

## CHAPITRE 8

# ÉVOLUTION DES ANCIENS MÉANDRES : DIAGNOSTIC BASÉ SUR LES RESTES DE CLADOCÈRES (CRUSTACÉS) CONSERVÉS DANS LES SÉDIMENTS

par C. AMOROS et C. JACQUET

I.- Méthodologie .....	136
II.- Les biotopes .....	139
III.- Résultats et discussion .....	140
Conclusion .....	144

L'analyse de l'état des écosystèmes aquatiques abandonnés par l'Ain et l'estimation de leurs potentialités évolutives et de leur vitesse d'évolution sont réalisées par trois méthodes complémentaires qui utilisent respectivement les Macrophytes aquatiques (chap.5), les Invertébrés benthiques et phytophiles (chap.6) et les restes de Cladocères conservés dans les sédiments qui font l'objet du présent chapitre. Il s'agit notamment de déceler les principaux mécanismes qui déterminent le fonctionnement et l'évolution de la plaine alluviale dans son ensemble et des anciens méandres en particulier, puis d'estimer l'impact des interventions humaines sur ces mécanismes.

a) - Pour cette étude, trois niveaux de perception de l'espace ont été retenus :

- la plaine alluviale du cours inférieur de l'Ain qui est soumise dans son ensemble aux mêmes processus physiques ou anthropiques (chap.2); en raison des délais d'exécution de l'étude d'impact, cet espace a été limité à l'amont immédiat de la confluence (fig.8.1); cette partie correspond à un secteur fonctionnel du cours d'eau c'est-à-dire à un espace géographique dans lequel le fonctionnement morphodynamique de la rivière semble relativement homogène (méandrage actif et enfoncement accentué du plancher alluvial);

- chaque ancien méandre peut être considéré séparément puisque si certains mécanismes sont communs à tous ces systèmes abandonnés, d'autres peuvent être liés à des conditions particulières (position géographique de l'ancien méandre par rapport à l'émergence d'un aquifère alluvial ou à certaines utilisations de l'espace riverain par exemple);

- dans certains cas (biotopes de grande taille et apparemment hétérogènes), pour des raisons méthodologiques, un niveau de perception plus fin est utilisé, il se traduit par une partition interne de l'écosystème.

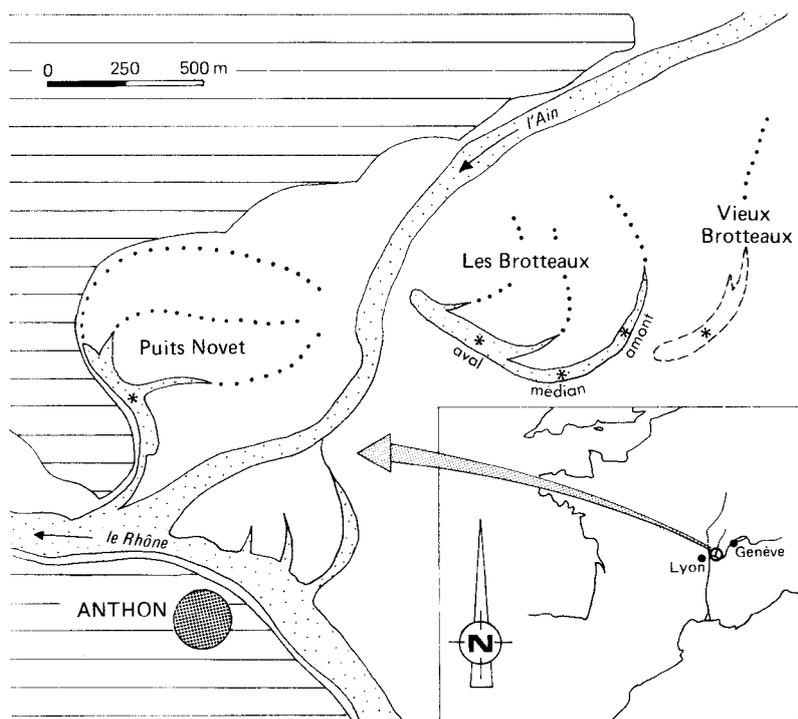


Fig.8.1- Localisation des sites étudiés.

Localisation map of the sampling stations.

b) - Le temps peut être perçu à trois échelles différentes :

- la perception du temps à l'échelle géologique est nécessaire pour comprendre les mécanismes qui affectent l'ensemble de la plaine alluviale (chap.2) mais cette échelle ne sera pas directement considérée dans ce chapitre;

- l'analyse de l'évolution des écosystèmes à l'échelle de la décennie semble convenir pour appréhender les phénomènes qui interviennent (recoupement de méandres, eutrophisation, dynamique d'extension de la végétation, atterrissement par exemple) et pour répondre aux questions posées par les questionnaires;

- les fluctuations inter-saisonnières et inter-annuelles seront intégrées par la méthode basée sur l'analyse des restes de Cladocères conservés dans les sédiments afin de ne retenir que les tendances évolutives générales correspondant à l'échelle de temps précédente.

## I - MÉTHODOLOGIE

La méthode utilise une propriété des Cladocères, Crustacés très abondants dans les eaux douces calmes ou stagnantes: l'exosquelette de ces animaux se conserve très bien dans les sédiments fins non remaniés, tout au moins pour les espèces de deux familles: les Bosminidés et les Chydoridés (FREY, 1960). L'examen microscopique des capsules céphaliques des Cladocères appartenant à ces deux familles permet d'identifier précisément chaque espèce; leur dénombrement établit l'abondance relative de ces espèces dans chaque échantillon. Nos recherches méthodologiques antérieures (AMOROS et JACQUET, 1985) ont montré que les spectres faunistiques obtenus à partir de l'analyse de ces restes fournissaient des informations sur le type fonctionnel et le degré d'évolution des écosystèmes abandonnés par le Rhône. Les techniques de prélèvement, de traitement et d'analyse des échantillons ont été décrites en détail par JACQUET et al. (1984). Dans la présente étude, les volumes des échantillons de sédiment étaient de 0,2 cm<sup>3</sup> pour les sédiments superficiels analysés lors de l'analyse synchronique, et de 0,1 cm<sup>3</sup> pour l'étude stratigraphique de l'analyse diachronique.

Le principe de cette méthode est basé sur la combinaison des résultats fournis par deux approches complémentaires: les analyses synchronique et diachronique.

## A - ANALYSE SYNCHRONIQUE

L'approche synchronique consiste à comparer à un même moment, les peuplements de Bosminidés et de Chydoridés de biotopes présentant la même morphologie (il s'agit ici d'anciens méandres recoupés naturellement par la rivière) mais ayant un "âge" différent. L'"âge" de chaque ancien méandre exprime le nombre d'années écoulées depuis son abandon par le cours principal; il est obtenu ici à partir des campagnes de photographies aériennes de l'Institut Géographique National. L'analyse des peuplements de Bosminidés et de Chydoridés est réalisée sur les sédiments superficiels de chaque biotope.

Il convient de remarquer que la composition des peuplements de Cladocères n'est pas la conséquence directe du nombre d'années écoulées depuis l'abandon de la forme fluviale; elle résulte du mode de fonctionnement global des écosystèmes établis sur ces anciennes formes fluviales, ce mode de fonctionnement pouvant dépendre lui-même de l'âge de la forme fluviale mais aussi d'autres facteurs comme la dynamique du cours d'eau (conditions géomorphologiques, flux hydriques, flux minéraux) et les influences humaines (travaux de génie civil, pollutions). L'analyse synchronique des peuplements de Cladocères ne prend toute sa signification que si l'on connaît le mode de fonctionnement global des écosystèmes considérés. Ce fonctionnement global est établi par l'étude interdisciplinaire de l'hydrosystème (cf. chapitres précédents) dont les résultats combinés permettent d'expliquer les peuplements actuels de Cladocères de chaque ancien méandre.

## B - ANALYSE DIACHRONIQUE

L'étude diachronique de l'évolution des anciens méandres est réalisée sur des biotopes complètement atterris afin de reconstituer la séquence complète depuis la création du plan d'eau stagnant jusqu'à sa disparition c'est-à-dire sa transformation en milieu terrestre. L'étude est réalisée par analyse stratigraphique de carottes de sédiments prélevées à l'endroit le plus profond de chaque ancien lit. S'agissant de milieux dont on connaît la date de création (à partir de photos aériennes ou de cartes anciennes), il est alors possible de suivre la succession des peuplements de Bosminidés et de Chydoridés et quantifier la durée de vie de chacune des phases éventuelles.

## C - SYNTHÈSE

La synthèse comporte deux opérations complémentaires, d'une part : une comparaison des peuplements de Cladocères (Bosminidés et Chydoridés) d'après les résultats des analyses synchroniques et diachroniques, et d'autre part, une comparaison des processus évolutifs qui fait appel aux résultats des autres analyses de l'hydrosystème (cf. chapitres précédents).

### 1 - Comparaison des peuplements

Il s'agit dans un premier temps de comparer les peuplements observés dans les écosystèmes actuels (par exemple, peuplements A, B, C sur la figure 8.2) avec les peuplements reconstitués à partir des restes de Cladocères conservés dans les sédiments d'anciens méandres complètement atterris (par exemple X, Y, Z sur la figure 8.2).

Si les peuplements A, B et C sont respectivement similaires aux peuplements X, Y et Z, on en déduit que les peuplements A, B et C constituent une succession du même type que celle des peuplements X, Y et Z.

### 2 - Comparaison des processus évolutifs

Si les écosystèmes 1, 2, 3 et 4 où ont été respectivement observés les peuplements A, B, C et (X + Y + Z), sont soumis aux mêmes types de processus évolutifs, il est très probable que l'écosystème 1 se transformera en écosystème similaire à 2 puis en écosystème similaire à 3 et enfin en écosystème terrestre similaire à 4 (fig.8.2). La nature des processus évolutifs est mise en évidence par les autres analyses de l'hydrosystème: la géomorphologie et l'interprétation de la carte phyto-écologique générale (chap.2 et 4) nous renseignent sur la morphogénèse des biotopes et sur les types de dynamique fluviale auxquels ils sont soumis; le diagnostic phyto-écologique des écosystèmes aquatiques (chap.5) permet de déceler

## ANALYSE SYNCHRONIQUE

## ANALYSE DIACHRONIQUE

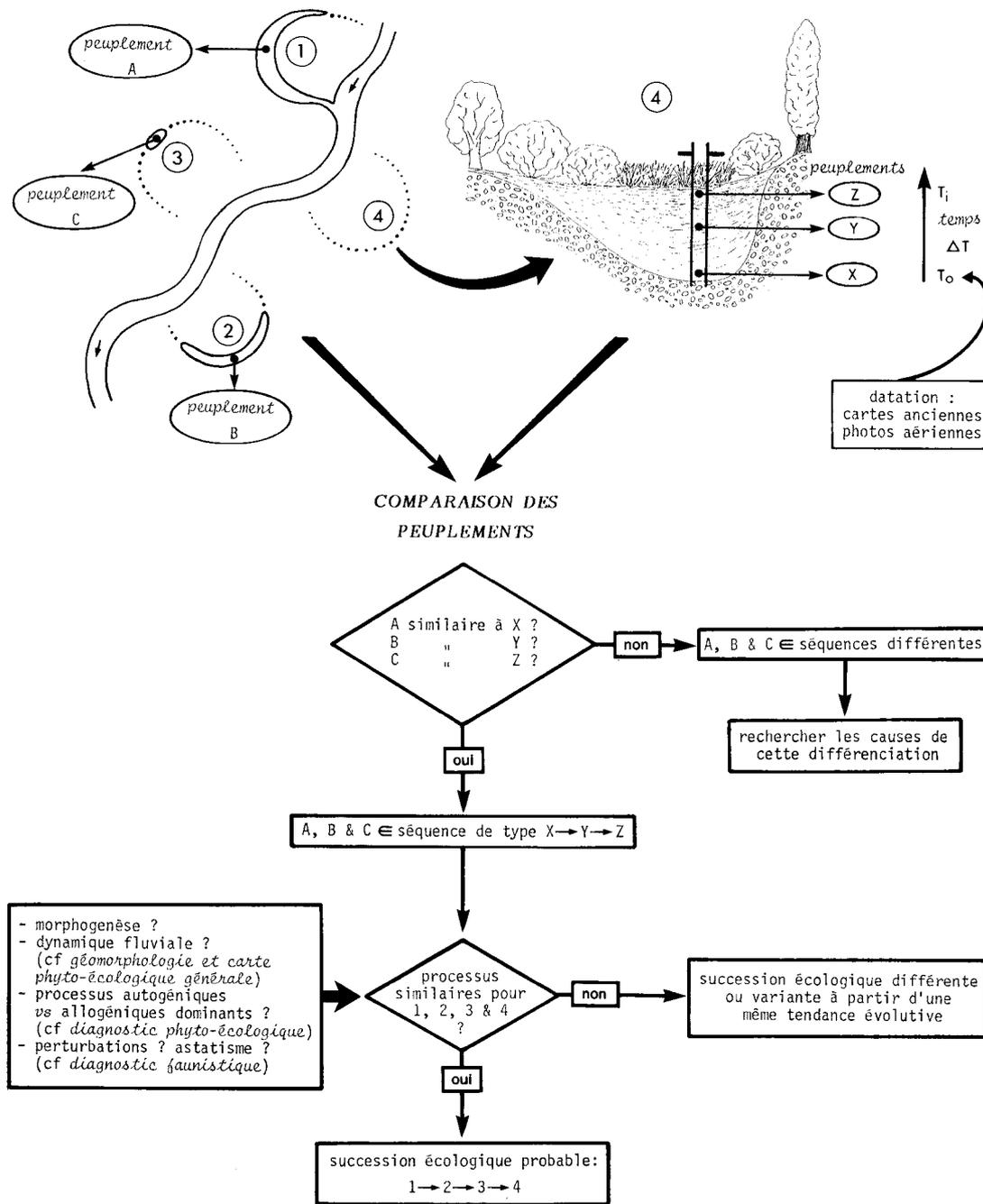


Fig.8.2-

Résumé schématique du principe méthodologique mis en oeuvre (A, B et C représentent les peuplements actuels de Bosminidés et Chydoridés des écosystèmes 1, 2 et 3; X, Y et Z représentent les peuplements reconstitués à partir des capsules céphaliques conservées dans les sédiments de l'écosystème 4, complètement atterri).

Schematic summary of the methodological principle used (A, B and C are the actual Bosminid and Chydorid populations living in ecosystems 1, 2 and 3; X, Y and Z are the populations reconstituted from the head shields remains in the sediments of ecosystem 4, completely silted up).

la dominance de processus allogéniques (par exemple: comblement des biotopes par dépôts d'alluvions) ou de processus autogéniques (eutrophisation, atterrissement par extension des communautés d'hélophytes sur sédiments riches en matières organiques...); le diagnostic faunistique basé sur l'analyse de quelques groupes d'invertébrés benthiques (chap.6) indique l'importance des perturbations (balayages par les crues) et le degré d'astatisme (oscillations irrégulières et de grande amplitude du niveau de l'eau) auxquels sont soumis les biotopes.

La vitesse de déroulement de la succession écologique prévue est estimée à partir des mesures des durées  $\Delta T$ , compte tenu des possibilités de maintien, d'intensification ou de réduction d'un ou plusieurs processus évolutifs impliqués.

## II - LES BIOTOPES

Le secteur retenu pour cette étude comprend trois anciens méandres (fig.8.1). Résultant d'un même mode de dynamique fluviale, ils présentent la même morphologie mais ils diffèrent par leur âge, leur état et leur mode de fonctionnement.

### A - L'ANCIEN MEANDRE DE PUIITS-NOVET

Cet ancien méandre est le plus jeune des trois: il a été abandonné par les eaux courantes de la rivière en 1970. Actuellement (en 1983) isolé à son extrémité amont par un bouchon alluvial, il conserve encore une communication permanente avec le cours d'eau par son extrémité aval. Lors des crues, il est complètement submergé par les eaux de la rivière (chap.6); il est également alimenté par les eaux souterraines de l'aquifère alluvial qui circulent à travers les sédiments grossiers (REYGROBELLET, comm. orale). La longueur de l'ancien lit qui demeure en permanence en eau est de 600 m, sa largeur maximale de 40 m, et sa profondeur maximale de 5 m. L'extrémité amont et la rive convexe de cet ancien méandre sont occupées par des hélophytes dominées par Phalaris arundinacea; entre ces communautés d'hélophytes et la zone d'eau libre profonde, se trouvent des herbiers d'hydrophytes constitués principalement de Ranunculus circinatus, Potamogeton pectinatus, P. perfoliatus, P. pusillus, Elodea canadensis, Groenlandia densa et Chara vulgaris (chap.5). La rive concave, en surplomb d'environ 3 m, est occupée par des cultures de maïs.

### B - L'ANCIEN MEANDRE DES BROTTTEAUX

Cet ancien méandre a été abandonné par la rivière vers 1956-1957. Outre son isolement amont, ce biotope est aussi obturé à l'aval par un bouchon alluvial. Lors des crues, les eaux de la rivière submergent ce bouchon et inondent l'ensemble de l'ancien chenal. A son extrémité amont, les eaux souterraines du sous-écoulement diffusent à travers les alluvions grossières (sables, graviers, galets); ces émergences sont bien visibles lorsque les hautes eaux de la rivière mettent en charge le sous-écoulement. La longueur de l'ancien lit qui demeure en permanence en eau est de 1 000 m, sa largeur maximale de 40 m, et sa profondeur maximale de 2 m.

L'analyse phytoécologique de ce biotope (chap.5) nous a conduit à le diviser en trois parties séparées par des bouchons alluviaux plus ou moins développés.

La partie amont, la plus profonde, est occupée par une communauté d'hydrophytes constituée principalement de Potamogeton natans, Hippuris vulgaris, Groenlandia densa, Chara vulgaris, Nitella syncarpa, Myriophyllum spicatum, Ranunculus trichoïdes. Un premier bouchon alluvial provoque un rétrécissement du plan d'eau qui marque la limite avec une deuxième partie colonisée par les hydrophytes suivantes: Chara vulgaris, Ranunculus circinatus, Groenlandia densa, Potamogeton natans, Hippuris vulgaris, Hottonia palustris, Ludwigia palustris, Myriophyllum spicatum. Un deuxième bouchon alluvial, très développé, représente la limite entre la partie médiane et la partie aval dont les communautés d'hydrophytes sont constituées principalement de: Potamogeton pectinatus, Ranunculus circinatus, Elodea canadensis, Chara vulgaris, Ceratophyllum demersum.

Les rives convexes de cet ancien méandre sont colonisées par une communauté d'hélophytes dominée par Carex elata; Typha latifolia est commune sur les rives amont alors que Scirpus lacustris se développe particulièrement à l'extrémité aval près du bouchon alluvial qui sépare ce biotope des eaux courantes de la rivière.

L'espace terrestre qui jouxte ce biotope est occupé par des communautés arbustives ou arborescentes de la ripisylve (chap.4) à l'exception du bouchon alluvial aval constitué d'un banc de galets.

### C - L'ANCIEN MEANDRE DES VIEUX-BROTTEAUX

Cet ancien méandre est le plus ancien des trois puisqu'il a été abandonné vers 1940. Il s'agit d'un ancien lit complètement isolé de la rivière dont le "plan d'eau" permanent est réduit à quelques mètres carrés entre des touradons de Carex elata. La profondeur varie entre 0,2 m et 1 m. Ces fluctuations de niveau semblent provoquées par les eaux interstitielles du sous-écoulement (REYGRABELLET, comm. orale). La cariçaie occupe la majeure partie de cet ancien lit (chap.5). Les deux rives ainsi que les extrémités amont et aval sont occupées par des formations boisées de la ripisylve (chap.4).

## III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

### A - ANALYSE SYNCHRONIQUE

Les abondances relatives des Bosminidés et Chydoridés dans les peuplements actuels des trois anciens méandres sont consignées dans le tableau 8.I. La comparaison des spectres faunistiques de ces trois écosystèmes est illustrée par la figure 8.3.

Le peuplement de Puits-Novet est caractérisé par la grande abondance de Bosmina longirostris et la faible représentation des Chydoridés. La composition de ce peuplement traduit l'existence d'un grand volume d'eau libre et de communautés phytophiles relativement réduites ce qui correspond à un état relativement juvénile de l'écosystème.

Le peuplement des Brotteaux est plus diversifié, plusieurs espèces de Chydoridés sont bien représentées et l'espèce dominante, Acroperus harpae, ne dépasse jamais 48 %. Notons la présence de Graptoleberis testudinaria espèce inféodée aux herbiers d'hydrophytes.

Dans le peuplement des Vieux-Brotteaux, on remarquera l'absence de Bosmina longirostris (réduction du volume d'eau libre) et la dominance de Chydorus sphaericus qui, cependant, ne dépasse guère les 50 %; avec les espèces d'eaux eutrophes coexistent des espèces d'eaux oligotrophes (Acroperus harpae, Graptoleberis testudinaria). Ce dernier caractère, semble lié à l'alimentation de ce biotope en eau souterraine.

TABLEAU 8.I

Abondance relative des capsules céphaliques de Bosminidés et Chydoridés dans les sédiments superficiels des trois anciens méandres de la plaine inférieure de l'Ain.

Relative abundances of the Bosminid and Chydorid head shields in the surficial sediments of the three former meanders in the Ain River's lower plain.

	<i>Pleuroxus uncinatus</i>	<i>Alona costata</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Acroperus harpae</i>	<i>Alona guttata</i> + <i>A. rectangularis</i>	<i>Chydorus sphaericus</i>	<i>Blapertura affinis</i>	<i>Graptoleberis testudinaria</i>	<i>Alona quadrangularis</i>	<i>Eurycerus lamellatus</i>	<i>Alonella nana</i>	<i>Disparalona rostrata</i>	<i>Alonella excisa</i>	<i>Pleuroxus abuncus</i>	<i>Pleuroxus trigonellus</i>	Nombre d'individus par échantillon
Puits Novet	3	1	69	7	8	3	4	7								
Brotteaux Aval			6	30	13	15	6	6	15		4	2	2		2	48
Brotteaux Médian			5	48	5	24		10				5		5		21
Brotteaux Amont			13	44	13	6	6	6	6	6						16
Vieux Brotteaux				14	5	43	19	7	9		2					42

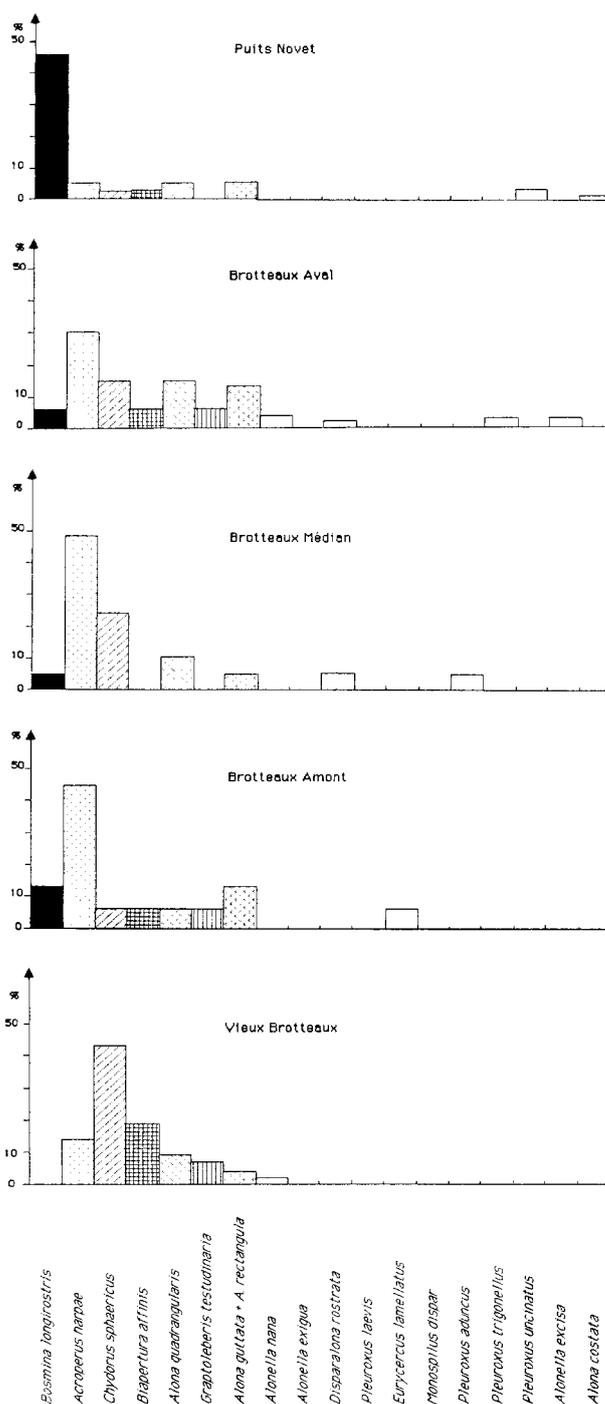


Fig.8.3- Comparaison des peuplements de Bosminidés et Chydoridés des trois anciens méandres de la plaine inférieure de l'Ain (abondances relatives des capsules céphaliques conservées dans les sédiments superficiels).

Comparison of the Bosminid and Chydorid populations from the three former meanders of the Ain River's lower plain (relative abundances of the head shields sampled in the surficial sediments).

## B - ANALYSE DIACHRONIQUE

Le principe méthodologique exposé ci-dessus n'a pu être appliqué à la lettre car nous n'avons pas trouvé, dans le secteur prospecté, d'ancien méandre complètement atterri. A défaut de succession complète, nous avons analysé la succession des peuplements de l'ancien méandre des Vieux-Brotteaux dont le stade actuel représente un écosystème semi-aquatique.

La figure 8.4 représente la succession stratigraphique donc chronologique des restes de Bosminidés et de Chydoridés conservés dans les sédiments de l'ancien méandre des Vieux-Brotteaux. Notons particulièrement la très faible représentation de *Bosmina longirostris*, la dominance de *Chydorus sphaericus* dans les strates les plus récentes et l'augmentation progressive de *Graptoleberis testudinaria*.

D'une manière générale, bien que l'on ne puisse distinguer des successions de phases bien marquées comme dans certaines chronoséquences d'anciens méandres du

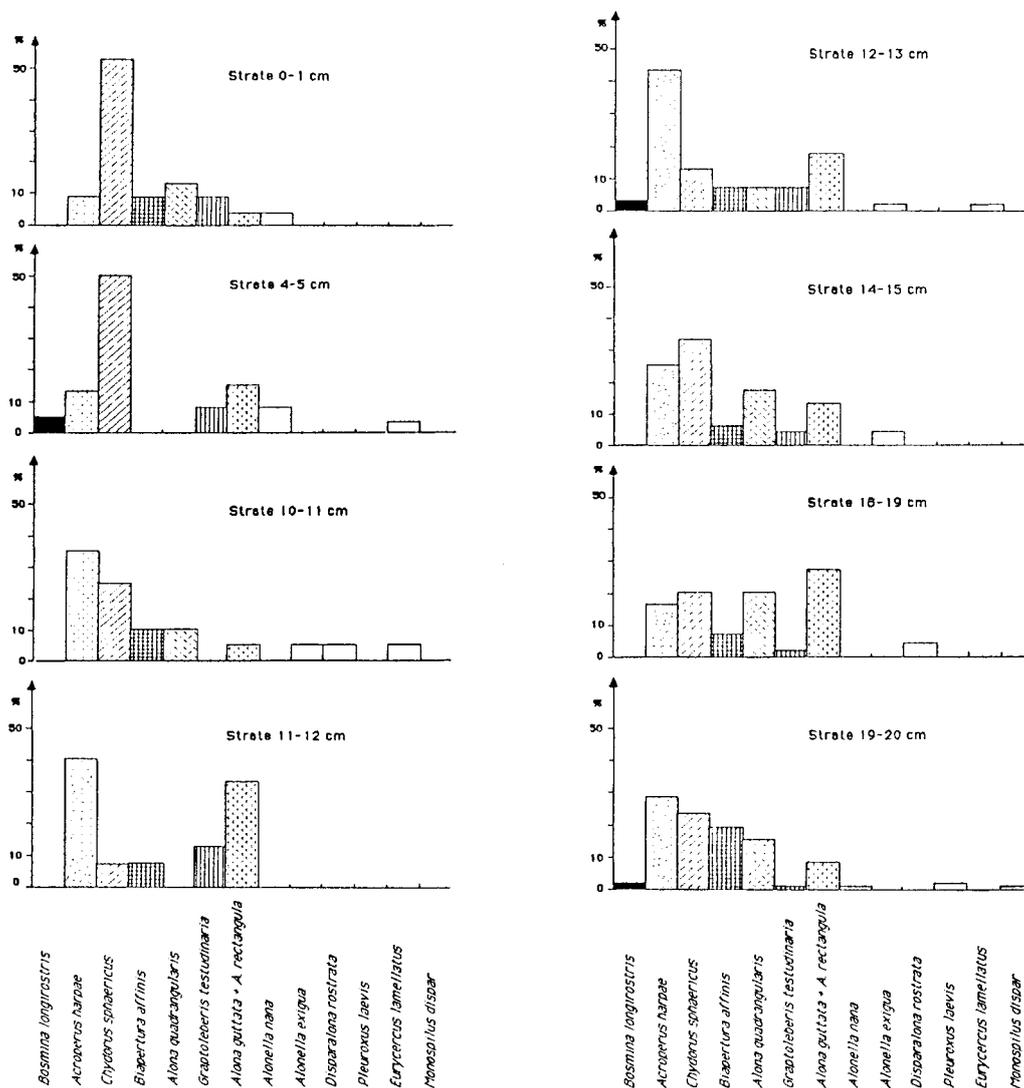


Fig.8.4- Evolution stratigraphique de l'abondance relative des Bosminidés et Chydoridés dans les sédiments de l'ancien méandre des Vieux-Brotteaux (la profondeur est exprimée en cm depuis la surface).

Stratigraphical changes of the relative abundances of the Bosminid and Chydorid remains in the sediments of the former meander "Vieux-Brotteaux" (the sediment depth is expressed in cm from the surface).



*Carex elata*). En revanche, l'absence de phase à *Bosmina longirostris* à la base de la séquence des Vieux-Brotteaux, phase qui correspondrait à l'état actuel de l'ancien méandre de Puits-Novet, ne nous permet pas d'affirmer que ce dernier biotope appartienne à la même succession écologique et que son devenir sera le même que celui des Vieux-Brotteaux.

D'un point de vue plus général, si l'on compare la séquence des Vieux-Brotteaux à celles que nous avons étudiées précédemment sur des anciens méandres ou des chenaux méandriformes du Rhône (JACQUET et al., op. cit.; AMOROS et JACQUET, op. cit.), on constate que l'atterrissement se produit beaucoup plus vite dans la plaine inférieure de l'Ain (quatre décennies pour l'Ain; de l'ordre du siècle ou davantage pour le Rhône) et qu'il se produit alors que les peuplements sont encore bien diversifiés et présentent encore des caractères oligotrophes; ceci met en évidence l'importance des processus allogéniques dans l'évolution des écosystèmes aquatiques du cours inférieur de l'Ain. L'enfoncement du lit mineur apparaît comme le principal facteur responsable de la transformation rapide des écosystèmes aquatiques en écosystèmes semi-aquatiques puis terrestres.

L'analyse stratigraphique d'un ancien chenal du Rhône situé juste en aval de la confluence, dans un secteur encore soumis à l'influence de l'Ain (la Girondole, fig.8.5) confirme l'importance des processus allogéniques dans l'évolution des écosystèmes de ce secteur fonctionnel. La granulométrie grossière de ces sédiments, leur très faible teneur en matière organique et l'absence de restes de Cladocères, signifient que l'atterrissement de cet ancien chenal s'est réalisé essentiellement par deux phénomènes allogéniques: d'une part, l'enfoncement des lits mineurs du Rhône et de l'Ain, et d'autre part, le comblement du thalweg par des sédiments minéraux déposés lors des crues.

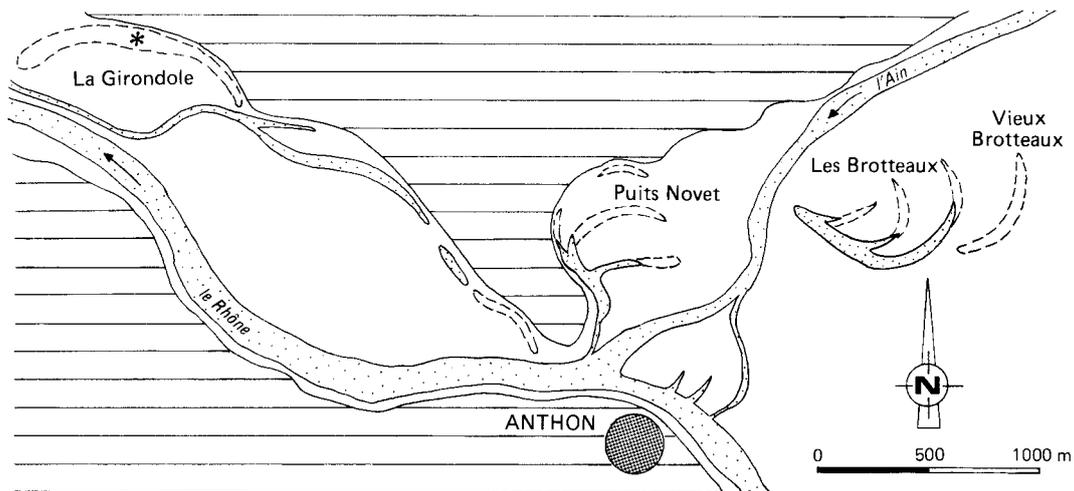


Fig.8.5- Localisation d'un ancien lit du Rhône dans le secteur de la confluence.

Localisation of a former channel of the Rhône River in the confluence.

## CONCLUSION

Les écosystèmes aquatiques abandonnés par l'Ain à proximité de sa confluence avec le Rhône se caractérisent par une vitesse d'évolution relativement élevée: un des anciens méandres étudiés s'est transformé en écosystème semi-aquatique (cariçaie à *Carex elata*) en moins de quatre décennies.

L'atterrissement s'effectue alors que les peuplements aquatiques n'ont pas encore atteint leur stade de maturité comme en témoigne la coexistence d'espèces d'eaux eutrophes et d'espèces d'eaux oligotrophes en fin de chronoséquence. Ceci révèle l'importance particulière des processus évolutifs allogéniques, en l'occurrence l'enfoncement du lit mineur donc l'abaissement du niveau de l'eau.

Par conséquent, puisque l'abaissement du niveau de l'eau semble être le principal facteur responsable de la rapidité de transformation de ces écosystèmes, un arrêt de l'enfoncement du lit aurait probablement pour effet de ralentir leur évolution mais pas de l'arrêter car les processus autogéniques (eutrophisation et dynamique d'extension des macrophytes) continueraient. Il convient de remarquer que l'analyse synchronique a été réalisée sur la rive gauche du cours inférieur de l'Ain, dans une zone qui est exempte de pratiques agricoles intensives; une extension des activités agricoles sur ces sols très perméables et en particulier l'utilisation massive de fertilisants provoquerait une accélération de l'eutrophisation de ces écosystèmes.

#### REMERCIEMENTS :

Une partie de ce travail a été effectuée à la demande de la Compagnie Nationale du Rhône pour l'étude d'impact du projet d'aménagement hydroélectrique du Rhône à Loyettes (Convention CNR-CNRS- n°DT-E 83-98); sa réalisation a aussi été prise en charge par le PIREN (CNRS et Ministère de l'Environnement) et soutenue par la Commission des Communautés Européennes (Convention ENV-693-F).

Les auteurs tiennent à remercier Patrick LEROY pour son aide technique sur le terrain.

---

#### THE DEVELOPMENT OF FORMER MEANDERS : A DIAGNOSIS BASED ON CLADOCERAN REMAINS PRESERVED IN THE SEDIMENT

Cladocerans (Crustacea) are very abundant in semi-stagnant or lentic fresh waters. The exoskeleton and mainly their head shields of at least 2 families (Bosminids and Chydorids, FREY, 1960) are well preserved in undisturbed fine sediments. Their head shields can be identified to species. Previous analysis (AMOROS & JACQUET, 1985) of the distribution of Bosminids and Chydorids remains has provided us with pertinent information on the functional type and the development stage of the abandoned river meanders. The techniques for sampling and sorting the remains have been published by JACQUET et al. (1984).

For this study, three different resolution levels were used to analyse the spatial organisation of the river systems:

- the first corresponds to the entire alluvial plain of the Lower Ain River (fig.8.1); it is a functional sector of the river system i.e. a geographical space in which the morphodynamic function of the river seems homogeneous (active meandering and deepening of the river bed);
- the second is the level of each former channel i.e. each water body; and
- a third level, which subdivides the water body, has been employed for the larger meanders that appear heterogeneous.

The processes were analysed using three temporal scales:

- a geological time scale is necessary to understand the mechanisms concerning the whole alluvial plain (chap.2), however this level is not directly used in the present chapter;
- the analysis of ecosystem development on a decade scale is suitable for study of the development processes (meanders cutting off, eutrophication, terrestrialization). This scale is also suitable for resource management and administrative concerns;
- the seasonal and annual changes are integrated by the Cladoceran-remains method which demonstrates only those development tendencies that correspond to the decade time scale.

This method is carried out by combining the results of two complementary approaches: synchronic and diachronic analysis. Synchronic analysis is effected through comparative studies of the Bosminids and Chydorids populations of the existing ecosystems of the alluvial plain, which are at different development stages. Old maps and aerial photos were used to date each ecosystem from the time of its initial abandonment (the meander may still have a downstream connection with the river by no longer constitutes a lotic environment) by the river. The Cladoceran remains analysed were extracted from samples of the surficial sediments of each water body or meander subdivision (fig.8.1). Diachronic analysis was carried out on a completely silted up former channel to reconstitute the succession of the Bosminids and Chydorids populations from the abandonment until it becomes a terrestrial ecosystem. The reconstitution and the interpretation of the succession are based on stratigraphic analysis of the head shields that are preserved in the sediments. This synthesis involves two processes:

- a comparison of the present populations (e.g. populations A, B, C in fig.8.2) with the reconstituted populations within the successional (ecological) steps (populations X, Y, Z in fig.8.2); if A, B, C are similar to X, Y, Z respectively, then A, B, C belong to a

succession of the same type as that of X, Y, Z; and

- a comparison of the different development processes at work in the ecosystems under consideration. For example, if the processes at work in 1, 2, 3 and 4 (fig.8.2.) are similar (chap. 2,4,5,6), then we would expect that ecosystem 1 would probably change to 2 then to 3 and finally to 4. However, if the processes are different (peculiar local conditions, human activities...), then they would occur at different successional steps or as some variation of a similar developmental tendency. The speed of the expected succession is estimated from  $\Delta T$  measurements (fig.8.2) according to the maintenance or change of the development processes.

Three former meanders occur in the area studied:

- the former meander "Puits-Novet" was abandoned in 1970, it is presently (1983) closed at its upstream end but still connected to the river at its downstream end; it is completely flooded during spates; its maximum depth is about 5 m and allows the maintenance of open water;

- the former meander "Les Brotteaux" was cut off in 1956-1957; it is presently completely isolated from the river except during spates; its maximum depth is about 2 m; the former bed is overgrown by hydrophytes and helophytes (chap.5);

- the former meander "Vieux-Brotteaux" was cut off in the 1940's. A direct connection with the river is no longer possible; its maximum depth change to 0.2 to 1 m; the whole former bed is overgrown by helophytes (group with Carex elata, see chap.5).

Concerning the Bosminid and Chydorid populations (figs.8.3, 8.4; tables 8.I, 8.II), some similarities appear between "Les Brotteaux" and the older phases of "Vieux-Brotteaux". Since both of these ecosystems are submitted to the same developmental processes (chap.2,4,5), we expect that "Les Brotteaux" will change to a status similar to that of "Vieux-Brotteaux". The lack of a Bosmina longirostris phase at the beginning of the "Vieux-Brotteaux" succession prevent us from asserting that "Vieux-Brotteaux" and "Puits-Novet" (in which a B. longirostris phase occurs presently) belong to the same type of ecological succession.

In the former meanders abandoned by the Lower Ain River, the terrestrialization processes develop rapidly (4 decades v.s. more than 1 century for the Rhône River). Meanwhile, some oligotrophic species, such as Acroperus harpae and Graptoleberis testudinaria, still remain. This latter feature demonstrates the great role played by the allogenuous processes, mainly the deepening of the river bed, which induces a lowering of the water level.

Consequently, as the deepening of the river bed seems to be the major process responsible for the rapidity of the ecosystem changes, the arrest of this deepening by way of civil engineering works would probably reduce their development speed. However, these operations would not stop natural development since the autogenous (eutrophication, macrophyte overgrowth...) and allogenuous processes (alluvium deposition during spates) would continue.