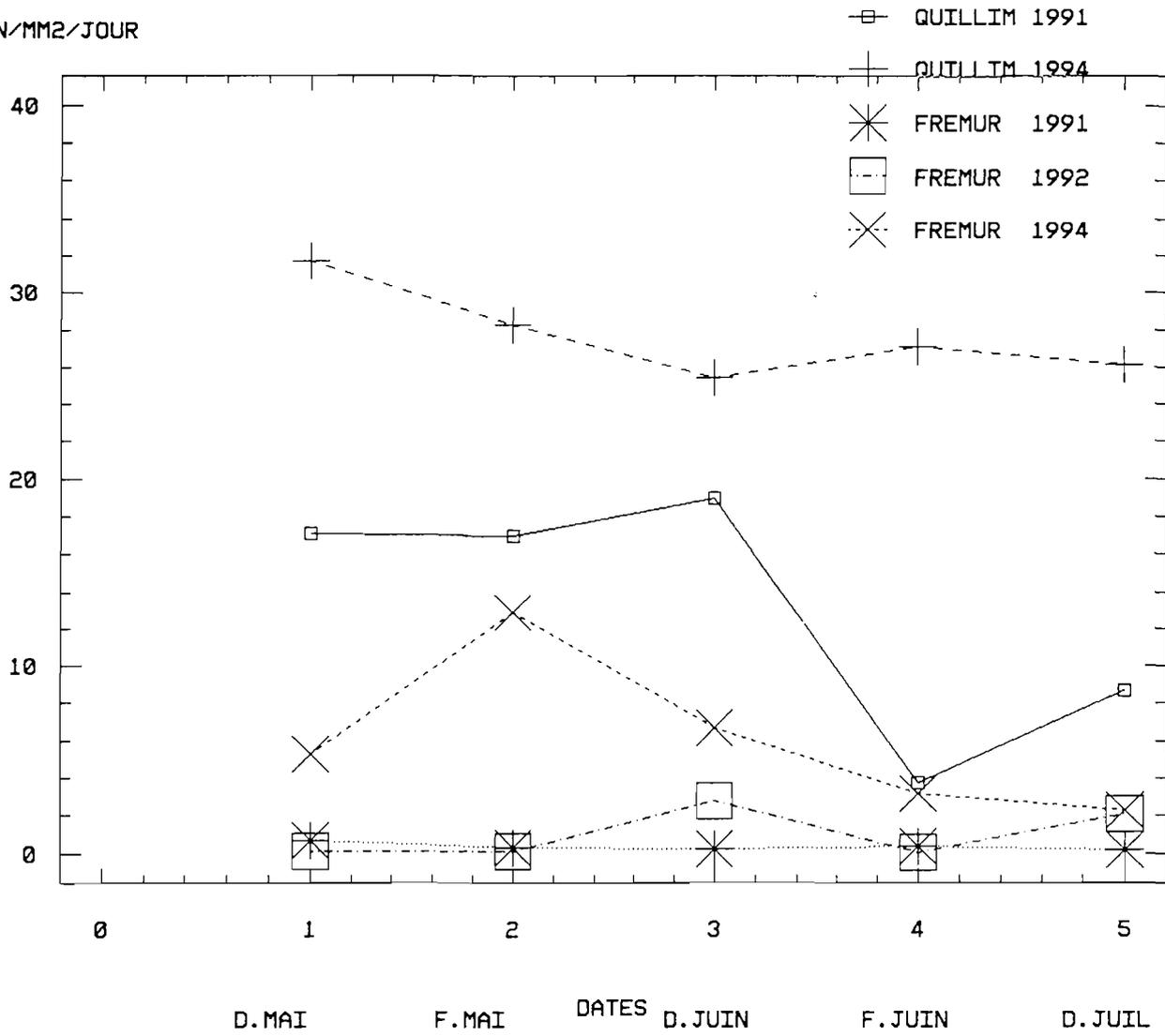
RIVIERES TEMOINS DE BRETAGNE



FLUX AZOTES PAR KM2 DE BASSIN VERSANT

QUILLIMADEC ET FREMUR 1991 , 1992 , 1994

KGS N/MM2/JOUR



DEBITS DU QUILLIMADEC ET DU FREMUR

LITRES/SEC.

PRINTEMPS 1991 , 1992 ET 1994

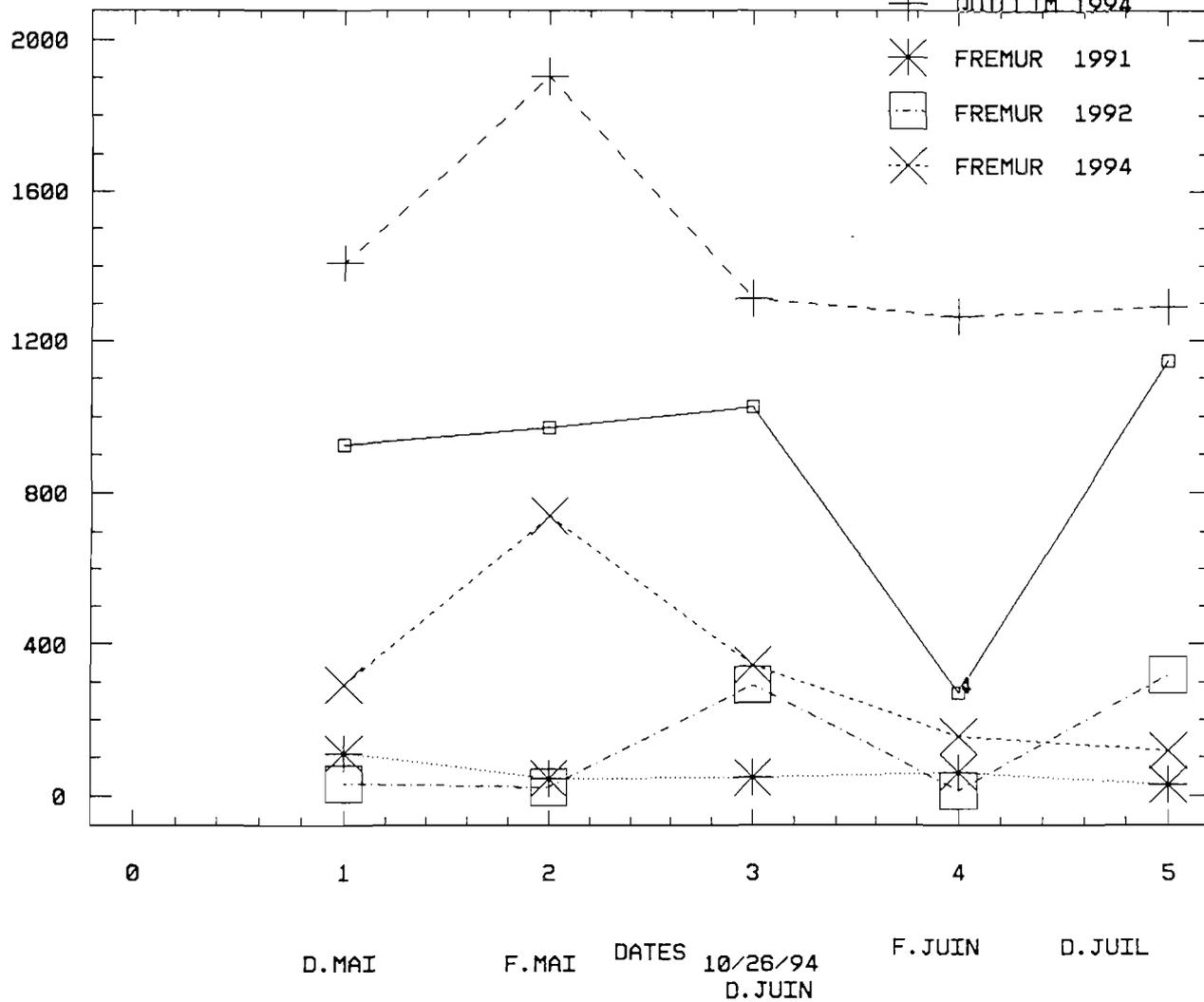
□ QUILLIM 1991

+ QUILLIM 1994

\* FREMUR 1991

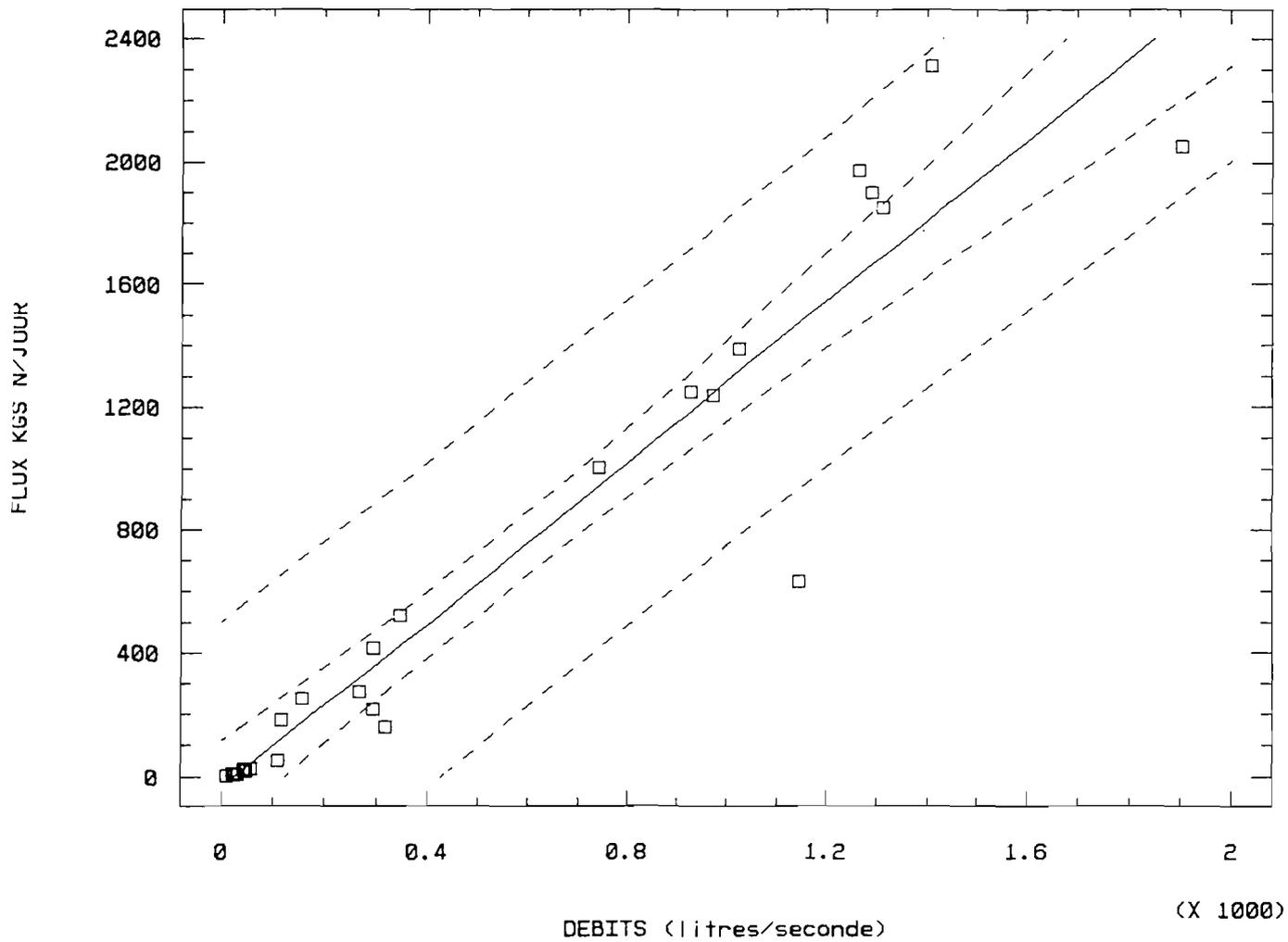
□ FREMUR 1992

× FREMUR 1994



RELATION FLUX AZOTES/DEBITS

QUILLIMADEC ET FREMUR 1991 , 1992 , 1994



IFREMER-SDP  
Centre de BREST  
Bibliothèque  
B.P. 70-29280 PLOUZANE