Vallée du Drugeon

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT
FRANCHE-COMTÉ

Agence de l'Eau
rhône méditerranée corse
ARRIVÉ LE
11 OCT. 2000
BESANÇON
rhône méditerranée corse
20, Avenue Tony Garnier
69363 LYON CEDEX 07
Tél. (04) 72 71 26 00
Document No D24 133/BS

SUIVI TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE DE L'IMPACT DES TRAVAUX DE RESTAURATION DU DRUGEON SUR SA QUALITÉ PHYSIQUE ET SES CAPACITÉS BIOGÈNES



Étude réalisée pour le Syndicat Intercommunaldu Plateau de Frasne
Vallée du Drugeon

par TELEOS H. DECOURCIERE
F. DEGIORGI
J. P. GRANDMOTTET

Téleos

financée par : le Ministère de l'Environnement
l'Agence de l'Eau
le Syndicat Intercommunal du Plateau de Frasne

Mai 2000

Évaluation des premiers gains biologiques et hydrodynamiques induits par la restauration du Haut-Drugeon

Sommaire

INTRODUCTION : CONTEXTE, OBJECTIFS ET MÉTHODES 3

CONTEXTE 3
RAPPEL DE LA DÉMARCHE DE RESTAURATION ET DE SUIVI 4
STRATÉGIE D'ÉTUDE ET D'EXPERTISE 4
CRIBLE SPATIO-TEMPOREL D'ÉTUDE ET D'EXPERTISE 5

ANALYSE DES PREMIERS GAINS BIOLOGIQUES 7

INTÉRET ET LIMITE DE L'ÉTUDE DES ORGANISMES CONSOMMATEURS 7

ANALYSE GÉNÉRIQUE SEMI-QUANTITATIVE DES BIOCÉNOSES BENTHIQUES 7

Protocole d'échantillonnage 7
Biocénoses benthiques du Drugeon amont 10
Biocénoses benthiques du Bief Belin 18
Bilan sur les biocénoses benthiques du Drugeon et du Bief Belin 24

LES POISSONS DU DRUGEON RENATURÉ, PEU APRÈS LES TRAVAUX 28

Mécanismes de recolonisation dès la première année 28
Niveau de production atteint 28 mois après travaux 29
Bilan sur les premières phases de la recolonisation piscicole 30

ANALYSE STANDARD DES MOSAÏQUES D'HABITAT 31

INTÉRET, CADRE ET MÉTHODE 31

LES MOSAÏQUES D'HABITAT DES 10 STATIONS EN 1999 33

Les mosaïques d'habitat du Bief Belin en 1999 33
Les mosaïques d'habitat du Drugeon apical et moyen en 1999 34
Caractéristiques actuelles de l'habitat des portions réhabilitées (fig. 10) 36

ÉVOLUTION DES MOSAÏQUES D'HABITAT 37

Comparaison 97/99 (fig. 11 et tab. XXVIII) 37
Comparaison 1994 / 1999 39
Bilan sur l'évolution des mosaïques d'habitats depuis la réhabilitation 40

QUALITÉ PHYSIQUE GLOBALE DU DRUGEON DES SOURCES À BANNANS EN 1999 ... 42

ANALYSE SOMMAIRE DU MÉTABOLISME THERMIQUE 42

Objectif et protocoles de mesures 42
Évolution du métabolisme thermique estival depuis les travaux 43
Causes et conséquences du réchauffement estival 44

MÉTHODE D'ANALYSE DE LA QUALITÉ PHYSIQUE À L'ÉCHELLE DES TRONÇONS 45

Sectorisation 45
Descriptions standard par tronçons 45
Chiffrage des 4 composantes pour chaque tronçon 46

L'ÉTAT DE LA QUALITÉ PHYSIQUE DES TRONÇONS EN 1999 47

L'ensemble Bief Belin - Grandes Rayes 47
Le Drugeon à Vaux et Chantegrue 49
Le Drugeon reméandré de Vaux aux Jointe Noire 50
Le Drugeon des Jointes Noires à la prise d'eau du Lac de Bouverans 51
Le Drugeon de la prise de l'Entonnoir à Bouverans 53
Le Drugeon de Bouverans au Pont de Bannans 54

BILAN ET PRÉVISIONS SUR LA QUALITÉ PHYSIQUE GLOBALE 57

Comparaison spatiale à l'échelle des tronçons 57
Confrontation des diagnostics aux deux échelles d'analyse 58
Comparaison de l'état actuel à la situation avant travaux 60
Bilan sur la qualité physique du Haut-Drugeon et son évolution 63

EXPERTISE DES AMENAGEMENTS ET RECOMMANDATIONS 64

EXPERTISE DE LA SUCCESSION D'AMÉNAGEMENTS RÉALISÉS DE 1997 À 1999 64

Principes et objectifs 64
Le Bief Belin et le Ru de Chantegrue (photos 1 à 11) 64
Le Drugeon à travers Vaux et Chantegrue 65
Le Drugeon de Vaux et Chantegrue aux Jointes Noires 66
Le Drugeon des Jointes Noires à la prise d'eau de l'Entonnoir 67
Le Drugeon le long de la digue du Varot 67
Le Drugeon entre le Varot et l'amont de Bouverans 68
Le Drugeon entre Bouverans et l'étang de la Rivière Drugeon 69
Le Drugeon entre l'aval de La Rivière D. et le Pont de Bannans 69

BILAN SUR LES DYSFONCTIONNEMENTS ET PRINCIPES D'INTERVENTION 71

Choix des options hautes, les plus proches de la renaturation 71
Restauration des débits d'étiage 71
Modalités de rajeunissement du lit originel 72
Créations de portion de lit artificiel harmonieux. 73
Aménagements artificiels ponctuels et localisés 74

RECOMMANDATIONS PRATIQUES : RETOUCHES ET AMÉLIORATIONS 76

Les têtes de bassins 76
Le Drugeon dans la traversée de Vaux et Chantegrue 76
Le Drugeon dans la traversée entre la sortie de Vaux et les Jointes Noires 77
Le Drugeon entre les Jointes Noires et la prise d'eau de l'Entonnoir 77
Le Drugeon entre la prise d'eau de l'Entonnoir et l'amont de Bouverans 77
Le Drugeon entre Bouverans et le Pont de Bannans 78

CONCLUSION 80

BIBLIOGRAPHIE 83

GLOSSAIRE 86

Évaluation des premiers gains biologiques et hydrodynamiques induits par la restauration du Haut-Drugeon

Introduction : contexte, objectifs et méthodes

Contexte

Le Drugeon, après avoir été sévèrement rectifié et recalibré de ses sources à sa confluence avec le Doubs dans les années 50 à 70, est actuellement en cours de réhabilitation sur la presque totalité de son cours. Les enjeux écologiques sont importants pour cette rivière à truite de moyenne altitude qui méandrait originellement au ras des marais, prairies et tourbières du plateau de Frasnes.

Les zones humides associées à ce cours d'eau d'une quarantaine de kilomètres présentant elle aussi un fort intérêt biologique. Mises en danger de banalisation et d'assèchement par la rectification du Drugeon, elles devraient elles aussi profiter des travaux de réaménagement de cet axe fluviatile qui doivent contribuer à restaurer leur potentiel originel.

Plusieurs catégories d'actions ont été programmées pour réaliser ces travaux de renaturation, de restauration ou d'amélioration et de diversification de la qualité physique, en fonction des caractéristiques morphodynamiques originelles et de la pression anthropiques. La réhabilitation du Drugeon a donc été imaginée puis mises en œuvre en appliquant un ensemble cohérent de modalités originales à la fois sur la totalité du cours d'eau et sur le bassin versant suivant une approche unique en Europe.

Dans ce contexte, il paraissait judicieux de réaliser un suivi scientifique et technique des gains biologiques et hydrodynamiques induits par les différents procédés utilisés pour restaurer la rivière. Le premier objectif de ces mesures consiste à vérifier la pertinence des principes de travail et des techniques d'application adoptées afin de les conforter ou de les corriger pour les interventions déjà réalisées et de les améliorer pour les tranches ultérieures.

Dans un deuxième temps, le suivi biologique et morphodynamique permettra de valoriser et surtout de transposer les acquis pour la restauration d'autres rivières du même type, y compris pour la partie aval et pour les petits affluents du Drugeon.

Rappel de la démarche de restauration et de suivi

En fait cette approche s'inscrit dans une démarche cohérente, engagée depuis 1993/1994 en ce qui concerne le cours d'eau Drugeon et dont il ne paraît pas inutile de rappeler les principales étapes :

- **1993** : Étude des potentialités physiques globales du Drugeon (in "Bilan de la qualité physique du bassin hydrographique du Haut Doubs" ; CSP et Fédération du Doubs, 1993).
- **1994** : Étude des potentialités biologiques et analyse des caractéristiques physiques détaillées du Drugeon : bases et principes pour l'élaboration d'un projet de réhabilitation du Drugeon ; DIREN Fr.-Comté, CSP, CPRE.
- **1995/1996** : Avant-projet Détaillé de réhabilitation (renaturation, restauration, réaménagement selon les secteurs) du Drugeon ; construction du projet de financement : DDA 25, CSP, Syndicat Intercommunal du Plateau de Frasnes, Eco-Euro-Conseil.
- **1997** : Première tranche des travaux : le Drugeon de Vaux à Bonnevaux ; DDA 25, CSP, Syndicat du Plateau de Frasnes.

  Première étape de suivi : sur 4 stations de Vaux à Bonnevaux, étude morphologique et analyse du macrobenthos, SYNUSIE, DIREN, CSP, Teleos (à titre d'expert gracieux)
- **1998** : Deuxième tranche des travaux : le Bief Belin + le Drugeon de Bonnevaux à Bouverans ; DDA 25, CSP brigade 25, Syndicat du Plateau de Frasnes.

  Première série de pêches électriques après travaux (CSP + fédé+ Teleos)
- **1999** ; Troisième tranche de travaux, Bouverans à Bannans DDA 25, CSP brigade 25, Syndicat du Plateau de Frasnes.

  Deuxième étape de suivi : sur 10 stations dont les 4 de 1998 de Vaux à Bonnevaux plus 1 station supplémentaire en amont Bonnevaux, 2 entre Bonnevaux et Bannans, et 3 sur le Bief Belin, analyses morphologiques et thermographiques, inventaires piscicoles et étude des macro-invertébrés, TÉLÉOS, DIREN, CSP, Université Fr.-Comté.

Stratégie d'étude et d'expertise

Le dispositif de suivi, élaboré et mis en place par un groupe de travail comprenant le CSP, la DIREN, le syndicat et notre propre bureau d'étude se compose dans un premier temps de trois parties complémentaires :

- L'étude des communautés de macro-invertébrés benthiques ainsi que des ichtyocénoses, et de leur évolution temporelle est destinée à évaluer les premiers gains biologiques obtenus par la renaturation et à apprécier les dynamiques de recolonisation ;
- L'analyse plus fine des mosaïques d'habitat aquatiques, à l'échelle de la station permet de mesurer objectivement les améliorations immédiates de l'habitat aquatique ; cette démarche permet d'interpréter les tendances observées pour l'évolution à court et moyen terme de l'édifice biologique ;
- La mesure standard de la qualité physique à l'échelle des tronçons fonctionnels a été appliquée avant (1993) et après travaux (1999) afin de préciser la compréhension des mécanismes de restauration, et surtout pour circonscrire les causes d'éventuelles erreurs ou lacunes d'intervention.

L'utilisation conjuguée des 2 échelles autorise une mise en relation entre les modalités des travaux et la vitesse de recolonisation qualitative et quantitative du Drugeon restauré par la faune aquatique.

Dans un deuxième temps, les résultats obtenus par ce dispositif serviront à éclairer l'expertise technique des différents aménagements déjà réalisés, afin de sanctionner ou de valider objectivement les modalités pratiques mises en œuvre. Cette démarche rationnelle débouchera alors sur des recommandations pratiques pour rectifier améliorer ou conserver et valoriser les modalités des travaux de réhabilitation, sur les actions déjà mises en place comme sur les tranches ultérieures

Crible spatio-temporel d'étude et d'expertise

Les analyses à deux échelles de la qualité physique et biologique du Drugeon ont été effectuées depuis les sources du Bief Belin et du Drugeon jusqu'au pont de Bannans ; elles recouvrent donc les 3 premières tranche des travaux réalisés sur ces 2 cours d'eau.

Les analyses stationnelles ont été réalisées sur dix stations choisies de façon à caractériser différents type de configuration ou/et d'intervention tout en jalonnant l'ensemble du parcours étudiés (fig. 1). À cette échelle, plusieurs jeux de données obtenus avant et parfois après travaux sont considérés et confrontés pour la plupart des stations considérées (tab.I).

En effet, les biocénoses benthiques du Drugeon supérieur ont été étudiées par plusieurs auteurs avant travaux (VERNEAUX 1973, PARMENTIER 1995, GLAIZAL, SAGET, BOUISSET, 1995). En outre, une première série d'analyses a été réalisée sur 4 stations du Drugeon apical durant l'été 1997 (RICHARD 1998), juste après la fin des travaux de la première tranche, entre les sources et l'amont de Bonnevaux. L'évolution temporelle de la morphologie et de la colonisation des fonds de ces 4 stations a été étudiée en 1999. Elles sont toutes localisées sur le secteur reméandré entre Vaux et Bonnevaux et représentent différents types d'intervention.

La station 1, le **Gué SNCF** est située en aval de la scierie du Martinet à Vaux et Chantegrue, sur un secteur où il n'était pas possible de reconstituer le tracé originel et où un nouveau lit a été entièrement recréé dans le lit majeur.

La station 2, le **Pré Vaillon** est située dans un secteur où la rivière coule actuellement dans son lit originel, antérieur aux travaux de rescindement/recalibrage des années 1961/1973. À ce niveau, le lit ancien a été réouvert par enlèvement ménagé des dépôts accumulés, et comblement de l'ancien chenal rectiligne.

La station 3, **l'Isle Pernet** caractérise un secteur où la rivière coule également dans son ancien lit relativement stable depuis les travaux de recalibrage et en connexion avec des écoulements latéraux. Le chenal n'a fait l'objet d'aucune intervention particulière hormis sa mise en communication avec les portions amont et aval du lit reconstitué.

La station 4, le **Pont SNCF** recouvre un secteur où le lit mineur anciennement artificialisé n'a fait l'objet d'aucuns travaux et où le niveau de l'eau a été rehaussé par la reprise de l'ancien lit.

En 1999, le crible spatio-temporel a été enrichi par l'étude de trois stations jalonnant le Bief Belin 2 ans après travaux, et de trois stations supplémentaires sur le Drugeon. Sur le Bief Belin, les trois stations choisies sont, comme précédemment, représentatives de secteurs ayant subis une intervention particulière.

Figure 1 : localisation des stations de mesures et délimitations des tronçons d'étude

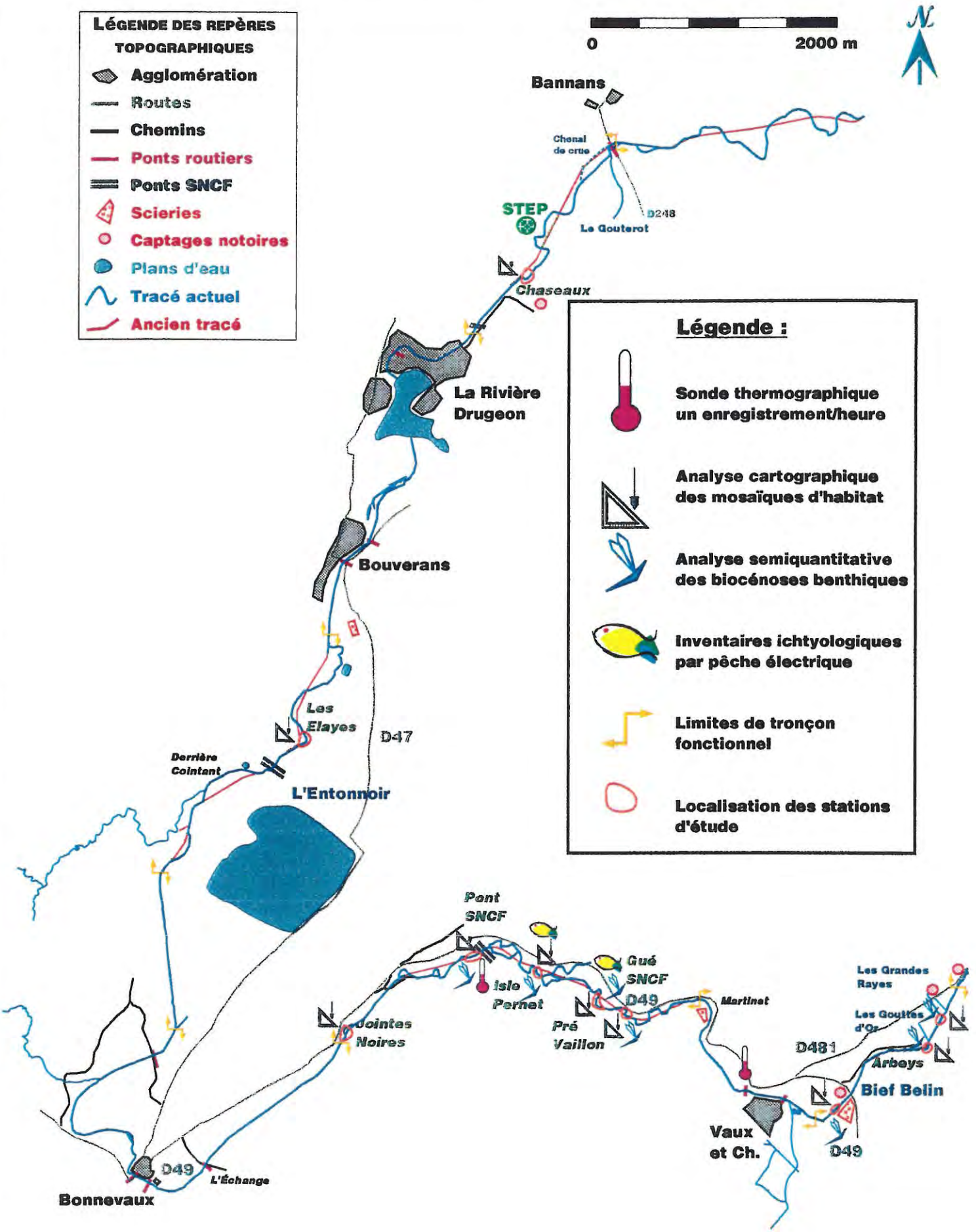


Tableau I : chronologie des investigations réalisées sur le Bief Belin et le Drugeon réhabilité

Année de mesure	Rivière	Tranche	Chronologie	Station	Type d'intervention et effets suivis	Analyses Carto	Analyses MI	Analyses PE
1997 1998	Drugeon	Tranche 1	1er été ap. trvx	Gué Sncf	nouveau lit recréé dans le lit majeur	été 97*	été 97*	
				Pré Vaillon	lit originel, enlèvement ménagé des dépots	été 97*	été 97*	aut98 **
				Ile Pernet	lit originel, sans aucun recreusement	été 97*	été 97*	aut98 **
				Tunnel Sncf	lit rectifié mais niveau d'eau réhaussé	été 97*	été 97*	
1999	Bief Belin	Tranche 2	2ème été ap. trvx	Goutes d'or	installation de seuils sur secteur rectiligne	aut 99	été 99	
				Arbey	berges reprofilées sur méandre	été 99	été 99	
				Scierie	banquettes en fascinage	été 99	été 99	
	Drugeon	Tranche 1	3ème été ap. trvx	Gué Sncf	nouveau lit recréé dans le lit majeur	été 99	été 99	
				Pré Vaillon	lit originel, enlèvement ménagé des dépots	été 99	été 99	aut99**
				Ile Pernet	lit originel, sans aucun recreusement	été 99	été 99	aut99 **
				Tunnel Sncf	lit rectifié mais niveau d'eau réhaussé	été 99	été 99	
				Jointes Noires	jonction entre lit renaturé et lit laissé rectiligne	été 99		
	Drugeon	Tranche 2/3	1er été ap. trvx	Les Elayes	lit originel	été 99		
				les Chasaux	lit originel, jonction lit rectiligne/lit renaturé	été 99		

1ère tranche : des sources à l'amont de Bonnevaux : printemps 1997
2ème tranche : de Bonnevaux à Bouverans, le Bief Belin : printemps /été 1998
3ème tranche : de Bouverans à La Rivière+ retouche : printemps/été 1999

Carto : cartographie standard des habitats
MI : prélèvement de Macro-Invertébrés
PE : inventaire par pêche électrique

* Richard 1998

** Pêche réalisée par le CSP et la fédérations 25 (une station en 1997 3 en 1998)

La station 1, les **Gouttes d'or,** est située en aval de la Départementale 481 et de la confluence avec l'affluent rive droite les Grandes Rayes, et juste en amont du chemin d'exploitation reliant la D 49. Sur ce secteur, le lit est stabilisé par l'implantation de seuils de fond, protégés par des enrochements.

La station 2, les **Arbey,** est située a 300 m en aval des Gouttes d'Or. La restauration a consisté en un reprofilage des berges, très érodées auparavant, combiné avec une mise en place de fascines, et à la création d'un seuil de 30 cm de hauteur.

La station 3, la **Scierie** se situe dans le secteur aval du Bief Belin, après la Départementale 49, au niveau de la scierie. Les travaux ont consisté, dans cette zone à plus faible pente, en la mise en place de fascines alternées, afin de créer une sinuosité dans le lit moyen.

Sur le Drugeon amont une station a été ajoutée entre Vaux et Bonnevaux pour analyser l'évolution physique d'une situation non encore étudiée : il s'agit des **Jointes Noires**. Ce site correspond en effet à un aménagement de type "amélioration ménagée d'un secteur laissé rectiligne".

Enfin, deux stations d'étude ont été implantées sur le Drugeon entre Bonnevaux et Bouverans, au sein de la deuxième tranche des travaux (effectuée en 1998 avec des réajustements en 1999). Il s'agit des **Elayes**, situées sur une portion renaturée, et des **Chasaux**, implantée dans un secteur de jonction entre lit naturel et lit rectifié.

Sur les 7 premières stations, l'analyse des mosaïques d'habitat, et l'échantillonnage des macro-invertébrés ont été réalisés à l'étiage printanier, comme préconisé dans les protocoles correspondants. Des inventaires piscicoles ont été réalisés par pêche électrique sur 3 de ces 7 sites durant l'étiage d'automne (tab. I).

Sur les trois dernières stations, seule la description physique stationnelle a été réalisée en étiage estival. Pour les 10 stations, des observations complémentaires ont parfois été effectuées durant les périodes d'assecs affectant certains tronçons.

Les mesures et observations nécessaires à l'approche effectuée à l'échelle globale ont été réalisées, avant et après travaux, en basses eaux estivales, selon les indications du protocole standard. Toutefois, elles ont aussi été vérifiées et éventuellement complétées ou modifiées durant des épisodes de hautes eaux. En outre, les périodes d'assecs affectant certains tronçons ont été évitées, mais ce phénomène a été pris en compte au moment des interprétations.

Analyse des premiers gains biologiques

Intérêt et limite de l'étude des organismes consommateurs

Comme cette approche intervient près de trois ans après les premiers travaux, l'analyse générique des communautés macro-invertébrés benthiques puis des mécanismes de recolonisation piscicole nous a permis d'évaluer de façon synthétique les premiers effets induits par la restauration sur l'édifice biologique aquatique. L'étude simultanée des deux groupes présente plusieurs avantages décisifs. En particulier, ces organismes consommateurs agissent à des échelles spatio-temporelles emboîtées et présentent des sensibilités complémentaires.

Ainsi, les poissons réagissent-ils de façon marquée aux variations de la qualité physique à l'échelle du tronçon et de la rivière comme à celle de la station. Ils dépendent de presque tous les maillons de la chaîne trophique et le développement harmonieux des espèces électives du type écologique considéré sanctionne l'efficience de la plus grande partie des transfert trophique caractérisant l'écosystème considéré. Leur taille macroscopique rend possible la détermination fiable et robuste des biomasses en place. Cette propriété permet de réaliser un bilan quantitatif des gains biologiques.

En revanche, la durée du cycle de vie de la plupart des espèces pisciaires rend leur étude moins pertinente pour juger d'améliorations à court terme. En outre, le petit nombre d'espèces peuplant naturellement les cours d'eau français limitent l'orientation de la recherche des causes d'éventuels dysfonctionnements.

Parallèlement, la grande variété spécifique des macro-invertébrés aquatiques recouvre, elle, une large gamme d'exigences écologiques et de polluo-sensibilité. En outre, en raison de leur mode de vie benthique ces organismes constituent un bon indicateur de la qualité des substrats à une échelle tres fine. Enfin, la brièveté du cycle de développement de la majorité des taxons du macrobenthos leur permet de sanctionner des variations à court et moyen terme de la structure du milieu et donc de percevoir rapidement les premiers ajustements hydrodynamiques après travaux.

Analyse générique semi-quantitative des biocénoses benthiques

Protocole d'échantillonnage

L'étude de la recolonisation du lit restauré du Drugeon par la macrofaune benthique ne pouvait être réalisé à l'aide du seul IBGN. En effet si cet Indice Biologique Global Normalisé (norme NF.T 90.350) permet de comparer dans l'espace et dans le temps l'évolution de **l'aptitude biogène globale** à l'échelle stationnelle, son degré de précision est insuffisant pour l'analyse de l'évolution de la **qualité physique** à l'échelle habitationnelle. En particulier, le nombre de prélèvements et la finesse de la prospection spatiale des macro-invertébrés sont insuffisants, tandis que le niveau de détermination à la famille, est trop imprécis pour certains groupes.

Par conséquent, pour réaliser le suivi biologique de l'effet de travaux de réaménagement du Drugeon, une méthode expérimentale plus puissante a été employée. Cette approche a

été mis en œuvre en 1994 au laboratoire d'hydrobiologie de la Faculté des Sciences de Besançon (BACCHI 1994, PARMENTIER 1994). Elle est fondée sur une prospection beaucoup plus complète de l'espace fluvial, s'appuyant sur une description fine de l'habitat aquatique.

Modalités spatiales : nombre et répartition des prélèvements

Ce protocole d'échantillonnage balaye systématiquement les 3 composantes majeures de l'habitat aquatique : nature du substrat, vitesse de courant et hauteur d'eau (tab. II), alors que le protocole de l'IBGN ne tient pas compte du dernier descripteur. En outre, le nombre de placettes prospectées, c. à d. de prélèvements élémentaires réalisés au filet Sürber de 1/20ème de m^2, est fixé à 20, contre 8 pour l'IBGN, afin de prospecter une gamme d'habitats la plus diversifiée possible.

Codification des substrats/supports et hiérarchisation de leur attractivité

Codes	Désignation
S9	Bryophytes
S8	Spermaphytes immergés
S7	Éléments organiques grossiers (litières, branchages, racines)
S6	Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) 2,5 cm à 25 cm
S5	Granulats grossiers 0,25 cm à 2,5 cm
S4	Spermaphytes émergents
S3	Sédiments fins +- organiques "vases" <=0,1 mm
S2	Sables et limons < 0,25 cm
S1	Surfaces naturelles et artificielles (roche, dalle, sols, parois) >25 cm
S0	Algues ou à défaut marne et argile

Codification non hiérarchisée des vitesses et de hauteurs d'eau

Code	Vitesses
V1	< 5 cm/s
V2	6 à 25 cm/s
V3	26 à 75 cm/s
V4	76 à 100 cm/s
V5	> 101 cm/s

Code	Hauteurs
H1	< 5 cm
H2	6 à 25 cm
H3	26 à 50 cm
H4	51 à 100 cm
H5	> 101 cm

Tableau II : codification directive de l'espace fluviatile utilisé pour échantillonner les biocénoses benthiques du Drugeon

Ainsi, lors de l'échantillonnage, tous les couples substrat-vitesse recensés sur la station sont échantillonnés au moins une fois dans la classe de hauteur d'eau où ils sont le plus représentés. Dans le cas d'une variété de substrat-vitesse inférieure à 20, les prélèvements sont dupliqués pour les couples dominants dans des classes de hauteurs différentes.

Lors de l'échantillonnage 1999, les classes de vitesses et de hauteurs de ce protocole ont été respectées. En revanche, quelques aménagements ont été apportés concernant les classes de substrats, suivant en cela les recommandations de BACCHI (1994) qui préconisait de regrouper certains substrats et de structurer l'échantillonnage d'après la vitesse. Ces adaptations ont également permis de faire coïncider l'échantillonnage stratifié des macro-invertébrés avec la description objective des mosaïques d'habitat pratiquées parallèlement selon le protocole CSP (CSP DR 5 1997), finalisé par TELEOS.

Parallèlement, plusieurs analyses des biocénoses benthiques du Drugeon antérieures à cette étude ont été opérées en suivant le protocole IBGN. Aussi, les 8 premiers prélèvements élémentaires (sur 20), ont été effectués en suivant cette norme, afin de pouvoir calculer les indices correspondants. Puis les 12 dernières placettes ont été échantillonnées selon le protocole approfondi, pour disposer d'un jeu de données semi-quantitatives standard sur l'organisation spatiale des macro-invertébrés sur les 7 stations sélectionnées.

Modalités temporelles : conditions d'application

Afin d'évaluer le **potentiel** d'accueil de la station, les prélèvements ont été réalisés au printemps. Cette pratique minimise les pertes de taxons par émergence et limite les effets liés à d'éventuelles dégradations de la qualité de l'eau, généralement plus marqués en été. Ces conditions diffèrent de celles du protocole IBGN, qui recommandent un échantillonnage pendant l'étiage estival, justement pour mieux percevoir cette catégorie de perturbations.

Parallèlement, le débit doit être stabilisé depuis au moins 10 jours afin d'éviter les pertes ou les apports de faune par la dérive. Ces indications ont été difficilement respectées car la forte pluviosité du printemps 1999 a retardé la campagne d'échantillonnage, qui a finalement été menée du 18 au 24 juin en conditions hydrologiques stabilisées depuis peu.

Les niveaux de détermination

Les prélèvements, fixés sur le terrain à l'aide d'une solution de formol à 10 %, ont été tamisés à 500 μm, puis triés et examinés à l'aide d'une loupe binoculaire ou/et du microscope optique. Les Plécoptères, les Éphéméroptères, les Trichoptères et les Coléoptères ont été déterminés au genre, ou parfois à l'espèce lorsque la taxonomie larvaire le permettait. La limite taxonomique IBGN a été choisie pour les autres taxons.

Cette détermination au genre pour 4 ordres d'insectes, par rapport à la famille pour l'IBGN, parait le niveau minimum indispensable pour analyser les structures semi-quantitatives des biocénoses benthiques. L'identification à l'espèce serait idéale mais beaucoup plus coûteuse en ce qui concerne les investigations de terrain, puis la détermination en laboratoire.

L'exemple de la famille des *Limnephilidae* (Trichoptère) qui comptent en Franche-Comté **16 genres** et 28 espèces, regroupant des exigences écologiques différentes, est, à cet égard, démonstratif. En effet, dans ce cas, la palette de nuances constituées par les variations d'abondance de chacun des 16 genres, perçue par l'analyse semi-quantitative utilisée ici, est réduite, dans la méthode IBGN, à la présence ou à l'absence de la famille.

Calcul indiciel et analyse semi-quantitative des biocénoses

La séparation des 20 prélèvements en deux groupes comportant respectivement huit et douze placettes de $1/20^{ème}$ de m^2 permet de calculer les indices IBGN et CB2 avec le premier ensemble. Cette approche permet de comparer les données obtenues en 1999 avec les observations effectuées avant les travaux de réhabilitations, et qui ont, pour la plupart, été effectuées suivant le protocole IBGN.

La totalité des 20 prélèvements est auparavant utilisée pour approcher la structure semi-quantitive des biocénoses benthiques peu avant l'étiage estival. Cette période a été choisie en dehors des phases d'échauffement maximal, alors que la plupart des altérations éventuelles de qualité de l'eau s'expriment le plus intensément. Sur les 4 stations du Drugeon apical, cette approche permet également d'apprécier l'évolution des capacités biogènes de cette rivière depuis la fin de la première tranche des travaux, en 1997, car les analyses du macrobenthos ont été, à cette époque, effectuées suivant le même protocole.

Biocénoses benthiques du Drugeon amont

Station 1 – Gué SNCF

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Sur cette station, les 20 placettes prospectées en 1999 n'abritent qu'une faible abondance avec 3 720 individus pour une variété faunistique s'élevant à 37 taxons (tab. III). L'indice Iv du Cb2 révèle une faible variété puisqu'il ne vaut que 4.9/10 pour 8 prélèvements. L'indice In caractérise un peuplement comprenant plusieurs taxons polluo-sensibles.

Gué SNCF	18/06/99 20 placettes
Abondance	3 720
Variété	37
Variété Plécoptères	2
Variété Ephéméroptères	3
Variété Trichoptères	10
Variété Coléoptères	7
IBGN	13/20
Taxon indicateur	*Leptophlebiidae* (7)
Variété taxonomique	22
Cb2	12/20
Iv	4.9
In	7.3

Tableau III : caractérisation du peuplement benthique du Gué SNCF en 1999

Cependant, les ordres des Plécoptères et des Ephéméroptères ne sont représentés, respectivement, que par 2 et 3 genres, ce qui est très faible pour une zone à truite. En particulier, l'absence des *PERLOIDEA* est préoccupante. Parallèlement, les taxons pétricoles rhéophiles ne comptent que quelques individus (*Leuctra, Silo, Rhyacophila, Elmis, Empididae*...). En revanche, les organismes saprobiontes totalisent les 2/3 de l'abondance, avec notamment la présence d'*Asellidae*.

Comparaison avec les données antérieures

Entre 1997 et 1999

En 1997, cette station assise dans un nouveau lit depuis 2 mois montrait la présence d'un peuplement pionnier très simplifié, dominé par des taxons détritivores et saprobiontes euryèces comme les *Chironomidae, Baetis, Ephemerella, Elmis*, ...(RICHARD, 1997). Deux ans plus tard, le peuplement benthique s'est enrichi de 13 taxons tandis que

l'abondance totale, soutenue surtout par celles des groupes pionniers, a été divisée par 5. Ces 2 tendances sont caractéristiques d'un peuplement plus âgé, en cours de stabilisation.

La structure quantitative de l'échantillon le révèle également, puisque les taxons, s'inscrivant dans la classe d'abondance maximale représentaient 12 % de la densité en 97 contre 8 % en 99. En revanche, le pourcentage de taxons en classe 1, c'est-à-dire très faiblement représenté, était de 67 % contre 58 % deux ans plus tard. Le nombre encore notable de taxons à faible abondance, et en voie de développement, indiquent que le peuplement de la station est **encore en phase de recolonisation.**

Gué SNCF	**27/08/97 20 placettes**
Abondance	20 594
Variété	24
IBGN	6/20
Taxon indicateur	*Baetidae* (2)
Variété taxonomique	15
Cb2	8/20
Iv	3.3
In	4.8

Tableau IV : caractérisation du peuplement benthique du Gué SNCF en 1997

La spectaculaire réapparition des Trichoptères en est l'exemple le plus flagrant, puisque de seulement 6 individus répartis dans 4 genres en août 1997, leur nombre passe à 884 pour 10 genres. La famille des *Limnephilidae* représente à elle seule 99.2 % de l'abondance des Trichoptères, tandis que la seule espèce *Melampophylax mucor* correspond à 64 % de l'effectif numérique.

Les Coléoptères se développent aussi, et voient leur variété générique et leur abondance doubler. En particulier, on observe l'apparition de deux genres supplémentaires *d'Elmidae* et de deux genres inédits *d'Haliplidae*.

Cette **reconquête du milieu** s'accompagne d'une **timide implantation de taxons plus polluosensibles** tel que *Nemoura* et *Habrophlebia*. En revanche, les effectifs des groupes pétricoles rhéophiles stagnent à un niveau très bas. Les plécoptères *PERLOIDEA* n'apparaissent toujours pas dans les prélèvements, malgré l'augmentation sensible de la qualité de l'habitat.

Dominés en 99 par des galets (25 à 250 mm) et des graviers (2.5 à 25 mm) les substrats de cette station offrent pourtant un **potentiel habitationnel** qui va **croissant,** avec notamment une diversification nette des **vitesses** d'écoulement et des **hauteurs d'eau** (cf. § II). Parallèlement, la stabilisation du fond par l'installation du gué bétonné formant seuil a permis le développement de macrophytes et de bryophytes aquatiques. La présence de cette végétation s'avère primordiale pour la reconquête de l'édifice biologique grâce à son attractivité et à la variété qu'elle amène. En effet, l'unique prélèvement réalisé dans les mousses totalise à lui seul 22.2 % de l'abondance et abrite 40.5 % de la variété.

Ce développement de végétation aquatique fixée permet en effet l'apparition et l'augmentation de taxons qui lui sont directement inféodés, comme les Gastéropodes *Lymnaeidae, Haliplus* et *Brychius* chez les Coléoptères, parmi les *Limnephilidae* : *Limnephilus, Chaetopteryx villosa, Anabolia nervosa, Halesus*, et les Diptères *Tipulidae*. De plus, le fort colmatage algal constaté en 1997, susceptible d'entraver ou de ralentir la recolonisation, n'a pas été observé cette année, du moins au moment des prélèvements.

Entre 1993 et 1999

En 1993, la station du Martinet en amont immédiat du gué SNCF, présentait une forte dominance des taxons saprobiontes, signe de la surcharge organique issue de Vaux-et-Chantegrue. Déjà, **il manquait les groupes indicateurs supérieurs**, notamment les Plécoptères PERLOIDEA. BOUCHARD, DUMONTIER, et VIGILE (1993) attribuait cette absence à l'homogénéisation de l'écoulement dans le chenal rectifié, mais d'après les observations réalisées après la réhabilitation puis la stabilisation du secteur, il semble qu'elle doive aussi être reliée à des altérations de la qualité de l'eau.

Le Martinet	**26/07/93 8 prélèvements**
Abondance	5 020
Variété pour 8 prélèvements	26
IBGN	13/20
Taxon indicateur	*Leuctridae* (7)
Variété taxonomique	24
Cb2	13.5/20
Iv	5.3
In	8.2

Tableau V : caractérisation du peuplement benthique du Martiner, à l'amont immédiat du Gué SNCF, en 1993

Station 2 – Pré Vaillon

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Cette station est installée sur le lit originel réhabilité. Elle abrite une faible abondance (2 993 individus) et une variété moyenne avec 33 taxons.

Pré Vaillon	**24/06/99 20 placettes**
Abondance	2 993
Variété	33
Variété Plécoptères	1
Variété Ephéméroptères	4
Variété Trichoptères	10
Variété Coléoptères	4
IBGN	14/20
Taxon indicateur	*Odontoceridae* (8)
Variété taxonomique	24
Cb2	12.5/20
Iv	5.3
In	7.3

Tableau VI : caractérisation du peuplement benthique du Pré Vaillon en 1999

Si l'IBGN indique une assez bonne qualité **globale** (14/20), la faible abondance du taxon indicateur, les *Odontoceridae*, qui ne compte que 3 représentant, relativise la valeur de cette

note. En effet, le second taxon sur l'échelle de sensibilité est la famille des *Limnephilidae*. En l'absence des 3 individus du groupe précédent, l'indice chuterait donc à 9/20. Le Cb2 rend mieux compte de cette situation puisqu'il ne vaut que 12.5/20.

Avec seulement un *Leuctra*, les Plécoptères sont quasiment absents. Les Ephéméroptères et les Coléoptères ne sont représentés que par 4 genres chacun, tandis que les Trichoptères en totalisent 10. Un **faible nombre** des taxons **pétricoles et rhéophiles** caractérise cette station méandriforme n'ayant pas encore trouvé son équilibre morphodynamique. L'instabilité du lit encore en cours de réajustement pourrait ne pas favoriser le développement de tels taxons mais ne suffit certes pas à l'expliquer.

Comparaison avec les données antérieures

Entre 1997 et 1999

Deux mois après l'installation dans son ancien lit, cette station avait un peuplement dominé par les organismes saprobiontes euryèces *Baetis, Ephemerella, Elmis, Chironomidae*, ... (RICHARD, 1997). La variété faunistique atteignant seulement 36 taxons, l'édifice biologique était moyennement diversifié avec la présence de filtreurs (*Hydropsyche*), de racleurs de substrats (*Glossosoma*), de broyeurs (*Limnephilidae*) et de nombreux groupe de prédateurs peu abondants*(Perla marginata, Rhyacophila, Dyticidae, Tabanidae...*).

Pré Vaillon	**27/08/97 20 placettes**
Abondance	28 672
Variété	36
IBGN	13/20
Taxon indicateur	*Leuctridae* (7)
Variété taxonomique	23
Cb2	12/20
Iv	5.0
In	7.0

Tableau VII : caractérisation du peuplement benthique du Pré Vaillon en 1997

Le pourcentage en densité des prédateurs est multiplié par 20 en deux ans et passe de 0.2 % à plus de 4 % de la biocénose. Le classement par abondance montre une distribution similaire pour les deux années, avec une réelle prédominance du nombre de taxons ayant peu de représentants (classe 1 = 58 % en 97 et 63 % en 99).

L'abondance relative de la macrofaune benthique au sein des 2 prélèvements de Bryophytes n'a pas évolué depuis 1997 (17 % et 18 %). La variété relative associée à ce substrat, qui passe de 67 % en 1997 à 42 % en 1999, montre, dans les deux cas, la forte attractivité de ce substrat mais indique une meilleure répartition spatiale qualitative en 1999.

Globalement, la comparaison de la variété des deux échantillons montre une diminution de 3 taxons en deux ans. Ces différentes tendances caractérisent une première étape de colonisation très rapide suivie d'une phase de stabilisation apparente à un pallier d'abondance et de variété de niveau moyen à médiocre.

La bonne valeur initiale de la variété faunistique atteinte peu après les travaux pourrait être due au retour rapide de la faune 2 mois après les travaux sur un lit originel, court-circuité par la rectification mais encore visible et souvent en eau. Le chenal réhabilité possédait donc déjà un potentiel habitationnel appréciable dès sa remise en eau tandis que la zone inondable et les petits systèmes latéraux, semi-fonctionnels, abritaient sans doute une réserve de nombreux taxons colonisateurs.

Entre 1998 et 1999, les taxons rhéophiles pétricoles comme *Perla marginata, Hydropsyche, Anthomyidae*, disparaissent tandis que *Leuctra, Elmis,* et les *Simulidae* régressent. Ces tendances pourraient être dues à l'instabilité du lit. La diminution corrélative des substrats des fonds déposés semble surtout expliquer la régression de la macrofaune qui leur est associée, et qui comprend de nombreux Diptères *Tipulidae, Limonidae, Ceratopogonidae, Psychodidae.*

Les crues hivernales et printanières du début de l'année 1999, qui se sont surajoutées à cet état morphodynamique, n'ont certainement pas favorisé, durant cette période, le développement ou l'installation de ces taxons inféodés aux fonds très stables. En effet, les prélèvements effectués en octobre 98, dans de meilleures conditions hydrologiques, par les stagiaires du CSP ont permis de récolter 33 *Leuctridae* pour 8 placettes, contre 6 seulement pour 20 placettes en 1999.

Toutefois, la faible abondance ou l'absence des groupes polluo-sensibles s'explique sans doute d'avantage par des **altérations plus ou moins insidieuses de la qualité de l'eau**. Quelle qu'en soit la raison, cette station, située dans une portion où le Drugeon réemprunte désormais son lit originel désengraissé, et pour laquelle la **première phase de recolonisation** a été **très rapide**, semble maintenant abriter un édifice biologique **tardant à atteindre un niveau optimal.**

Station 3 – L'Isle Pernet

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Cette station, localisée avant travaux dans une portion du lit originel toujours en eau et qui a été reconnectée sans être dégraissée, possède **l'abondance et la variété les plus fortes** des 4 stations de suivi ; avec 5 266 individus, et 40 taxons, soit 69 % de la variété relative calculée pour l'ensemble des 4 stations du Drugeon apical.

L'Isle Pernet	24/06/99 20 placettes
Abondance	5 266
Variété	40
Variété Plécoptères	1
Variété Ephéméroptères	6
Variété Trichoptères	12
Variété Coléoptères	5
IBGN	14/20
Taxon indicateur	*Goeridae* (7)
Variété taxonomique	28
Cb2	13.5/20
Iv	6.2
In	7.5

Tableau VIII : caractérisation du peuplement benthique de l'Isle Perrnet en 1999

Cette situation se traduit, pour le sous-échantillon constitué des 8 placettes prélevées selon la norme IBGN, par un indice Iv de 6.2, supérieur aux autres stations, bien que sa valeur reste moyenne et qu'il manque plusieurs taxons typiques des zones à truite supérieure. En particulier l'ordre des Plécoptères n'est représenté que par les seuls Leuctra.

La variété des Ephémères domine celle des autres stations et se caractérise par l'abondance des larves *d'Ephemera* ainsi que par la présence d'un *Ecdyonurus*, seul

représentant des *Hepatgeneidae* en 1999. Les 12 genres de Trichoptères se démarquent aussi, avec la présence exclusive d'un *Sericostoma* et *d'Hydropsyche siltalai.*

La timide apparition, de ces différents groupes, ainsi que la bonne représentation des coléoptères du genre *Oulimnius,* annonce l'installation du cortège des rhéophiles associés aux galets et aux Bryophytes. La recolonisation de ces taxons pourrait donc être favorisée par le non-recreusement du lit remis en eau.

Comparaison avec les données antérieures

Entre 1997 et 1999

Il y a deux ans, RICHARD (1998) indiquait que cette station, dominée par un peuplement d'organismes euryèces à cycle de vie court, retrouvait une certaine dynamique favorisant l'installation progressive d'un édifice biologique plus complexe. Pourtant, en deux ans l'abondance et la variété sont restées stables.

L'Isle Pernet	27/08/97 20 placettes
Abondance	5 023
Variété	41
IBGN	13/20
Taxon indicateur	*Leuctridae* (7)
Variété taxonomique	24
Cb2	12/20
Iv	5.3
In	6.9

Tableau IX : caractérisation du peuplement benthique de l'Isle Pernet en 1997

Néanmoins, l'analyse détaillée de la structure du peuplement observé en 1999 révèle **l'apparition** d'*Ephemera danica*, des *Tabanidae*, de *Sericostoma* et la **progression** *des Simulidae,* d'*Elmis,* de *Rhyacophila,* des *Limoniidae.* Le développement de ces taxons pourrait être relié à la stabilité des substrats, et à l'installation modérée de dépôt de fines.

Parallèlement, des taxons comme *Leuctra, Ecdyonurus, Hydraena* et *Empididae* sont en régression par rapport à 1997. De plus, des taxons inféodés aux systèmes lentiques (*Beraeodes, Beraeodina, Gyraulus* et *Bathiomphlus*) et qui se maintenaient 2 mois après la remise en connexion du lit, ont aujourd'hui apparemment disparu.

Toutefois, la plupart de ces groupes sont associés à un cycle de vie très court ou/et possèdent des larves jeunes de très petites tailles : leur absence de l'échantillon pourrait donc traduire un effet saisonnier. La réalité de ces différences saisonnières a d'ailleurs été observée de façon rigoureuse en 1995 (PARMENTIER 1995).

Entre 1995 et 1999

L'Isle Pernet n'a pas encore tout à fait récupéré son potentiel biologique d'avant les travaux. En effet, cette station possédait tout un réseau de systèmes annexes en eau toute l'année et épisodiquement (moins de 8 mois par an pour la majorité), qui constituait une zone refuge pour la macrofaune benthique du fait de leur variété hydraulique et habitationnelle (GLAIZAL, SAGET, BOUISSET, 1995).

En ne retenant que les 20 prélèvements effectués lors de la 1e campagne, qui correspond à la même période que celle de 1999, l'abondance observée en 1997 est 10 fois supérieure, mais la variété générique reste au même niveau. En fait, les compositions taxonomiques relatives des 2 échantillons sont très similaires, presque tous les taxons de

1995 se retrouvant en 1999 avec de plus faibles densités. Cette tendance s'explique soit par la lenteur de la recolonisation, soit par l'effet cumulé des crues du printemps 99.

L'Isle Pernet	1° campagne : 27/06/95 20 placettes	2° campagne : 31/07/95 20 placettes
Abondance	48 118	110 838
Variété	40	53
IBGN	14/20	17/20
Taxon indicateur	*Leuctridae* (7)	*Leuctridae* (7)
Variété taxonomique	25	37
Cb2	14/20	16.5/20
Iv	5.5	8.2
In	8.3	8.5

Tableau X : caractérisation du peuplement benthique de l'Isle Pernet en 1995

Station 4 – Le Pont SNCF

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Située en secteur lentique stricte, cette station apparentée à une mouille comptabilise **les plus faibles abondance et variété des stations du suivi.** La faible hétérogénéité des habitats de cette station se traduit par la faible valeur de l'indice Iv qui ne s'élève qu'à 4.7/10. Les 6 prélèvements réalisés dans les Spermaphytes immergés et les éléments organiques grossiers comptent 75 % de la variété.

Pont Sncf	24/06/99 20 placettes
Abondance	2 988
Variété	31
Variété Plécoptères	0
Variété Ephéméroptères	5
Variété Trichoptères	10
Variété Coléoptères	4
IBGN	12/20
Taxon indicateur	*Ephemeridae* (6)
Variété taxonomique	21
Cb2	12/20
Iv	4.7
In	7.3

Tableau XI : caractérisation du peuplement benthique du Pont SNCFen 1999

Avec 10 genres dénombrés, les Trichoptères représentent plus de 10 % de l'abondance faunistique, alors que les Ephéméroptères et les Coléoptères ne comptent, respectivement, que 5 et 4 genres, d'ailleurs peu abondant. Les Plécoptères sont totalement absents de cette liste, sans doute en raison de leur affinité pour les faciès lotiques, qui font défaut. Observons toutefois que les altérations de la qualité de l'eau sont toujours plus sensibles dans les zones de dépôts.

En revanche, les taxons limnophiles sont eux bien représentés. La proportion de prédateurs (6.7 %) est la plus forte des 4 stations et comprend essentiellement les Achètes : *Erpobdella, Glossiphonia* et *Helobdella*. Les Oligochètes et les *Chironomidae* totalisent plus de 70 % de l'abondance.

Comparaison avec les données antérieures

Entre 1997 et 1999

Deux mois après les travaux, cette station du Pont SNCF en se transformant en mouille voyait la mise en place d'une macrofaune benthique à tendance limnophile toujours dominée par les taxons pionniers : à cycle de développement court et euryèce (RICHARD, 1997). Deux ans plus tard, **la tendance à voir s'installer les taxons limnophiles s'amplifie et ce au détriment des rhéophiles**, puisque 10 de ces taxons *disparaissent (Ecdyonurus, Leuctra, Nemoura, Odontocerum* ...).

Pont Sncf	**27/08/97 20 placettes**
Abondance	30 091
Variété	41
IBGN	14 /20
Taxon indicateur	*Leuctridae* (7)
Variété taxonomique	28
Cb2	14/20
Iv	6.2
In	8

Tableau XII : caractérisation du peuplement benthique du Pont SNCFen 1997

Corrélativement, la composition en substrats a évolué avec la disparition des Bryophytes et l'apparition des granulométries fines. Les taxons liés à ces sédiments fins sont donc en nette progression : *Ephemera danica* (de 4 à 32 individus), *Pisidium.*

La distribution relative par classes d'abondance montre qu'en 1999, 50 % des taxons appartiennent à la classe 1 des faibles densités et correspondent principalement à l'implantation des limnophiles. En 1997, les 58 % de taxons minoritaires étaient des rhéophiles en régression.

Entre 1994 et 1999

La station Saint Cyr se situant 500 m environ à l'aval du Pont SNCF peut permettre d'établir une comparaison à titre indicatif entre 1999 et une situation avant travaux. En 1994, l'étude réalisée par PARMENTIER (1994) montrait que le macrofaune benthique de ce site était dominé par les taxons euryèces et détritivores mais que les bonnes potentialités habitationnelles permettaient le développement larvaire de plusieurs groupes polluosensibles : *Chloroperla, Isoperla, Capnia, Leuctra, Silo, Habrophlebia, Paraleptophlebia.*

La comparaison avec le tunnel SNCF, constituée essentiellement d'une grande mouille avec le site de Saint-Cyr à dominante lotique apparaît toutefois sujette à caution. Pour mieux prendre en compte l'évolution de la qualité de l'eau, il paraît en revanche intéressant de confronter la vision obtenue en 1994 sur une station dominée par les faciès de courants rapides avec elles obtenue en 1998 sur le même type de station.

Saint Cyr	15/05/94 20 placettes
Abondance	10 523
Variété	51
IBGN	16 /20
Taxon indicateur	*Chloroperlidae* (9)
Variété taxonomique	28
Cb2	16/20
Iv	6.2
In	9.5

Tableau XIII : caractérisation du peuplement benthique de Saint Cyr, en aval du Pont SNCFen 1994

L'échantillonnage du macrobenthos réalisé par les stagiaires du CSP aux Jointes Noires peut ainsi constituer un témoin hors travaux, bien qu'il ne soit basé que sur les 8 prélèvements du protocole IBGN. Sur le secteur considéré, cet indice s'élève à 16/20 et ne varie pas avant et après travaux. Toutefois, les groupes les plus polluosensibles ont disparu (*Chloroperlidae, Perlodidae, Capniidae*). Cette tendance incline à penser qu'en quatre ans, **la qualité de l'eau s'est sensiblement détériorée** sur le Drugeon apical.

Les Jointes Noires	13/10/98 8 prélèvements
Abondance	1 032
Variété	30
IBGN	16 /20
Taxon indicateur	*Odontoceridae* (8)
Variété taxonomique	30
Cb2	14.5
Iv	6.6
In	7.9

Tableau XIV : caractérisation du peuplement benthique des Jointes Noires, en aval du Pont SNCF et de Sain -Cyr, en 1998

Biocénoses benthiques du Bief Belin

Station B1 – Les Gouttes d'Or

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Cette station sur le Bief Belin est située en aval de la Départementale 481 et de la confluence avec l'affluent "référence " en rive droite, les Grandes Rayes. Sur ce secteur, le lit rectifié a été stabilisé par l'implantation de seuils de fond, protégés par des enrochements.

Avec 21 884 individus pour 51 taxons recensés, ce site **offre l'abondance et la variété la plus riche des sept stations étudiées en 1999**. On y retrouve 80 % des taxons rencontrés sur l'ensemble Bief Belin + Drugeon apical.

Les Gouttes d'Or	18/06/99 20 placettes
Abondance	21 884
Variété	51
Variété Plécoptères	5
Variété Ephéméroptères	5
Variété Trichoptères	9
Variété Coléoptères	12
IBGN	16/20
Taxon indicateur	*Leuctridae* (7)
Variété taxonomique	33
Cb2	15/20
Iv	7.3
In	7.5

Tableau XV : caractérisation du peuplement benthique des Gouttes d'Or en 1999

Toutefois, plus de 65 % de la variété faunistique de cette station est abritée par les bryophytes, prospectés 2 fois, alors que ce substrat est nettement minoritaire. Il est d'ailleurs absent des 2 autres stations du Bief Belin. Le nombre de taxons observé dans les galets, substrat majoritaire, est inférieur d'un tiers à la variété enregistrée dans les mousses.

Les 8 premiers prélèvements, dévolus à l'IBGN, contiennent 33 familles (sur les 37 présentent dans les 20 échantillons) et indique la famille des *Leuctridae* comme taxon indicateur. La note résultante n'est que de 16/20.

Parallèlement l'espèce *Chloroperla torrentium* n'est représentée que par 3 individus capturés dans 3 prélèvements (galets et graviers, dans le courant et à hauteur d'eau variable). De même, seuls 6 *Perlodes jurassicus* ont-ils été échantillonnés dans 4 prélèvements réalisés dans des galets baignés d'un courant sensible. Ces taxons n'ont pas été retenus comme indicateurs pour l'IBGN puisqu'ils ont été capturés en nombre insuffisant dans les 8 prélèvements élémentaires dévolus à cette méthode.

Avec 194 individus, les 3 autres genre de Plécoptères, *Leuctra, Amphinemura* et *Nemoura*, sont relativement bien représentés. Néanmoins, ces taxons sont moins sensibles vis-à-vis de la qualité de l'eau.

Les Ephéméroptères totalisent pour leur part 5 genres. Les espèces *Rhithrogena iridina*, et *Centroptilum luteolum* ainsi que le genre *Habrophlebia* regroupant *H. lauta* et *H. fusca* sont particulièrement abondants. La présence de *Habrophlebia lauta*, inféodée aux biotopes interstitiels indiquerait la stabilité du lit et l'absence de colmatage (REDING, 1999).

Environ 80 % des Trichoptères appartiennent à la famille des *Limnephilidae* qui compte ici 6 genres. Au sein de cette famille aux exigences écologiques contrastées, *Chaetopteryx villosa*, domine largement les 5 autres genres avec 73 % de l'abondance. De plus, il faut noter la présence de 12 genres de Coléoptères qui sont tous, sauf *Elmis*, faiblement représentés. La famille des Chironomidae représente à elle seule 76 % de l'abondance !

La structure en classes d'abondance montre que 29 taxons, soit 57 %, possèdent une faible abondance (classe 1), que toute perturbation peut décimer. Si le milieu semble stable, le sévère assec de cet été sur l'ensemble de la station a pu anéantir cette biocénose pourtant riche et abondante.

Comparaison avec les données antérieures

Entre 1994 et 1999

La situation avant travaux, a été caractérisée par PARMENTIER en 1994. À cette époque, l'abondance mais surtout la variété faunistique étaient inférieures à celles qui sont observées en 1999. Avec seulement 39 taxons, soit 11 de moins qu'en 1999, ce nombre révélait l'homogénéité de l'habitat. En effet, une faible lame d'eau associée à des substrats minéraux de grande taille dominait ce radier, avec absence de végétation aquatique.

Gouttes d'Or	**11/05/94 20 placettes**
Abondance	7 336
Variété	39
IBGN	15/20
Taxon indicateur	*Chloroperlidae* (9)
Variété taxonomique	21
Cb2	13.5/20
Iv	4.6
In	9.0

Tableau XVI : caractérisation du peuplement benthique des Gouttes d'Or en 1994

Toutefois, les taxons indicateurs polluo-sensibles étaient bien présents et même beaucoup plus abondants. Ainsi, les genres *Isoperla* et surtout *Chloroperla*, qui comptait 220 individus en 1994, ont fortement régressé.

Les aménagements effectués sur ce secteur ont donc augmenté **la diversité locale de l'habitat de la macrofaune benthique.** Toutefois, l'option de réhabilitation choisie **n'a pas permis d'enrayer l'assèchement estival** et pourrait même l'avoir amplifié (cf. § III). En outre, **la qualité de l'eau pourrait s'être sensiblement dégradée depuis 1995.**

Les Grandes Rayes	**10/05/94 20 placettes**	**13/10/98 8 placettes**
Abondance	15 979	3 288
Variété	38	-
IBGN	13/20	11/20
Taxon indicateur	*Goeridae* (7)	*Goeridae* (7)
Variété taxonomique	21	16
Cb2	11.5/20	11.5/20
Iv	4.6	3.5
In	7	7.9

Tableau XVII : caractérisation du peuplement benthique des Grandes Rayes en 1994 et en 1998

La confrontation des échantillons de macrobenthos prélevés avant et après travaux sur les Grandes Rayes, affluent rive droite du Bief Belin, permet d'apprécier l'évolution de la qualité de l'eau sur un cours d'eau non redressé ni réaménagé. Sur ce ruisseau, une station témoin a été étudiée en 1994 par PARMENTIER et en 1998 par les stagiaires du CSP. Malheureusement, ces derniers n'ont réalisé que les 8 prélèvements de l'IBGN, avec une détermination à la famille. Surtout leur échantillonnage a été effectué à une période hydrologique différente, ce qui compromet la validité de la comparaison.

Si l'on s'en tient aux valeurs de l'IBGN et du Cb2, on constate que le premier de ces 2 indices est en diminution. Bien que le taxon indicateur n'ait pas changé (*Goeridae*), la variété perd 5 familles. Cette perte touche essentiellement l'ordre des Ephéméroptères, puisque aucune larve de cet ordre n'a pu être capturée. Chez les Trichoptères, si la riche famille des *Limnephilidae* est affectée par cette érosion de la macrofaune, une nouvelle famille indicatrice, les *Beraeidae*, fait son apparition avec 2 individus. En revanche les Plécoptères ne semblent pas trop affectés puisque les *Nemouridae* sont encore abondants.

En 1994, 17 taxons (soit 12 familles) n'étaient présents qu'avec moins de 5 individus dans les 20 prélèvements, ce qui confirme la fragilité de ces têtes de bassin. En fait, ce petit affluent à l'habitat hétérogène mais sévèrement rectifié sur sa portion aval connaît des assèchements de plus en plus accentués. En outre il est victime d'un pompage qui sert à alimenter les fontaines de Vaux et Chantegrue.

Station 2 – Les Arbey

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Cette station des Arbey, située 300 m en aval des Gouttes d'Or, a bénéficié d'un aménagement axé sur le reprofilage des berges, très érodées auparavant, et sur l'accentuation du reméandrement par la mise en place de fascines, complété par la création d'un seuil de 30 cm de hauteur. L'abondance faunistique (13 807) diminue par rapport à la station en amont, mais la variété reste du même niveau avec 49 taxons (tab. XIX). Dans l'ensemble, le peuplement est à la fois mieux réparti et plus équilibré. Ce secteur, contrairement au précédent, conserve, durant les périodes d'assec, quelques fosses toujours en eau qui servent de refuge à la faune.

Les Arbey	**23/06/99 20 placettes**
Abondance	13 820
Variété	49
Variété Plécoptères	6
Variété Ephéméroptères	6
Variété Trichoptères	9
Variété Coléoptères	10
IBGN	15/20
Taxon indicateur	*Perlodidae* (9)
Variété taxonomique	24
Cb2	13.5/20
Iv	5.3
In	8.2

Tableau XVIII : caractérisation du peuplement benthique des Arbey en 1999

En l'absence de Bryophytes sur la station, ce sont les Hydrophytes immergés qui apparaissent comme le substrat le plus attractif (31 % de l'abondance et 43 % de la variété, pour les 2 prélèvements). Les éléments organiques grossiers, très minoritaires, totalisent 30 % de la variété générique, mais moins de 2 % de l'abondance.

La différence de densité faunistique entre les deux stations s'explique par la diminution du nombre de *Chironomidae* (environ 9 000), famille très hétérogène dont il est difficile d'expliquer les fluctuations sans affiner le niveau de détermination. Si aucun *Chloroperla torrentis*, très polluo-sensible, n'a pu être échantillonné, les 20 prélèvements ont tout de

même permis de capturer 7 *Perlodidae*, dont 4 *Isoperla* (*rivulorum* ?) et 3 *Perlodes jurassicus*, tous deux très sensibles également.

La présence dans les 8 prélèvements de 3 *Perlodidae* donne une note IBGN de 15/20, en raison d'une variété assez faible de 24 familles. En l'absence d'un seul de ces 3 individus, ce sont les *Leptophlebiidae* qui auraient été retenus comme groupe indicateur. Comme cette famille n'appartient qu'au 7e rang de polluo-sensibilité croissante, la note aurait chuté à 13/20. Cette qualité plus faible est mieux perçue par le Cb2 qui vaut 13.5/20.

Par rapport à la station amont, on note la présence supplémentaire de quelques individus d'*Ecdyonurus*, genre pétricole rhéophile appartenant à l'ordre des Ephéméroptères. Les Trichoptères voient la substitution de *Silo nigricornis*, espèce racleuse de substrat assez sensible à la qualité de l'eau, par *Anabolia nervosa*, *Limnephilidae* ubiquiste. Parallèlement, les Coléoptères broyeurs *Normandia*, *Riolus* et *Helodes* sont remplacés par *Ilybius* et *Dyticidae*, qui sont des genres prédateurs.

Comparaison avec les données antérieures

Entre 1994 et 1999

En 1994, PARMENTIER dénombrait 5 000 individus et 5 genres de moins qu'actuellement (tab. XIX). En revanche, il inventoriait plusieurs taxons polluosensibles associés à de fortes abondances : 275 *Chloroperla*, 30 *Isoperla* et 15 *Capnia*. La présence d'une famille supplémentaire portait à 16/20 la note IBGN. La valeur du Cb2 s'élevant à 15/20 sanctionnait la présence de plusieurs familles très polluo-sensibles.

Les Arbey	**11/05/94 20 placettes**
Abondance	8 657
Variété	44
IBGN	16/20
Taxon indicateur	*Chloroperlidae* (9)
Variété taxonomique	25
Cb2	15/20
Iv	5.5
In	9.5

Tableau XIX : caractérisation du peuplement benthique des Arbey en 1994

Les Arbey possédait, en 1994, un substrat minéral dominé par un mélange de graviers et de galets (2.5 à 100 mm) mêlés de quelques touffes de Bryophytes. Cette homogénéité des fonds, associée à de faibles vitesses d'écoulement et de hauteurs d'eau sur la majorité de la station en étiage, est certainement la cause de cette moindre richesse générique initiale. Il faut noter que le protocole IBGN et ses 8 prélèvements fournissent quasiment la même variété familiale. Ce manque de sensibilité de l'indice normalisé aux variations de la qualité des mosaïques d'habitat illustre bien les limites de cette méthode pour apprécier l'impact des modifications, d'habitat sur la faune.

Comme pour les Plécoptères, la richesse taxonomique et l'abondance des Ephéméroptères étaient supérieures en 1994. En particulier, la famille des *Leptophlebiidae* comptait deux genres en plus des *Habrophlebia* : *Leptophlebia* et *Paraleptophlebia*. En revanche on peut observer en 1999 l'apparition de quelques individus *d'Ecdyonurus* (groupe *torrentis-macani*), taxon pétricole rhéophile absent en 1994. Chez les Trichoptères, la station des Arbey ne voit pas de disparition, mais seulement le remplacement de *Potamophylax* par *Anabolia nervosa*, espèce euryèce.

Sur cette station, les travaux de réaménagement se sont traduits **par une augmentation de l'hétérogénéité et de l'attractivité locale** des mosaïques de substrats/supports, de vitesses et de profondeur. Les Bryophytes n'ont pas encore réapparu, mais le pouvoir de rétention d'eau en étiage semble plus important. La station n'a sans doute pas encore tout à fait atteint sa capacité biogène optimale. Toutefois l'absence ou la régression de quelques taxons très polluo-sensibles qui la caractérisaient auparavant fait suspecter une altération insidieuse de la qualité de l'eau.

Station 3 – La Scierie de la Chausenotte

Analyse biocénotique des prélèvements 99

Cette station se situe dans le secteur aval du Bief Belin, après la Départementale 49, au niveau de la scierie. Les travaux ont consisté, dans cette zone à plus faible pente, en la mise en place de fascines alternées, afin de créer une sinuosité dans le lit moyen.

La Scierie	23/06/99 20 placettes
Abondance	15 365
Variété	39
Variété Plécoptères	1
Variété Ephéméroptères	5
Variété Trichoptères	9
Variété Coléoptères	11
IBGN	12/20
Taxon indicateur	*Heptageneidae* (5)
Variété taxonomique	25
Cb2	12.5/20
Iv	5.5
In	6.8

Tableau XX : caractérisation du peuplement benthique au droit de la scierie de Vaux en 1999

Toutefois le rayon et l'amplitude des méandres recréés sont nettement insuffisants. Par conséquent, la diversification physique induite par ces aménagements s'avère très limitée, et les mosaïques d'habitats restent dominées par des faibles vitesses et des petites profondeurs. En outre, l'érosion de l'intrados des "pseudo-méandres" montre l'inefficacité des protections de berges par les fascines, puisque celles-ci sont contournées par le cours d'eau qui les isole à plusieurs centimètres du bord (photo).

Corrélativement, **la variété taxonomique** de ce site ne s'élève qu'à 39 taxons, soit **une dizaine de moins** que pour les 2 autres stations du Bief Belin (tab. XX). Cette faible valeur sanctionne l'uniformité habitationnelle de la zone considérée. En revanche, l'abondance faunistique est du même ordre que pour la partie amont puisque 15 377 individus ont été échantillonnés sur ce secteur, baignés par une eau stagnante quand la portion apicale est à sec. En l'absence du substrat le plus attractif pour le macrobenthos, les Bryophytes, la faune se concentre dans les Spermaphytes immergés, qui recueillent 20 % de l'abondance, et dans les éléments racinaires de la ripisylve qui abritent 67 % des taxons.

Comme l'indiquent l'IBGN de 12/20 et le Cb2 de 12.5/20, la qualité hydrobiologique globale de ce site est nettement inférieure à celle des stations amont. Le taxon indicateur retenu pour les 8 prélèvements est la famille des *Heptageneidae*, représentée ici par les genres *Ecdyonurus* et *Rhithrogena*, mais qui compte seulement 4 larves.

En plus de la simplicité de l'habitat aquatique, une dégradation de la qualité de l'eau pourrait expliquer cette diminution des capacités biogènes globales. En effet, les taxons saprobiontes représentent environ 90 % de la densité totale sur la station tandis que plusieurs groupes sensibles ont disparu ou régressé par rapport à la partie amont : la combinaison de ces 2 tendances témoignent généralement de la présence d'une contamination organique, non exclusive d'une éventuelle pollution toxique.

En particulier, la présence des Plécoptères au droit de la scierie se résume à 3 individus du genre *Leuctra*, alors que plus de 200 individus appartenant à 6 genres différents ont été dénombrés à la même époque sur la station des Arbey, en amont immédiat. *Centroptilum luteolum* et *Plectrocnemia* sont les seules disparitions qui affectent les Ephéméroptères et les Trichoptères. Ces 2 genres connaissaient déjà une régression sur le site des Arbey par rapport à la station des Gouttes d'Or.

Parallèlement, 4 taxons prédateurs à tendance rhéophile, capturés sur les 2 stations amont, n'ont pas été retrouvés sur le site de la scierie : il s'agit des *Tabanidae*, et des *Anthomyidae*, ainsi que de *Polycelis*, et de *Sialis*. Or ces organismes sont associés à une polluo-sensibilité modérée. Leur disparition traduit donc, soit une altération sérieuse de leurs conditions de vie larvaire, soit un déficit de leurs proies. La deuxième hypothèse est particulièrement vraisemblable pour *Polycelis* puisque ces planaires sont des prédateurs suceurs de *Gammaridae*, qui sont justement en forte régression.

En effet, la densité de ces crustacés est, sur la station de la scierie, 20 fois plus petite que celle qui est observée en 1999 sur les Gouttes d'Or, elle même équivalente à celle qui a été enregistrée en 1998 sur les Grandes Rayes (ann. 1). Sur le site des Arbey, à l'amont immédiat de la Scierie, l'abondance des *Gammaridae* mesurée en 1999 est plus réduite. La faiblesse de cet effectif s'explique par l'extension limitée de la végétation aquatique immergée, dont les *Gammaridae* se nourrissent préférentiellement, et qui ne recouvre que 3% de la surface de ce site. Cet argument ne s'applique pas à la station de la scierie sur laquelle la représentativité des herbiers d'hydrophytes dépasse 12 % (ann. 2).

Une forte diminution des Amphipodes avait d'ailleurs déjà été observée en 1993 entre 2 stations situées sur le Drugeon, respectivement en amont et directement en aval de la confluence avec le Bief Belin (fig. 1). La chute de la densité des *Gammaridae* pourrait donc être reliée à une **contamination toxique** due aux jus de stockage des billes ou/et à des déversements directs ou indirects de produits de traitement du bois, issus de la scierie. Les crustacés sont en effet très sensibles à ce type de composés toxiques. La réalité de ce flux polluant est également dénoncée par la présence d'une teinte rouge qui marque les substrats minéraux, les fourreaux de Trichoptères et même une partie des larves !

En résumé, le **potentiel biologique** de la partie aval du Bief Belin est **fortement grevé**, à la fois par l'uniformité de l'habitat aquatique insuffisamment diversifié par les travaux de réhabilitation et par des dégradations insidieuses de la qualité de l'eau. Cette deuxième catégorie d'altération provient probablement à la fois d'une charge organique et d'une contamination toxique. La scierie n'est en effet pas la seule source polluante qui apparaît entre les 2 stations aval étudiées sur le Bief Belin, puisqu'un établissement de stabulation est également présent sur le bassin versant.

Bilan sur les biocénoses benthiques du Drugeon et du Bief Belin

Les macro-invertébrés du Bief Belin

Les 3 stations ont en commun 30 taxons sur les 64 identifiés (ann. 1). En revanche, 18 des 19 taxons présents sur une seule d'entre-elles ne sont que très faiblement représentés (cote 1/5). Cette particularité structurale peut s'interpréter, pour certains groupes, comme un potentiel de colonisation, car ils n'ont pas pu être échantillonnés avant les travaux : ils sont susceptibles de prospérer si le Bief Belin retrouve tout son potentiel.

Tableau XXI : différences entre les communautés benthiques du Bief Belin de 1994 et de 1999

	Bief Belin 1994 (3 stations)	*Bief Belin 1999 (3 stations)*
Plécoptères	**Capnia** **Nemurella** **Leptophlebia** **Paraleptophlebia** Chloroperla Leuctra Amphinemura Nemoura Protonemura	**Perlodes**
Trichoptères	**Polycentropus** **Sericostoma** Silo Drusus Rhyacophila Plectrocnemia	**Anabolia** Chaetopteryx
Ephéméroptère	Baetis	**Ecdyonurus** **Rhithrogena** Habrophlebia
Hétéroptères	**Velia**	**Aphelocheirus** **Corixia**
Coléoptères	**Dryops** **Agabus** **Ochtebius** **Coelostoma**	**Helichius** **Curculuionidae** **Copelatus** **Ilybius** **Potamonectes** **Normandia** **Riolus** **Haliplus** **Laccobius** Elmis Esolus Oulimnius
Diptères	**DIXIDAE**	**EMPIDIDAE** LIMONIIDAE TABANIDAE TIPULIDAE
Mégaloptères		**Sialis**
Crustacés		**ASELLIDAE**
Mollusques		Lymnaea Pisidium
Achètes		**Erpobdella** **Glossiphonia** **Helobdella**
Triclades	**Dugesia**	**Polycelis**

en gras : uniquement présent dans la série

souligné : beaucoup plus abondant dans la série

En revanche, d'autres taxons ultra-minoritaires mais pourtant électifs du type écologique originel sont en régression sur le Bief Belin par rapport à 1994 (PARMENTIER 1994) ou disparu depuis les années 70 (VERNEAUX, 1973). En particulier, le genre *Chloroperla*, plécoptère polluo-sensible exigeant, n'a plus été capturé que sur la seule station amont en 1999 alors qu'il était abondant sur le cours d'eau en 1994.

Parallèlement, la confrontation des résultats de l'étude spécifique des Plécoptères, Éphéméroptères et Trichoptères réalisée à la source du Bief Belin, à plus de 1 500 m du secteur, entre 1969 et 1972 par VERNEAUX (1973) puis en 1998 par MILLET (1998) révèlent d'importantes modifications écologiques. En effet, ces investigations montrent qu'en 25 ans la structure typologique a opéré un glissement **du peuplement typique des crénons des zones de tourbière** que décrit VERNEAUX (1973) **vers celui d'un rhithron en cours de banalisation** (tab. XXI). Ce processus traduit l'apparition d'espèces à *preferendum* plus basal qui paraissent remplacer des espèces à *preferendum* apical encours de disparition.

Ces constatations inclinent à réfléchir sur le cycle de l'eau au niveau des sources ainsi que sur les épandages agricoles et sur les pratiques sylvicoles en tête de bassin. Les pressions anthropiques locales sont en effet *a priori* susceptibles d'effets beaucoup plus accentués que la pollution atmosphérique ou le réchauffement climatique. Ces phénomènes peuvent toutefois être également évoqués pour expliquer ce syndrome de "vieillissement" des têtes de réseau hydrographique.

Dans le cas du Bief Belin, plusieurs caractéristiques de l'évolution récente des biocénoses benthiques montre que la qualité de l'eau se dégrade depuis quelques années. Trois sources de pollution peuvent être incriminées et doivent être évaluées pour être mieux jugulées. Pour l'ensemble du ruisseau, les épandages sur les terrains proche du cours d'eau semblent avoir augmenté. La partie la plus aval, juste avant la confluence, est contaminée par des effluents plus ou moins diffus provenant de la scierie de la Chausenotte. la portion intermédiaire du ruisseau collecte les rejets agricoles issus de la stabulation du bétail,

En ce qui concerne la qualité physique, les aménagements réalisés sur les stations des Gouttes d'or et surtout des Arbeys ont permis d'augmenter **l'hétérogénéité locale** (cf. § II). Ces améliorations ponctuelles se sont traduites, à l'échelle des macro-invertébrés, par une augmentation du nombre de taxons qui ont pu être prélevés avant l'étiage estival. Cette tendance s'explique sans doute essentiellement par une meilleure faculté de rétention des larves dérivant depuis les Grandes Rayes ou le Bief Belin apical.

Toutefois la multiplication des petits seuils **n'a pas suffi pour enrayer ni même pour atténuer l'étendue ni la duré de l'assèchement du Bief Belin**. En outre, on peut se demander si la **qualité physique à l'échelle globale** a été foncièrement restaurée par l'option d'aménagement qui a été choisie (cf. § II et III).

Les macro-invertébrés du Drugeon Apical

En 1999, 58 taxons ont été dénombrés, sur les 4 stations du Drugeon apical, étudié suivant la méthode expérimentale d'étude semi-quantitative proposée par BACCHI et par PARMENTIER en 1994, et finalisée par nos soins. Parmi ces taxons, 19 sont communs à l'ensemble des stations, et 19 autres, dont 16 sont très peu abondants (cote 1/5), n'ont été prélevés que sur 1 des 4 sites (fig. 2).

Par rapport à la situation observée en 1997, juste après travaux, on observe essentiellement une **diminution d'abondance des taxons pionniers**, qui proliféraient à la remise en eau du cours originel du Drugeon (fig. 3). Parallèlement, l'ensemble des stations **gagne quelques points de variété** entre 1997 et 1999. Cette tendance recouvre un bilan légèrement positif entre apparition et disparition, compatible avec une hypothèse d'une **pseudo-stabilisation à un niveau encore médiocre de capacité biogène**.

Figure 2 : structure semi-quantitative des échantillons de Macro-Invertébrés prélevés en 1999 sur le Bief Belin et le Drugeon à l'aide d'une méthode standard à 20 placettes de 1/20e de m²

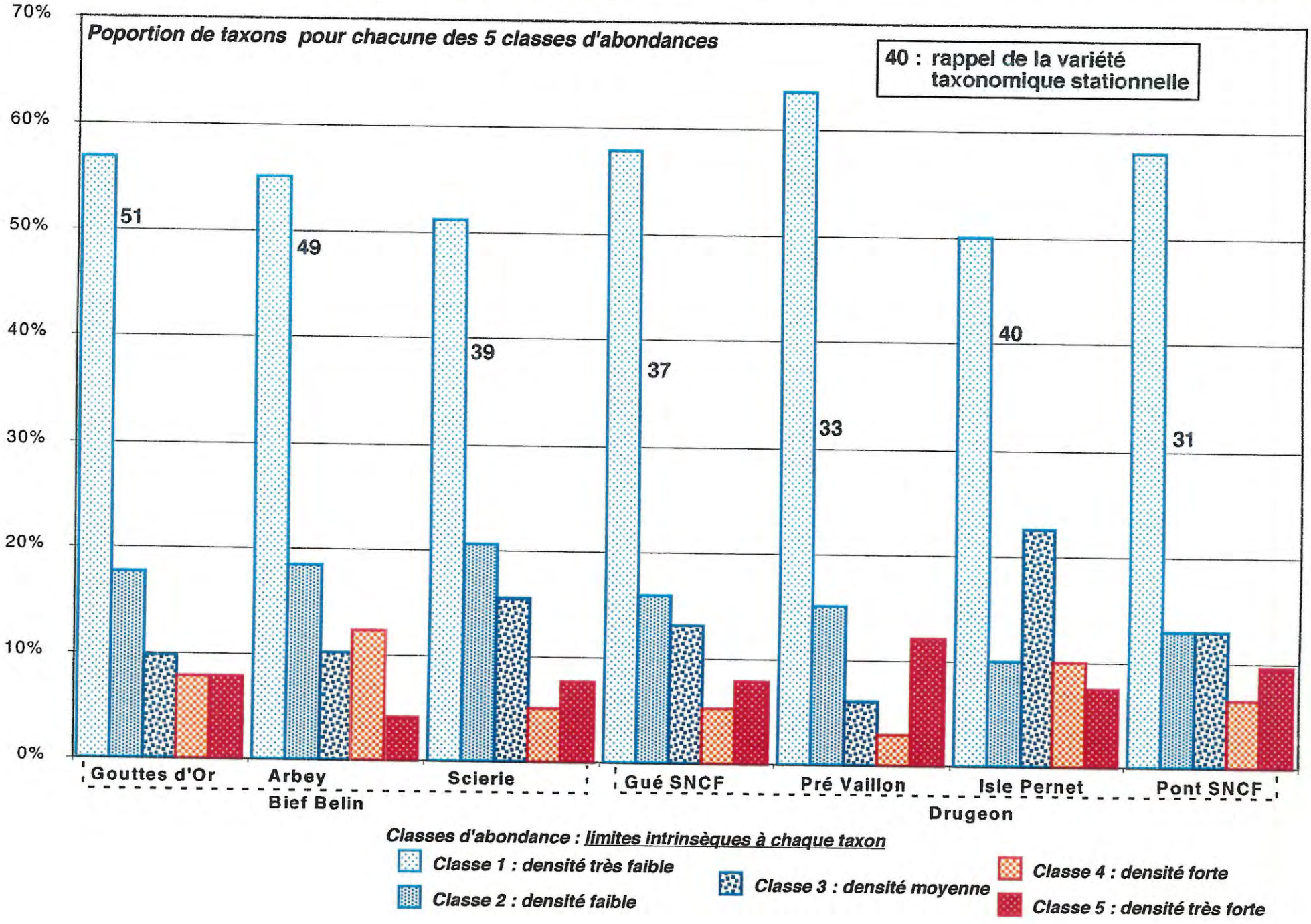
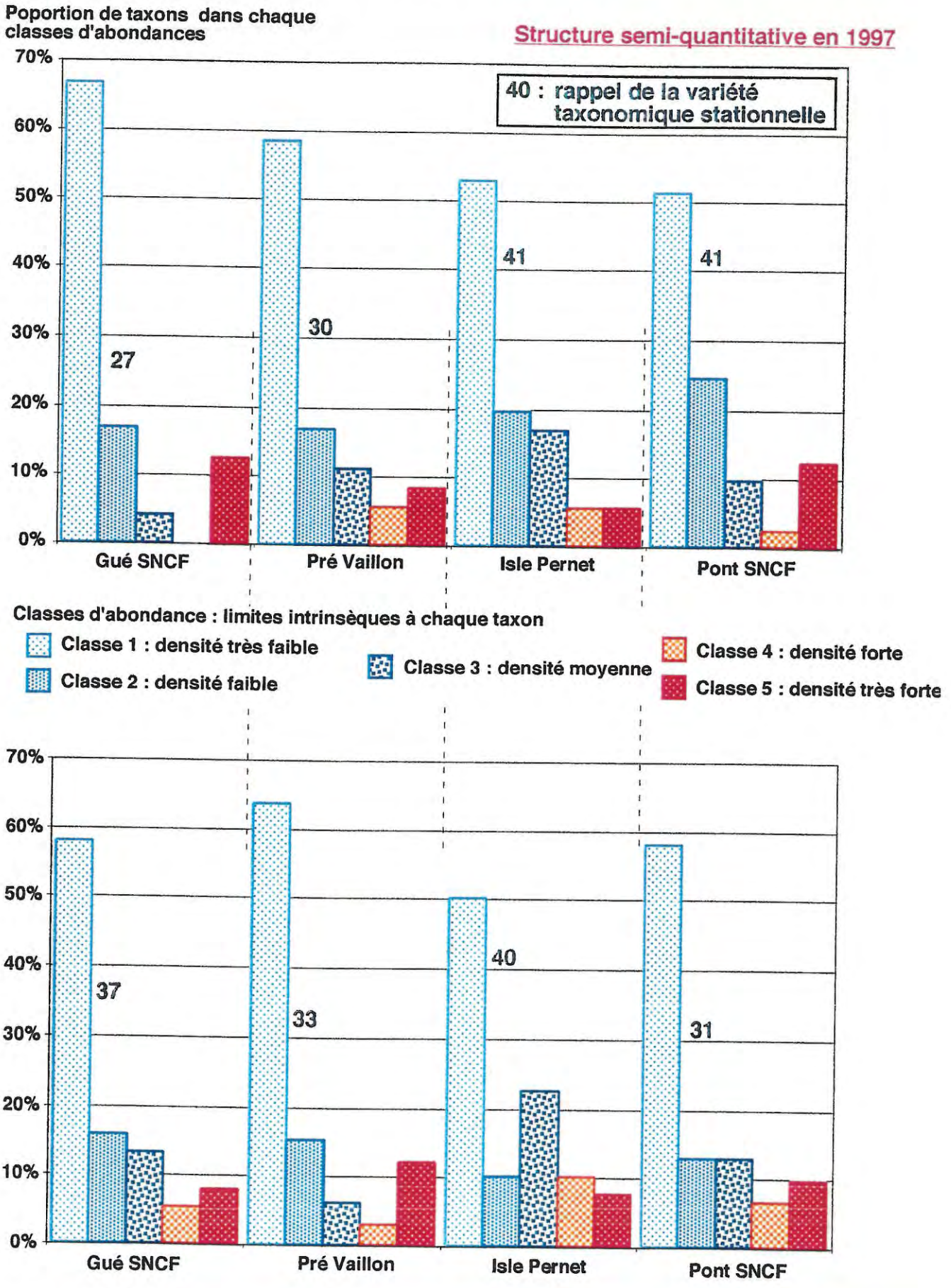


Figure 3 : comparaison de la structure semi-quantitative des échantillons de Macro-Invertébrés prélevés en 1997 et en 1999 sur le Drugeon apical à l'aide de la méthode standard à 20 placettes



Sur le plan des progressions, la représentativité et l'abondance des Trichoptères augmentent fortement. Ce groupe présente une forte affinité pour les mosaïques d'habitat et en particulier pour les fonds de gravier du Drugeon, qui peut être qualifiée de "rivière à Trichoptère". En particulier, l'espèce *Melampophylax mucoreus* prolifère toutes les stations d'étude. Cette espèce, déjà présente dans les années 70, (VERNEAUX 1973) est ici au centre de sa répartition typologique. En outre, sa larve coléophore à fourreau minéral a sans doute profité de l'afflux des matériaux minéraux de petites taille pour se développer.

Si 18 genres étaient présents dans les années 1970 (VERNEAUX 1973) sur les stations entre Vaux-et-Chantegrue et les Jointes Noires, nous en avons dénombré 14 dont 9 sont communs avec la série précédente. 9 autres genres, représenté par autant d'espèces, capturés avant 1973 mais pas en 1997 ni en 1999 sont associés à un *preferendum* typologique apical (B1 à B3) à l'instar de *Rhadicoleptus spinifer, Wormaldia occipitalis, Adicella filicornis*,... Corrélativement 4 des 5 genres qui apparaissent dans l'échantillon de 1997-1999, présentent des affinités typologiques plus basales, comme *Chaetopteryx villosa* (B4), *Metalype* (*fragilis*) (B6) ...

Ce glissement typologique vers l'aval, également observé sur le Bief Belin, était déjà été signalé sur le Drugeon en 1994 par PARMENTIER : les travaux de renaturation n'ont pour l'instant pas enrayé ce processus. **Ce syndrome de vieillissement** a été observé dans d'autres rivière du massif jurassien, notamment la Loue (DÉCOURCIERE et MARTIN, 1998), l'Ain (PAUL et PARUSSATI 1993) et le Lison (DENISET et PICHOT, 1999) mais aussi pour des systèmes d'eau courante d'autre régions (VINçON 1987, REDDING 1998). Ce phénomène pourrait s'expliquer par une diminution des débits d'étiage combinée avec une augmentation du métabolisme thermique

Parallèlement, **la régression** de la plupart des taxons appartenant au groupe des **rhéophiles pétricoles**, traduit peut-être l'instabilité actuelle du lit reméandré, encore en cours de réajustement. Toutefois, ces groupes sont aussi les plus **polluo-sensibles**.

Leur diminution doit donc plutôt être rapprochée de la **persistance des rejets domestiques** à forte charge organique de Vaux-et-Chantegrue ainsi que de la présence d'une grosse **scierie** juste à l'amont du secteur reméandré. Cette dernière observation est à rapprocher de la **forte chute du nombre de *Gammaridae*** observée en 1999 (60 individus dénombrés sur les 4 stations !), En effet ces organismes, qui s'alimentent de cellulose, sont particulièrement sensibles au produit de traitement du bois.

Sur le plan habitationnel, on observe que les différentes modalités mises en œuvre pour la décorrection semblent déterminer des vitesses et des qualités de recolonisation contrastées. La remise en eau **sans aucun recreusement** des anciens méandres (Isle Pernet) produit les **meilleurs résultats** pour les macro-invertébrés. La recréation de toutes pièces d'un lit méandriforme peut s'avérer fertile pour la macrofaune, à conditions de retrouver un profil hydrodynamique d'équilibre, ce qui n'a été réalisé qu'en deux ou trois temps dans le cas du Gué SNCF.

La colonisation des fonds semble plus longue lorsque le lit originel a été recreusé, peut être un peu trop profondément, comme dans le cas du Pré Vaillon. Le simple rehaussement de la ligne d'eau sans engraissement du fond opéré au niveau du Tunnel Sncf constitue la moins bonne solution.

Bilan sur les biocénoses benthiques

Avec 64 taxons dénombrés sur le Bief Belin et 58 sur le Drugeon, l'ensemble des 7 stations étudiées totalise en 76 dont 45 en commun (fig. 4). Par conséquent, il y a 60 % de taxons communs aux deux systèmes. Sur la plupart des stations étudiées, les couples abondance/variété ont retrouvé un niveau similaire ou ont atteint un niveau à peine supérieur par rapport à la situation avant travaux (tab. XXII). Sur les deux cours d'eau, on observe **une régression généralisée des plécoptères setipalpes** (PERLOIDEA).

Tableau XXII : évolution de la variété et de labondance des biocénosse benthiques échantillonnées avant et après réhabilitation

BIEF BELIN

	Gouttes d'OR				Les Arbey				Scierie Chausenotte			
	20 plac.		8 plac.		20 plac.		8 plac.		20 plac.		8 plac.	
	Var	Ab.	Var	TI	Var	Ab.	Var	TI	Var	Ab.	Var	TI
>1997	39	7 335	21	9	44	8657	25	9	-	-	-	-
1999	51	21 884	33	7	49	13 807	24	7	39	15 377	25	3
Bilan97/99	++	++			+	+						

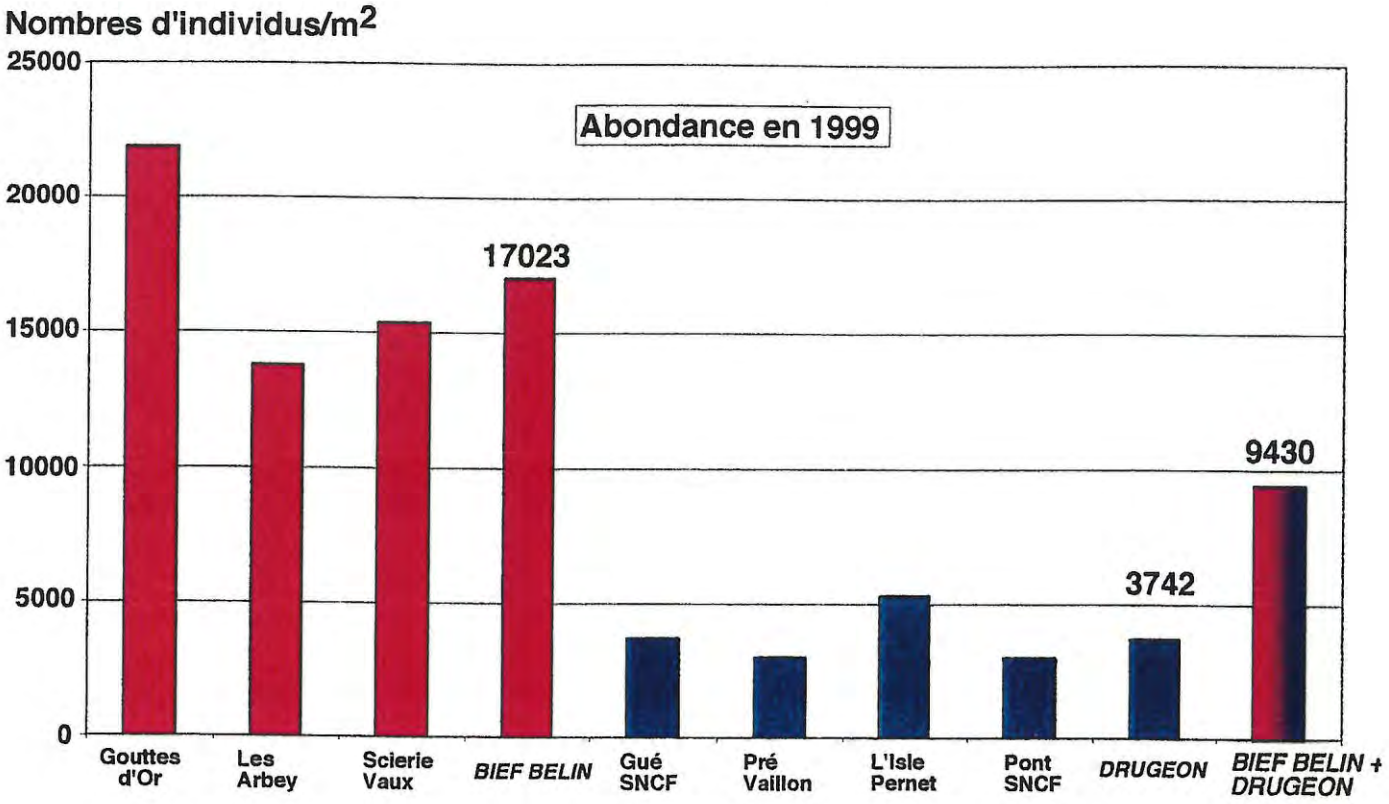
DRUGEON

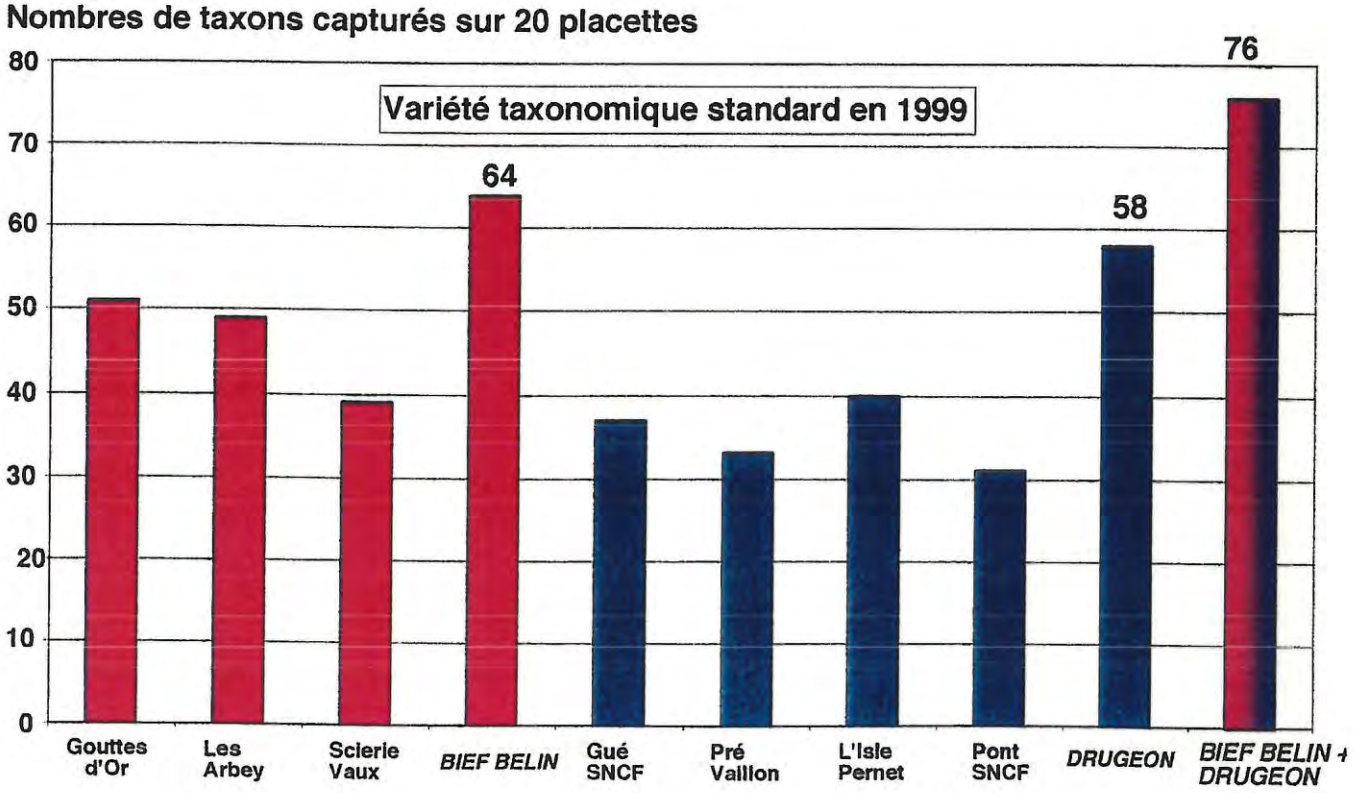
	Gué SNCF				Pré Vaillon				Isle Pernet				Pont Sncf			
	20 plac.		8 plac.		20 plac.		8 plac.		20 plac.		8 plac.		20 plac.		8 plac.	
	Var	Ab.	Var	TI	Var	Ab.	Var	TI	Var	Ab.	Var	TI	Var	Ab.	Var	TI
>1997			26	7					40	48 118	25	7	51	10 523	30	8
1997	27	20594	22	2	30	28672	23	7	41	5023	24	7	41	30 091	28	7
1999	37	3720	24	7	33	2993	24	"8"	40	5266	28	7	31	2988	21	6
Bilan97/99	++	- -			+	- -			#	#			- -	- -		

Tendances évolutives entre 97 et 99 : + = augmentation ; ++ = augmentation nette ; - = diminution ; - - = diminution nette ; # stabilité

Var : variété ; Ab. : abondance ; TI : taxon indicateur ; plac. : nombre de prélèvement

Figure 4 : variété et abondance des échantillons de Macro-Invertébrés prélevés en 1999 sur le Bief Belin et le Drugeon à l'aide d'une méthode standard à 20 placettes de 1/20e de m^2 ; les limites taxonomiques, normalisées, sont génériques pour 4 ordres d'insecte et sont calquées sur celles de l'IBGN pour les autres groupes





Sur le Bief Belin et plus encore sur Drugeon apical, **la recolonisation de l'édifice biologique benthique semble donc lente et difficile**, même si elle est encore en cours de progression. Pourtant la renaturation du Ruisseau des Vurpillères, petit système d'eau courante en milieux tourbeux, a montré un rajeunissement et une recolonisation biologique très rapide (TISSOT et DEGIORGI, 1998, REDDING 1999).

Trois hypothèses, pas forcément exclusives, peuvent être évoquées pour expliquer la lenteur de la restauration des édifices macro-benthiques :

1° Plusieurs signes indiquent, pour les deux cours d'eau, des **altérations** plus ou moins insidieuses **de la qualité de l'eau** ; les pollutions incriminées sont à la fois organiques (effluents domestiques et/ou agricoles) et toxiques (rejets ± diffus de scierie)

2° Sur le plan physique, **le réajustement morphologique du lit** pourrait ne pas encore être terminé, en particulier pour le Drugeon ; ce processus actif nuirait temporairement au développement harmonieux de certains taxons, en particulier pétricoles.

Parallèlement, malgré la courte durée du cycle vital de la majorité des invertébrés aquatiques, **certains groupes pourraient n'avoir pas eu le temps** de coloniser ce nouveau milieu, notamment les **Plécoptères à cycle triennal**.

3° Enfin, **certaines modalités d'intervention pourraient n'avoir pas eu un effet optimal**, en particulier au niveau de l'échelle globale de la gestion des débits d'étiage.

La validation de chacune de ces 3 causes probables et la hiérarchisation de leur importance relative nécessitent l'étude des mosaïques d'habitat à l'échelle stationnelle afin de vérifier si les exigences habitationnelle des différents groupe est satisfaite. Toutefois, préalablement, l'étude des poissons va nous permettre de préciser ou d'infléchir ce bilan des gains biologiques induit par la renaturation, en prenant en compte une échelle plus globale.

Les poissons du Drugeon renaturé, peu après les travaux

Le groupe des poissons intègre des variations spatio-temporelles à une échelle plus globale que les macro-invertébrés. Comme la plupart des espèces pisciaires ont un cycle de vie qui dépasse trois ans (âge de leur maturité), aucun bilan quantitatif n'avait été prévu dans les premières années après travaux.

Toutefois, à l'occasion de stages réalisés pour le CSP, des pêches d'inventaires ont été réalisées en Octobre 1998 sur les sites du Pré Vaillon et de l'Isle Pernet, ainsi qu'en Octobre 1999 sur les mêmes stations. À l'occasion de cette campagne, un échantillonnage a été aussi effectué sur le nouveau cours du ruisseau de la Combe Levier.

Ces mesures précoces permettent de caractériser les mécanismes de recolonisation associés aux différentes espèces. Parallèlement, elles fournissent une première indication quantitative sur le niveau de productivité du Drugeon renaturé.

Mécanismes de recolonisation dès la première année

Une première pêche électrique à 2 passages à donc été réalisée 16 mois après les travaux de réhabilitation sur les stations du Pré Vaillon et de l'Isle Pernet (tab. XXIII). Rappelons que ces 2 sites correspondent à une décorrection avec reprise des méandres originels, respectivement avec ou sans recreusement ménagé du lit originel. Après travaux, la rivière était donc, à ces endroits, vierge de poisson : la recolonisation s'est opérée **spontanément**, sans alevinage, à partir des secteurs resté en eau en amont et en aval.

Station	Esp	DnuB nb/10a	DpdB kg/ha	DnuCalc nb/10a	Int 5% ±	DpdCalc g/ha	ClaNu /5	Clapd /5
Pré V.	LOF	136	2,76	494	508	11,025	3	3
	TRF	191	39,762	257	59	47,546	4	2
	VAI	450	9,446	450	0	9,446	3	3
Isle P.	LOF	88	4,288	93	11	4,439	1	2
	TRF	310	88,02	353	44	94,931	4	3
	VAI	275	7,339	330	59	8,792	2	3

nu : numérique **B : brut** **D : densité**
pd : pondéral **Calc : estimé** **cla : classe d'abondance**

int 5% : intervalle de confiance à 5% de risque

Tableau XXIII : résultats des pêches électriques à deux passages effectuées en 1998

Sur ces stations, la population de vairons comporte déjà 2 classes d'age. Comme les vairons de l'année sont de trop petite taille pour être tous capturés, l'échantillon est dominé par les individus de deux étés (fig. 5). Par conséquent, la fraie de cette espèce, qui se reproduit par fraction d'avril à juin, s'est déroulée quelques semaines à peine après la fin des travaux. Ce phénomène s'explique par les exigences de ces poissons pionniers qui affectionnent les graviers en courant moyen pour déposer leurs œufs. Les alevins semblent avoir profité de la diversification des mosaïques de courant car le recrutement en juvéniles de plus d'un an est associé à un taux de réussite élevé : une densité numérique très forte est capturée sur les 2 stations.

Figure 5 : structure taille/nombre des échantillons de truites capturées en 2 passages, sur le PréVaillon et l'isles Pernet, 6 mois et 16 mois après la remise en eau du lit originel

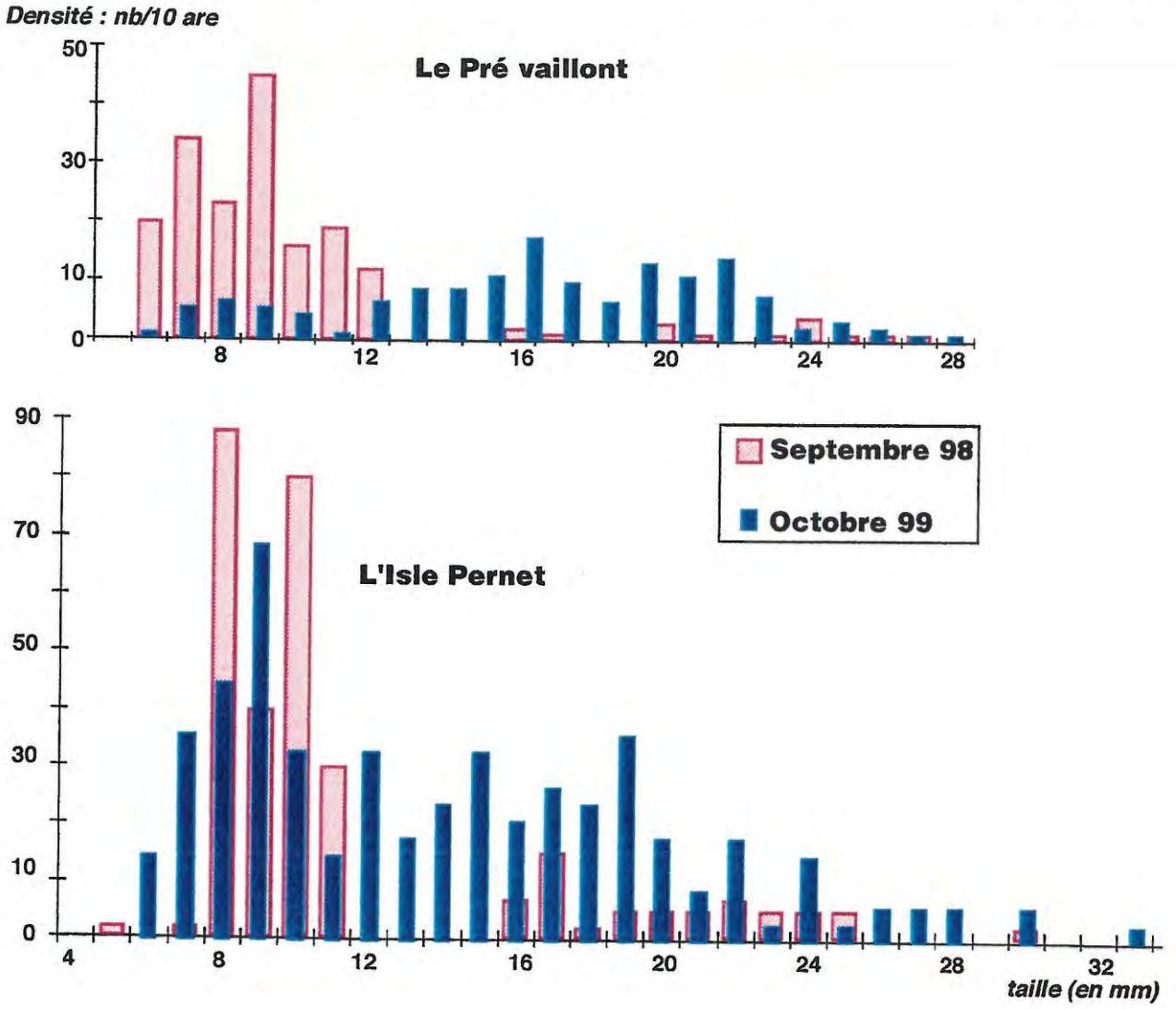
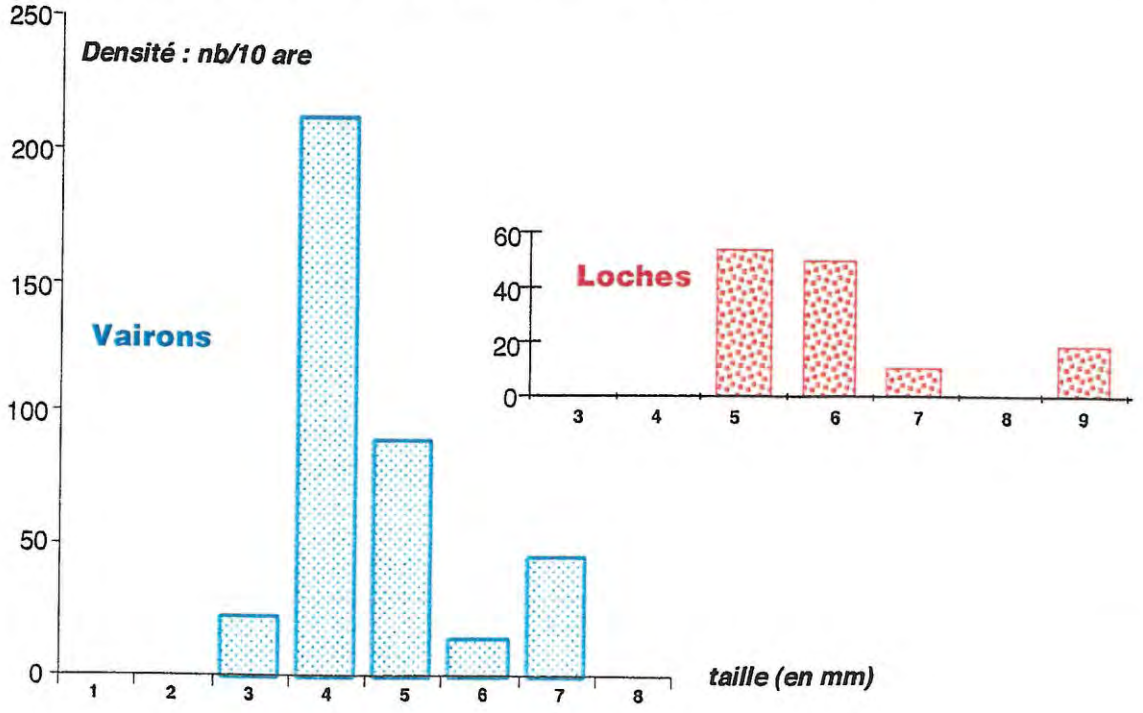


Figure 6 : structure taille/nombre des échantillons de vairons et de loches capturés en 2 passages, sur le PréVaillon, en septembre 1998.



En revanche, les loches et les truites n'ont pu se reproduire qu'une fois : la structure de leurs populations respectives est dominée par une seule classe d'âge (fig. 5 et 6). En effet, la loche se reproduit entre avril et mai : l'année 1997 est restée stérile pour cette espèce. En contrepartie, l'échantillon de 1998 comporte une multitude de lochettes de moins d'un an, difficilement capturables.

La truite s'est reproduite dès la première saison de fraie, après les travaux (décembre 1997 à janvier 1998). Le recrutement en alevins de l'année est d'une densité exceptionnelle, étant donné le faible nombre de géniteurs laissés sur le secteur lors des pêches de sauvetage avant travaux (fig. 6). La taille des truitelles (entre 7 et 9 cm en Octobre) et l'allure de leur robe sont caractéristiques de la fraie des truites sauvages, sans aucun alevinage. La densité des truites est encore nettement plus importante sur la station de l'Isle Pernet où, rappelons le, le lit originel n'a pas été reconnecté.

Niveau de production atteint 28 mois après travaux

La deuxième série de pêche a été réalisée sur les 2 mêmes stations du Drugeon ainsi que sur la Combe Levier en octobre 1999, soit 28 mois après la fin des travaux (tab. XXIV). Le recrutement de l'année a été selon les stations, moyen à excellent pour les trois espèces et se traduit par une **croissance notoire des biomasses globales** (fig. 7).

Station	Esp	DnuB nb/10a	DpdB kg/ha	DnuCalc nb/10a	Int 5% ±	DpdCalc g/ha	ClaNu /5	Clapd /5
Pré V.	LOF	258	9,1	311	65	11,0	2	2
	TRF	136	83,4	140	2	86,4	3	3
	VAI	1866	22,4	1928	35	24,2	5	4
Combe L.	TRF	425	139	480	12	144	5	4
	VAI	161	3,1	324	214	6,3	2	2
Isle P.	LOF	744	20,4	2328	744	29,2	5	3
	TRF	527	260,4	576	8	265,6	5	5
	VAI	637	16,5	1126	435	24,1	3	4

nu : numérique **B : brut** **D : densité**
pd : pondéral **Calc : estimé** **cla : classe d'abondance**

int 5% : intervalle de confiance à 5% de risque

Tableau XXIV : résultats des pêches électriques à deux passages effectuées en 1999.

Les vairons ont **reconstitué des populations multicohortes**. Ils ont nettement colonisé la Combe Levier ou leur densité est optimale, compte tenu du type écologique apical de ce cours d'eau. La quantité qui a pu être capturée sur le Pré Vaillon est impressionnante. La morphologie de cette station leur convient parfaitement. Elle est nettement moins importante sur le site de l'Isle Pernet, même si elle a presque triplé depuis l'année précédente et s'approche du niveau normal pour une zone à truite en bon état.

La densité de loches capturées sur ce site est encore plus proche de l'optimale alors que leur abondance reste **très modérée sur le Pré Vaillon**, même si plusieurs classes d'age ont pu être capturées. Cette tendance préoccupante ne peut être reliée à un manque d'habitats favorables puisque les galets et les hydrophytes affectionnés par cette espèce représentent plus du tiers de la surface de la station.

La **proximité de la scierie du Martinet** constitue une explication plus plausible de ce déficit. En effet, la loche, qui présente des affinités pour les surcharges organiques et qui

n'est guère gênée par les excès de nutriments provoquant des proliférations algales est en revanche très sensible à la présence de toxiques et en particuliers des micropolluants organiques utilisés pour le traitement du bois. Cette hypothèse, déjà évoquée au cours de l'étude de 1994 pour expliquer la faiblesse des densités de loches capturées à proximité de la scierie incriminée alors que leur abondance augmente fortement lorsque l'on s'éloigne du site du Martinet.

Par rapport à 1998, la **biomasse de truite a doublé sur le site du Pré Vaillon**. Pourtant, le recrutement en truites juvéniles de l'année a été nettement moins bon (fig. 6). Ce phénomène est difficile à expliquer car la structure taille/fréquence de la population montre une forte densité de truite de deux étés, prometteuse pour l'avenir. **Sur l'Isle Pernet, la biomasse salmonicole a presque triplé**. La fraie 1999/2000 semble, sur cette station, avoir aussi bien fonctionné que celle de l'année précédente, tandis que le taux de recrutement en truite de deux étés est encore plus fort que pour le Pré Vaillon. Sur la Combe Levier, le relèvement du niveau à permis, deux ans seulement après la fin des travaux, de multiplier la biomasse de truite par deux par rapport à l'état initial (fig. 7).

Bilan sur les premières phases de la recolonisation piscicole

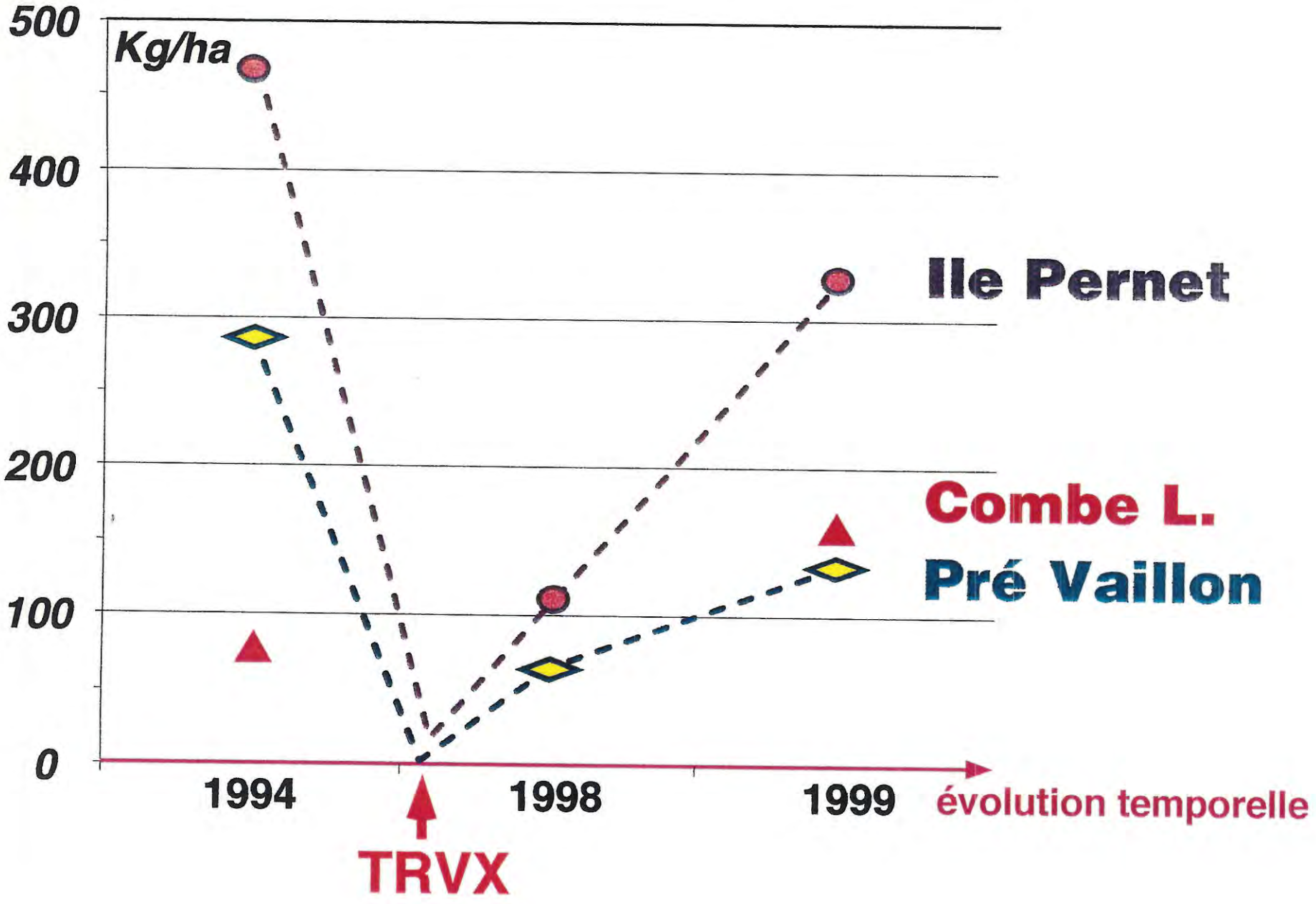
Ces premières investigations montrent que **la recolonisation piscicole, encore en cours, est en très bonne voie sur le Drugeon apical**. Les densités des trois espèces élective d'un B3/B4, se sont presque reconstituées en l'espace de deux saisons et tendent progressivement vers leur valeur optimales. Dans le cas de la Combe Levier, le relèvement du niveau de la nappe et la diversification corrélative des hauteurs d'eau ont permis d'atteindre, moins de 3 ans après les travaux, des **abondances optimales pour les 2 espèces constitutives du peuplement type d'un B2**.

Cette **restauration des potentiels piscicoles** est toutefois **beaucoup plus rapide** dans le cas de l'Isle Pernet, qui correspond à une remise en eau sans recreusement du lit originel, que dans le cas du Pré Vaillon où l'ancien lit a été recreusé et qui **est en cours de rééquilibrage morphodynamique**. Parallèlement, la lenteur de reconstitution de la population de loche de cette station fait suspecter une **contamination par des rejets plus ou moins diffus de produits toxiques** émanant de la scierie du Martinet. Cette pollution insidieuse, combinée avec d'importants colmatages algaux, pourrait aussi expliquer la faiblesse de la densité de truitelles de l'année mesurées en 1999 sur ce site.

Malgré ces quelques bémols, force est de constater que les biomasses piscicoles globales mesurées sur le Drugeon apical sont en train de rattraper leur niveau antérieur, moins de trois ans après les travaux de restauration. Pourtant, avant cette renaturation, cette portion du Drugeon s'était **reconstitué spontanément un lit plus diversifié**, même si la connectivité restait faible. (CSP DR 5 1994). Par conséquent, cette partie non représentative abritait déjà de **fortes densités de truites (jusqu'à 350 kg/ha)**.

Ces **fortes valeurs sont déjà presque égalées**, et pourront sans doute être dépassées par endroits. D'ailleurs, le **stock** piscicole global entre Vaux et **Bonnevaux est déjà plus important qu'avant la réhabilitation** puisque la longueur du linéaire du Drugeon a été multipliée par 1,6 grâce à la reconnexion des méandres originels (cf. fig. 1).

Figure 7 : évolution de la biomasse de poisson du Drugeon apical et d'un de ses affluents, La Combe Levier, depuis leur réhabilitation



Analyse standard des mosaïques d'habitat

Intérêt, cadre et méthode

Les différentes observations formulées à propos des gains biologique montrent que les premières phases de la reconstitution des stocks de poissons se déroulent correctement mais que **la colonisation des fonds apparaît lente et difficile à l'échelle des macro-invertébrés**. Pour déterminer la cause de ce décalage et démêler la responsabilité relative d'éventuelles altérations de la qualité de l'eau et des processus de diversification et de stabilisation des fonds, il paraissait judicieux de mesurer les gains de qualité physique induit aux deux échelles emboîtées qui ont été considérées.

Dans cette optique, il a d'abord été procédé à une **mesure** de la qualité et de la vitesse de **recomposition des mosaïques d'habitat** des 10 stations sélectionnées pour jalonner le linéaire restauré toute en balayant différents types d'interventions (tab. I et fig. 1). La méthode utilisée est fondée sur **une analyse cartographique standard** des mosaïques de substrats/supports, de hauteurs d'eau et de vitesses de courant. Mise au point par le CSP-DR 5 (1993–1997), puis finalisée par TÉLÉOS (1999), cette approche fournit des images comparables de l'hétérogénéité et de l'attractivité biogène d'un cours d'eau à l'échelle de la station.

À qualité d'eau et niveau trophique égaux, les potentialités piscicoles d'un site d'eau courante sont en effet déterminées par la diversité et la qualité des combinaisons de hauteurs d'eau, de vitesses de courant et de substrats/supports. La démarche diagnostique utilisée consiste donc à réaliser une cartographie codifiée de chacune de ces composantes de la qualité physique, puis de considérer leur combinaison. Les compositions respectives des différentes mosaïques, considérées une par une puis superposées, peuvent ainsi être appréciées et confrontées d'une station à l'autre.

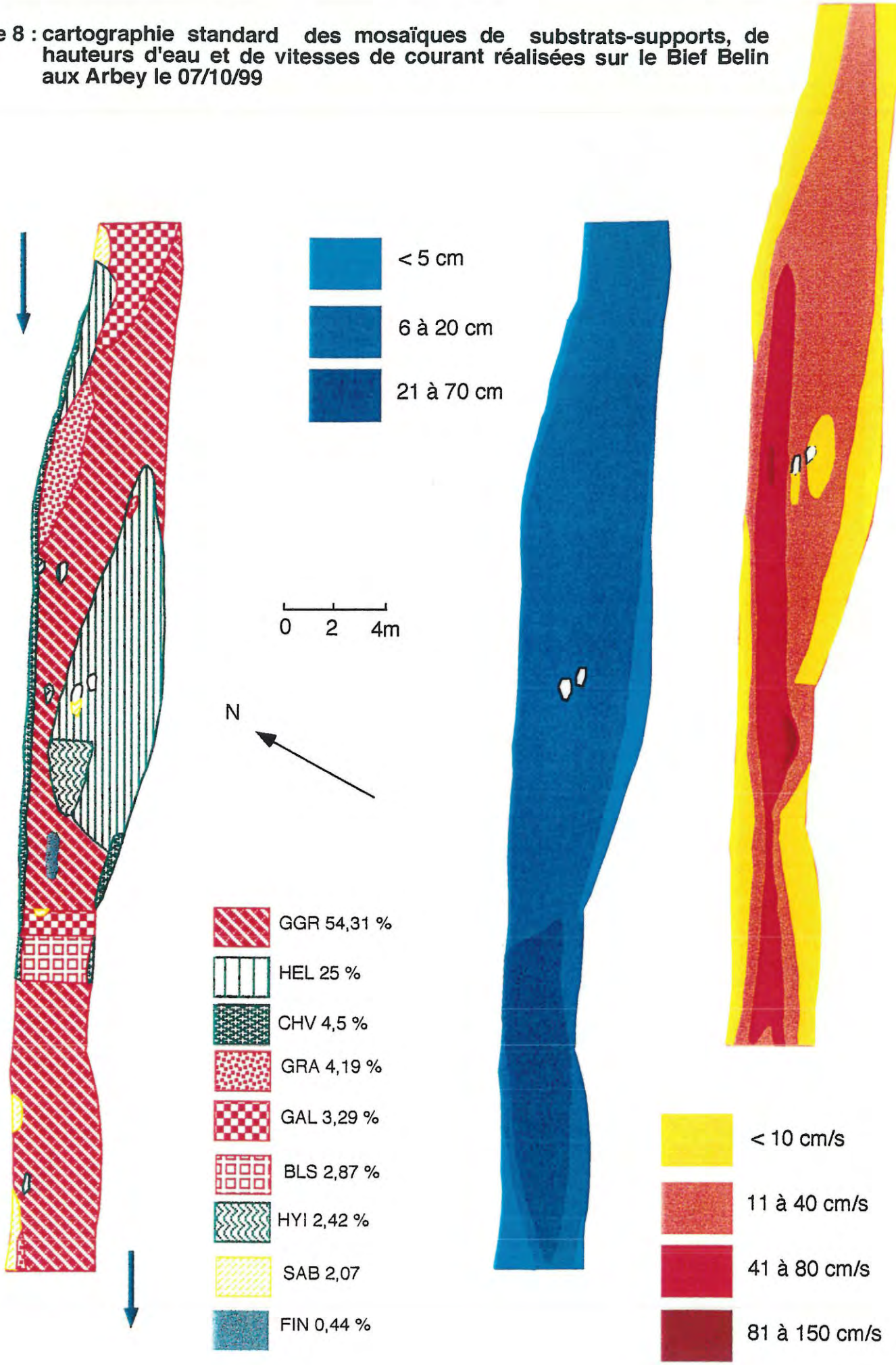
Les limites des classes d'hétérogénéité de chaque composante ont été déterminées statistiquement. Leur combinaison définit des zones d'attraction différentielle vis-à-vis des poissons : elles sont appelées "pôles d'attraction". Cette notion intègre l'aspect dynamique de l'intérêt offert par un habitat pour l'ensemble des espèces.

Les capacités piscicoles associées à la structure physique d'une station sont chiffrées globalement, et non pas reconstituées placette par placette, ni fondées sur la définition de *preferenda* spécifiques associées séparément à chaque descripteur fondamental (substrat, profondeur, vitesse). Leur évaluation diffère donc, sur le plan conceptuel, de celle qui est obtenue par la mise en œuvre de la méthode des "micro-habitats" ou de ses dérivés.

Sur le terrain, les vitesses et les hauteurs d'eau sont mesurées et repérées sur des transects à l'aide d'une jauge graduée, d'un courantomètre et de plusieurs décamètres tandis que les placettes associées aux différents substrats/supports dont l'attractivité est hiérarchisée sont métrées à l'aide d'un topofil. Des lignes d'isovitesses et d'isoprofondeurs sont alors tracées par intrapolation entre les différents transects ; dans certains cas, les limites de zones obtenues sont vérifiées par des mesures ponctuelles complémentaires.

Les cartographies doivent être réalisées dans les conditions limitantes de l'étiage et, dans le cas de démarche comparative, pour des gammes de débits similaires. Les cartes obtenues permettent de visualiser l'attractivité ou l'uniformité des mosaïques d'habitats. À titre d'exemple, la cartographie du Bief Belin aux Arbey est présentée sur les figures 8 et 9. Les autres cartes sont fournies en annexe (ann. 2).

Figure 8 : cartographie standard des mosaïques de substrats-supports, de hauteurs d'eau et de vitesses de courant réalisées sur le Bief Belin aux Arbey le 07/10/99



De façon plus synthétique, une série d'indices re-situe les résultats obtenus pour chaque station sur des échelles d'hétérogénéité et d'attractivité biogène.

* Var = variété : nombre de catégories (de substrats/supports) ou de classes (de vitesses et de profondeurs) pour chacune des composantes de la qualité des mosaïques d'habitats

* Div = Diversité : mesure de la complexité et de l'hétérogénéité quantitative de la répartition des surfaces entre les catégories de chaque composante de la qualité de l'habitat :

$$\mathbf{Div} = -\sum_{n}^{1} S_i \times \left[\log_{10}(S_i)\right]$$

où : n est le nombre de catégorie (n=var)
S_i est la surface cumulée des placettes appartenant à la $i^{ème}$ catégorie

* Reg = Régularité : rapport entre la diversité observée et la diversité optimale pour une même variété correspondant à l'équirépartition.

* IAM = Indice d'Attractivité Morphodynamique : cet indice sanctionne la variété des classes de hauteurs d'eau, de vitesses et de substrats/supports ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour l'ichtyofaune.

$$\mathbf{IAM} = \left[\sum (S_i \times Attract.(\mathbf{subs.}))\right] \times Var(\mathbf{subs.}) \times Var(\mathbf{h.e.}) \times Var(\mathbf{v.})$$

où :
v. vitesses
h.e : hauteurs d'eau
subs. substrats/supports
Attract. attractivité des substrats supports.

La hiérarchisation et la cotation de l'attractivité des substrats/supports a été déterminée statistiquement sur plusieurs dizaines de rivières (tab. XXV).

Substrat	Attractivité
branchages, grosses racines	100
sous-berges	90
hydrophytes immergés	80
sources, résurgences, affluents	70
blocs avec caches	60
galets	50
hélophytes	40
chevelus racinaires, végétations rases	40
blocs sans anfractuosités	30
galets et graviers mélangés	25
graviers	20
galets pavés	10
litières organiques	10
sables	8
éléments fins, limons, vases	4
dalles, surfaces indurées (sans cache)	1

Tableau XXV : cotation hiérarchisée de l'attractivité globale des substrats supports

L'IAM, encore expérimental, constitue une **approche simplifiée** car il ne tient pas compte de l'attractivité des pôles et en particulier de la variation de la valeur piscicole des substrats/supports selon les hauteurs d'eau et les courants qui les baignent. Toutefois, **la démarche suivie permet d'apprécier et de comparer l'homogénéité et l'attractivité des habitats aquatiques**, d'une station à l'autre au même moment ainsi qu'au cours du temps pour une même station. Elle répond donc particulièrement bien à l'objectif défini pour cette étude. Elle pourra également servir à suivre l'amélioration progressive des mosaïques d'habitat induite par l'ajustement morphologique du chenal, combinée avec la végétalisation des berges et des fonds.

Les mosaïques d'habitat des 10 stations en 1999

En 1999, la méthode a été appliquée sur les 10 stations sélectionnées sur le Drugeon et le Bief Belin (ann. 2, tab. XXVI, XXVII et XXVIII). Étant donné la durée de l'étiage, il a fallu attendre le mois d'octobre pour pouvoir l'appliquer sur les stations du Bief Belin, il en résulte que les indices attribués à certaines stations correspondent à des potentiels virtuels : **lorsque le cours d'eau est assec, la véritable note d'attractivité biogène est 0**.

Les mosaïques d'habitat du Bief Belin en 1999

Les Gouttes d'Or

Cette station sur le Bief Belin est située en aval de la Départementale 481 et de la confluence avec l'affluent "référence " en rive droite les Grandes Rayes, et juste en amont du chemin d'exploitation reliant la D 49. Sur ce secteur, le lit est stabilisé par l'implantation de seuils de fond, protégés par des enrochements. La station est délimitée par ces deux seuils. En été ce site est assec : sa véritable note d'attractivité biogène est donc 0.

Lorsqu'elle est en eau, elle est dominée par un mélange composite de graviers et de galets : ces substrats minéraux représentent 83 % de sa surface. La végétation est faiblement représentée, ce qui peut s'expliquer, soit par le peu de temps écoulé depuis la fin des travaux, soit par la nouvelle morphologie conférée au Bief Belin, soit encore par la durée des assecs. Les sous-berges, normalement typique des petits cours d'eau drainant les milieux prairiaux ou tourbeux, font ici cruellement défaut

L'attractivité des substrats-supports, déterminée par la prédominance minérale n'est donc guère élevée. En revanche, lorsque le cours d'eau n'est pas à sec, la diversité des différents pôles est assez forte car une bonne variété des classes de vitesse et de hauteur fractionne assez équitablement la mosaïque homogène des substrats. Toutefois, cette diversité potentielle est très localisée et ne compense pas la faible attractivité d'ensemble. Il en découle que l'indice d'attractivité morphologique "virtuel" est assez bas.

Les Arbey

Cette station des Arbey située 300 m en aval des Gouttes d'Or, a subi des modifications se caractérisant par un reprofilage des berges, très érodées auparavant, avec la mise en place de fascines, et la création d'un seuil de 30 cm de hauteur. Durant l'étiage estival, cette station ne contient plus que quelques poches d'eau : sa véritable note d'attractivité morphodynamique avoisine donc le 0.

Sur cette station, la proportion d'éléments minéraux dominent encore le recouvrement, mais la part des supports végétaux est plus conséquente qu'en amont et atteint 33 %. Ce développement végétal se localise en amont du seuil où les berges ont été adoucies et le lit élargi. Cette extension latérale crée une zone de ralentissement du courant propice au développement des hélophytes.

Malgré cela, l'attractivité augmente peu par rapport à la station en amont car ce type de substrat n'est pas associé à une capacité biogène très élevé. Toutefois, le reméandrement qui a été favorisé induit la présence d'une classe de vitesse supplémentaire (80 à 150 cm/s). Cet accroissement de l'hétérogénéité des écoulements lorsque la station n'est pas à sec est sanctionné par un meilleur indice d'attractivité morphologique.

Tableau XXVI : recouvrement relatif des classes de substrats/supports, hauteurs d'eau, vitesses de courant des 3 stations cartographiées sur le Bief Belin

	Les Gouttes d'or	Les Arbeys	La scierie
	99	99	99
Substrats			
AFF			
BER			
BLO			
BLS	13,3	2,9	
BRA			
CHV	4,6	4,5	0,7
DAL	0,7		
FIN	0,5	0,4	
GAL	1,9	3,3	4,6
GGR	51,7	54,3	13,2
GRA	15,4	4,2	14,4
HEL	10,4	25,0	54,6
HYF			
HYI	1,6	2,4	12,5
LIT			
SAB		2,1	0,1
Hauteurs d'eau			
classe 1	15,4	10,6	
classe 2	58,0	62,7	29,5
classe 3	26,6	26,7	70,5
classe 4			
classe 5			
Vitesses			
classe 1	32,7	45,0	47,0
classe 2	37,4	37,7	43,9
classe 3	30,0	16,9	5,1
classe 4		0,5	4,0
classe 5			

code des substrats supports : *cf.* tab. XXV et annexe 4
limite des classes de hauteurs d'eau : *cf.* fig. 8 et annexe 4

La scierie

Cette station se situe dans le secteur aval du Bief Belin, à l'aval de la D 49, le long de la scierie. Les travaux ont consisté, dans cette zone à plus faible pente, en la mise en place de banquettes en fascines alternées, destinées à créer une sinuosité dans le lit mineur.

Les végétaux aquatiques, constitués essentiellement d'hélophytes qui profitent des faibles vitesses d'écoulement pour proliférer et envahir le lit, couvrent 65 % de la station. L'indice de diversité et le nombre de pôles sont inférieurs à ceux des autres stations du Bief Belin. L'IAM, même calculé en dehors des périodes de sécheresse, n'atteint qu'une faible valeur.

Durant l'étiage estival, cette station à plus faible pente reste en eau mais le courant y est presque nul. Par conséquent, son potentiel d'attractivité morphodynamique est considérablement surestimé en dehors de cette période sèche.

Les mosaïques d'habitat du Drugeon apical et moyen en 1999

Le Gué SNCF

La station est située en aval de la scierie du Martinet à Vaux et Chantegrue, sur un secteur où il n'était pas possible de reconstituer le tracé originel et où un nouveau lit a été entièrement recréé dans le lit majeur. Les travaux ont dû être remaniés plusieurs fois mais le dernier profil modelé semble harmonieux et équilibré.

Installé sur un lit de galets/blocs, cette station possède la plus forte attractivité morphologique mesurée en 1999. Les douze substrats-supports répertoriés montrent une forte attractivité en raison principalement de la composition granulométrique des éléments dominant, constitués de galets non colmatés par les graviers.

La présence de sous berges renforce l'intérêt de cette station. En revanche l'installation des herbiers reste encore timide.

Le Pré Vaillon

Cette station est localisée dans un secteur où la rivière coule actuellement suivant son tracé naturel, antérieur aux travaux de rescindement/recalibrage des années 1961 à 1973. À ce niveau, le lit originel a été réouvert par enlèvement ménagé des dépôts accumulés, et comblement du chenal rectiligne.

Le mélange graviers et galets recouvre plus de 90 % du lit. Corrélativement, les 11 autres substrats répertoriés ne possèdent qu'une faible surface relative. L'attractivité de l'ensemble des substrats-supports est donc largement déterminée par les graviers/galets, associés à une cote d'attractivité relativement faible de 25/100.

Cette uniformité des substrats explique aussi la valeur moyenne de la diversité des pôles inventoriés. Toutefois le bon taux d'hétérogénéité qualitative des trois composantes de l'habitat soutiennent la valeur de l'IAM, qui atteint une valeur appréciable.

L'Isle Pernet

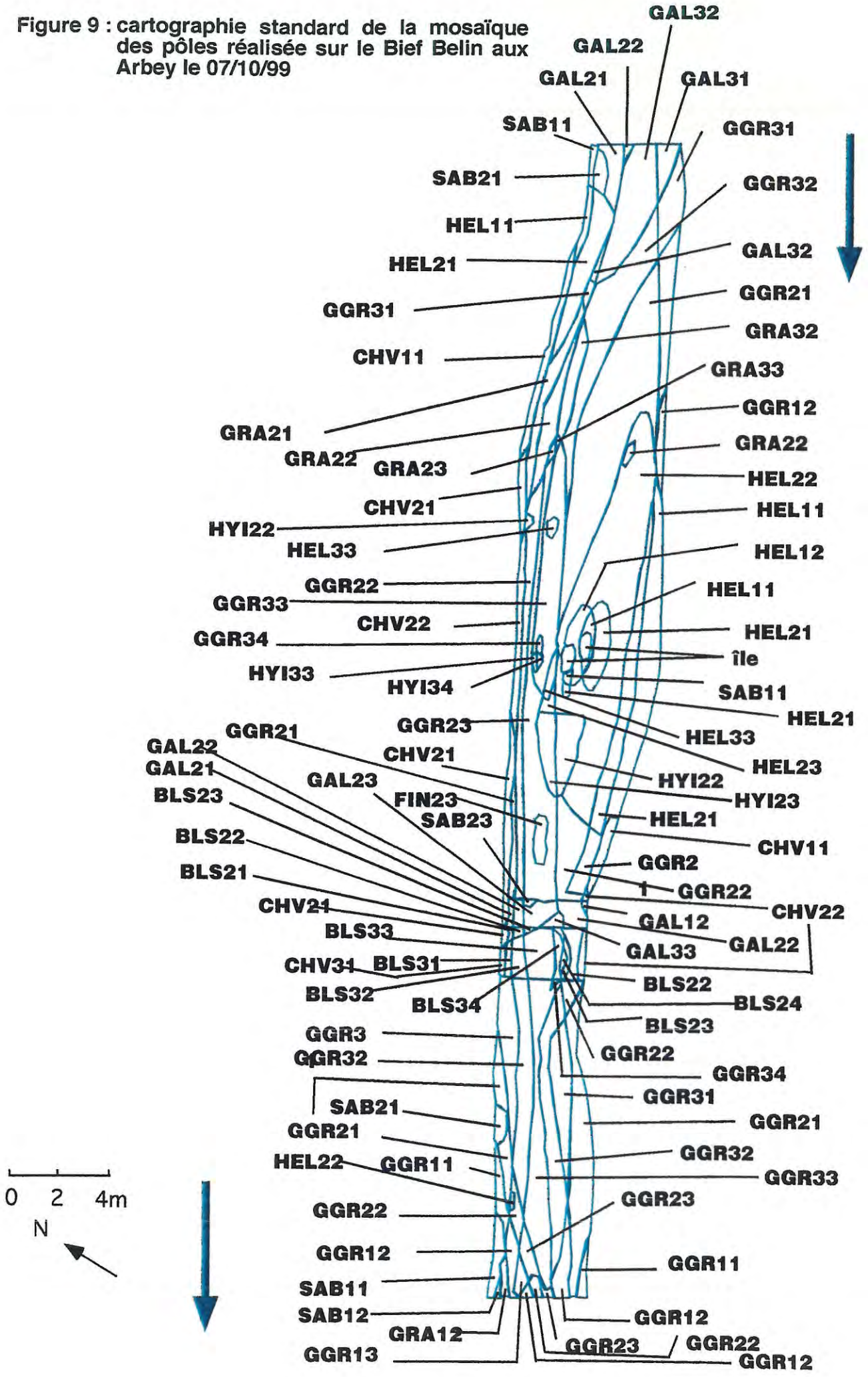
La station caractérise un secteur où la rivière coule également dans son ancien lit, relativement stable depuis les travaux de recalibrage et en connexion avec des écoulements latéraux. Le chenal n'a fait l'objet d'aucune intervention particulière, hormis sa mise en communication avec les portions amont et aval du lit reconstitué.

Tableau XXVII : recouvrement relatif des classes de substrats/supports, hauteurs d'eau, vitesses de courant des 7 stations cartographiées sur le Drugeon

	Le Gué SNCF		Le Pré Vaillon		L'Isle Pernet		Le Pont SNCF		Jointes Noires amont	Jointes Noires aval	Les Elayes	Chasaux
	97	99	97	99	97	99	97	99	99	99	99	99
Substrats												
AFF												0,3
BER	2,5	1,2	0,1	0,5	0,9		1,0	0,1				
BLO	0,2	1,8	0,4	0,6	0,5	0,3			1,7			
BLS		12,8		0,4		0,3		0,1		5,7		0,1
BRA		0,1		0,0		0,5	1,1	5,0	1,0		1,4	
CHV		0,1	0,5	0,9		0,6		0,1	0,2	0,5	0,5	2,3
DAL	2,4	3,6	1,9	0,3	0,1	0,7		3,8	11,5		7,5	3,4
FIN			0,4		2,6	1,4		1,8	4,0	0,4		
GAL	59,3	68,1								6,8	6,3	18,1
GGR	32,9	9,9	83,1	90,8	32,3	43,7	25,2	49,3	27,7	82,7	71,1	69,0
GRA	2,1	1,4	0,1	3,8	0,6	22,5				0,3	10,3	6,0
HEL		0,7	13,3	0,7	41,2	18,1	27,1	24,5	12,9	1,4	1,1	0,4
HYF									0,6			
HYI		0,1		1,1	21,8	6,0	45,7	14,8	40,4	2,4		
LIT				0,9		0,7		0,1		0,3	0,1	
SAB	0,5	0,2		0,0		5,3		0,5		2,7	1,8	0,3
Hauteurs d'eau												
classe 1	2,5	7,4	3,0	14,7		7,4			1,7	12,7	22,1	17,7
classe 2	70,7	39,1	83,2	61,6	40,4	47,8		8,3	5,7	22,7	49,7	48,2
classe 3	23,9	50,0	13,8	23,4	59,6	44,3	22,0	44,3	46,8	64,7	28,2	33,0
classe 4	2,6	3,6		0,3		0,5	78,0	47,4	45,9			1,1
classe 5												
Vitesses												
classe 1	23,6	65,0	34,3	54,4	73,1	62,6	100,0	100,0	100,0	99,2	17,7	25,4
classe 2	55,3	27,5	60,1	42,6	25,7	36,2				0,9	29,6	50,9
classe 3	19,5	7,5	5,6	3,0	1,3	1,2					49,9	20,5
classe 4	1,7										2,9	3,3
classe 5												

code des substrats supports : *cf.* tab. XXV et annexe 4
limite des classes de hauteurs d'eau : *cf.* fig. 8 et annexe 4

Figure 9 : cartographie standard de la mosaïque des pôles réalisée sur le Bief Belin aux Arbey le 07/10/99



La domination du mélange graviers-galets est moins flagrante sur cette station. Leur proportion relative en surface ne dépasse pas 50 %. Les hélophytes occupent aussi une place importante en envahissant la partie centrale du chenal d'écoulement. Les hydrophytes, à forte attractivité, ne recouvre pas plus de 6 % de la surface totale.

La diversité tend vers une équirépartition des 39 pôles rencontrés. Elle atteint la plus forte des valeurs déterminées en 1999 pour ce descripteur sur le Drugeon reméandré. La bonne valeur de l'IAM sanctionne surtout le fort degré d'hétérogénéité global de l'habitat aquatique.

Le Pont SNCF

La station recouvre un secteur où le lit mineur rectifié n'a fait l'objet d'aucune intervention. Toutefois, le niveau de l'eau a été nettement rehaussé par la remise en eau du lit originel sur l'ensemble du secteur.

Cette mouille représente la plus mauvaise situation rencontrée sur les 4 stations cartographiées en 1999. En effet, la mosaïque d'écoulement se résume à une seule classe de vitesse. Cette uniformité pénalise l'indice d'attractivité morphologique et se traduit par la simplicité de la mosaïque peu diversifiée qui ne comporte que 18 pôles.

Pour l'instant, aucune sous-berge n'a pu être répertoriée. En outre, les herbiers demeurent peu abondants. Enfin sur ce site, les dépôts de fine sont bien représentés.

Les Jointes Noires

Cette station se situe de part et d'autre d'un seuil d'enrochement permettant de rehausser le niveau de la ligne d'eau, à la jonction entre une courte portion du lit reméandré en amont et l'ancien lit rectiligne à l'aval. Ce secteur bénéficie dune fort hétérogénéité locale induite par le seuil, mais cette diversité artificielle est très localisée. Pour rendre compte de ce phénomène particulier, les descripteurs de l'habitat ont été déterminés à la fois pour la station entière et pour les 2 demi-stations séparées par le seuil, correspondant chacune à des configurations plus représentatives de la réalité du linéaire.

Demi-station amont :

Cette sous-unité est constituée d'une mouille similaire à celle de la station du Pont SNCF, et possède des indices d'hétérogénéité et d'attractivité du même ordre. La diversité et le nombre de pôles sont limités par l'absence de vitesse, ce qui donne un IAM assez faible. La végétation domine le recouvrement, tandis que la présence conséquente d'Hydrophytes immergés dope l'attractivité de l'ensemble des substrats supports.

Demi-station aval :

Elle correspond au lit rectifié du Drugeon. L'homogénéité des pôles ainsi que la faible attractivité des substrats sont caractéristiques de cet état simplifié. Seule l'hétérogénéité simultanée des trois composantes de l'habitat soutient la valeur de l'IAM.

Les Elayes

Le site d'étude des Elayes est implanté en amont de Bouverans, sur un secteur où le Drugeon réemprunte désormais son tracé originel. Avant le reméandrement de 1998, cette portion était utilisée comme émissaire du petit étang en rive droite.

Cette station présente une assez bonne diversité et contient un nombre de pôles importants. Le mélange de graviers et de galets recouvre plus de 70 % de la surface totale. L'attractivité des substrats/supports est donc plutôt basse et détermine une valeur moyenne pour l'IAM, en dépit de l'hétérogénéité globale de l'habitat aquatique.

Le secteur ne présente pas encore de sous berge mais il est en cours de réajustement hydrodynamique et la création prochaine de ces caches attractives paraît plus que plausible. Parallèlement, la végétation n'est pas encore bien implantée : l'apparition probable d'hydrophytes augmentera également l'attractivité de cette portion du Drugeon.

Les Chasaux

Cette station est située à 450 m à l'aval de La Rivière Drugeon, à 450 mètres du Pont SNCF, juste après la jonction entre le tracé rectiligne et les méandres originel fraîchement reconnecté. Ce secteur a été réhabilité en 1999.

La très faible présence de végétation aquatique nous rappelle que ce lit n'a été remis en eau que quelques mois avant nos mesures. Toutefois, l'hétérogénéité d'ores et déjà acquise par cette station est très satisfaisante. La granulométrie complexe des substrats minéraux (des sables aux blocs) alliée à des vitesses et des hauteurs d'eau variés permet d'obtenir un indice de diversité et un IAM plutôt élevé.

Pour le moment, l'absence de support à forte attractivité et de caches limite les capacités biogènes de cette station. L'installation de sous-berges et l'apparition d'herbiers d'hydrophytes renforceront l'attractivité de ce site.

Caractéristiques actuelles de l'habitat des portions réhabilitées (fig. 10)

Bilan sur les mosaïques d'habitat du Bief Belin en 1999

L'attractivité biogène et l'hétérogénéité des mosaïques d'habitat du Bief Belin restent très modérées malgré les aménagement effectués sur ce cours d'eau. En effet, les **indices d'attractivité morphologiques obtenus plus d'un an après les travaux sont moyens**, notamment pour les stations des Gouttes d'Or et de la Scierie.

Il faut rappeler que les relevés de terrain n'ont pas été effectués pendant la période d'étiage, puisqu'elle correspondait à un assèchement de toute la partie supérieure du Bief Belin et notamment de la portion contenant les deux stations amont. Les différentes valeurs alors obtenues pour celles-ci auraient alors été nulles.

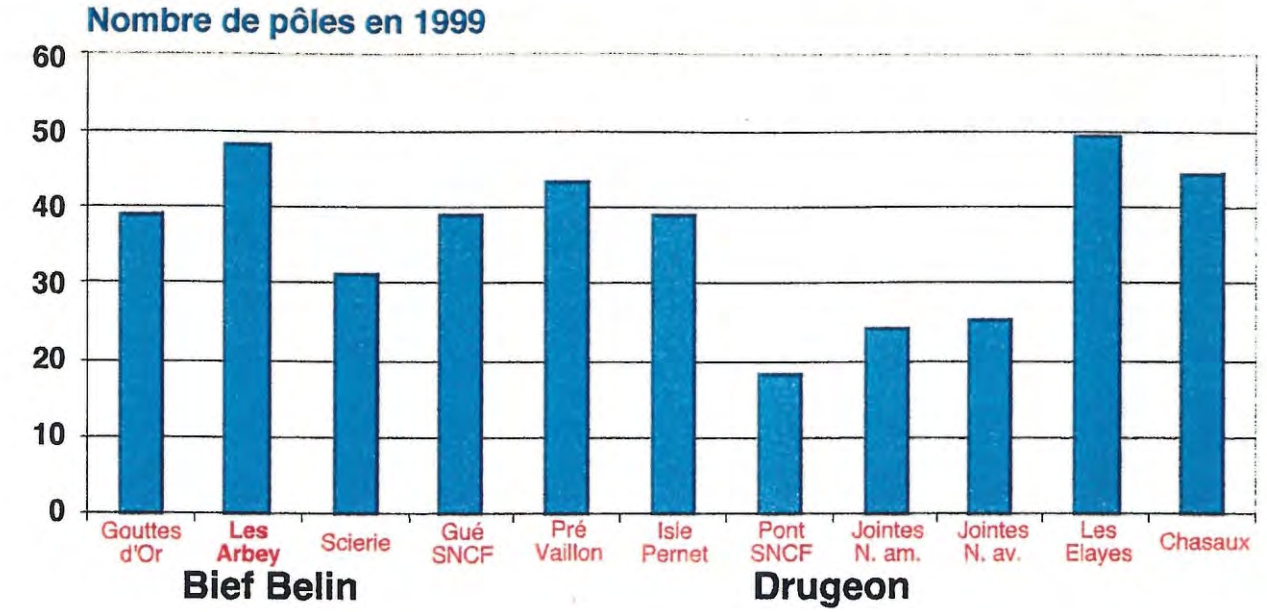
Bilan sur les mosaïques d'habitat du Drugeon apical et moyen en 1999

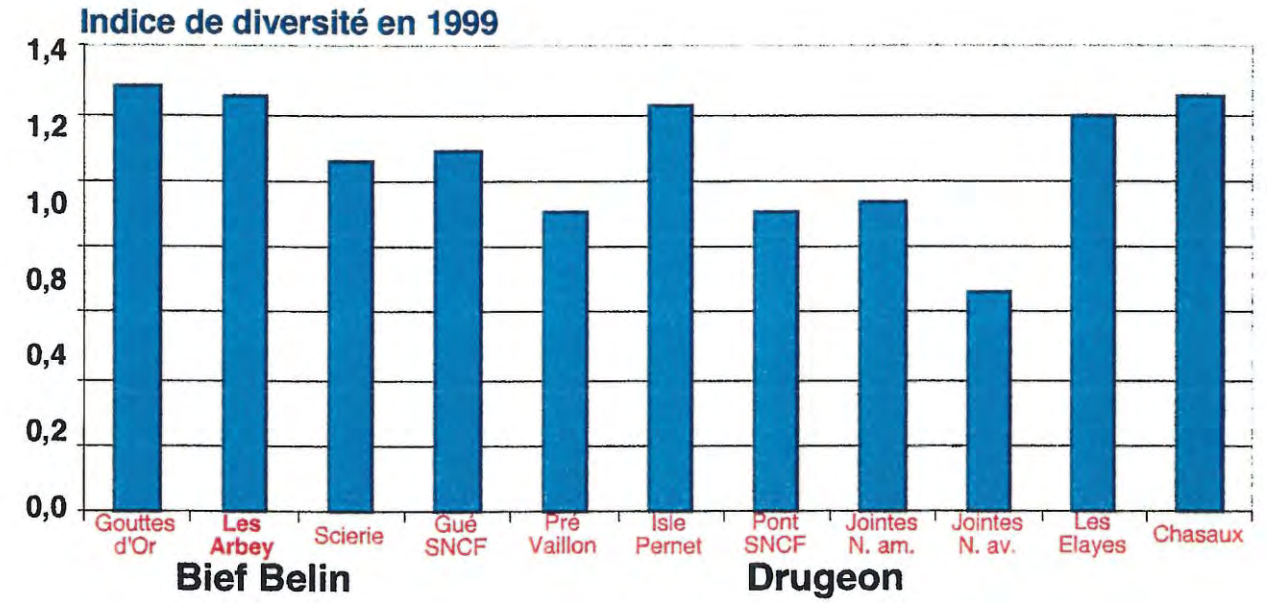
Les analyses standard réalisées sur les sept station qui jalonnent les trois premières tranche de réhabilitation du Drugeon permettent de dégager plusieurs tendances caractéristiques. En particulier elles montrent que deux configurations sont associées aux meilleures combinaisons d'hétérogénéité et d'attractivité de l'habitat observées actuellement.

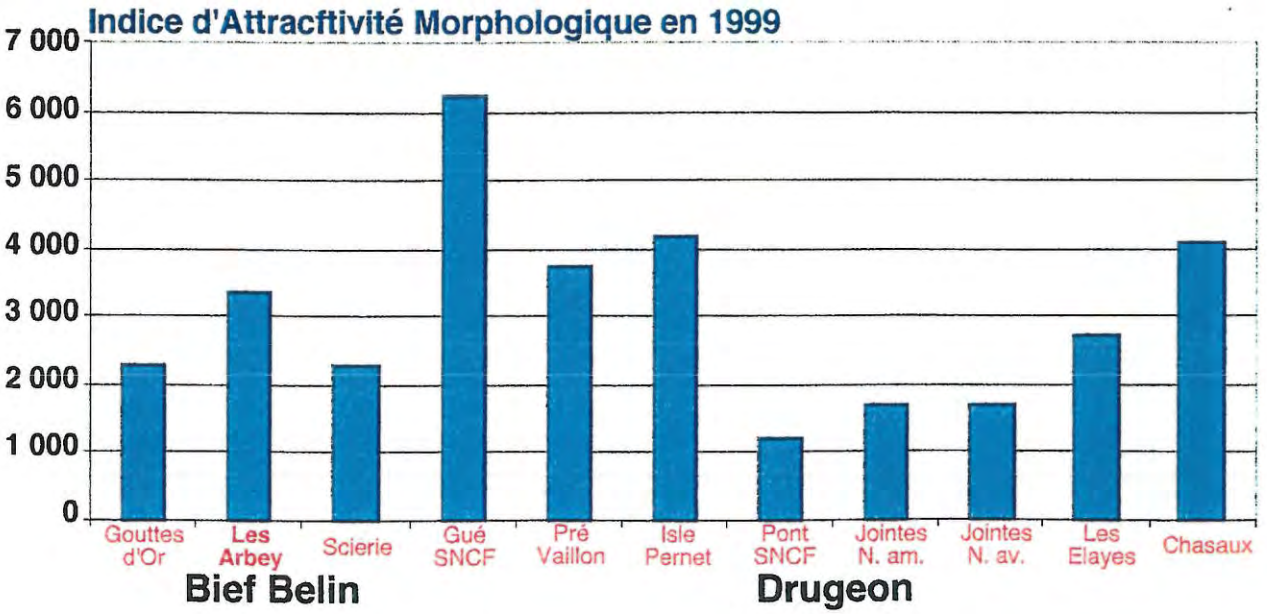
D'une part, les secteurs où le **lit originel** a été remis en eau avec un minimum de remaniement des fonds ou même **sans recreusement** du tout, comme dans le cas de l'Isle Pernet, **présentent rapidement de belles mosaïques de substrats/supports associés à une gamme d'écoulement contrastée**. D'autre part, les **secteurs recréés de toutes pièces** peuvent eux aussi comporter une **diversité** très biogène, surtout **lorsque le nouveau tracé est à la fois harmonieux et stabilisé**, comme dans le cas de la version finale du Gué SNCF.

Toutefois dans le cas de **seuil** comme celui des Jointes Noires ou pour la plupart des ouvrages jalonnant le Bief Belin, cette **hétérogénéité s'avère très localisée**. Cette configuration traduit en fait l'intérêt ponctuel d'une rupture de pente nette, souvent ménagée aux dépens de secteur plat et homogène à l'amont et à l'aval.

Figure 10 : indices synthétiques de caractérisation de l'hétérogénéité et de l'attractivité des mosaïques d'habitat de 10 stations cartographiées sur le Drugeon







Évolution des mosaïques d'habitat

L'intérêt de la méthodologie employée ici permet d'évaluer la qualité de l'habitat piscicole en comparant différentes stations à un même moment, entre elles et à un référentiel implicite, comme nous venons de le voir. Toutefois, ce protocole cartographique standardisé, autorise également le suivi de l'évolution morphodynamique des stations. En effet, la série d'analyses effectuées en 1999 correspond à la troisième campagne d'étude des potentiels physiques stationnels.

En 1994, un ensemble d'observation a été réalisé, suivant la même méthode, sur une quinzaine de stations jalonnant le Drugeon et le Bief Belin, par la DR 5 du CSP et par la Garderie Commissionnée du Doubs. Ces mesures constituent un précieux témoin de l'état physique des 2 cours d'eau avant travaux. Puis, en 1997, 2 mois après la première tranche des travaux de reméandrement, les investigations ont permis de caractériser la qualité des mosaïques du Drugeon renaturé, juste après les travaux. La confrontation de ces données avec les mesures effectuées durant la 3ème campagne, en 1999, met en évidence les premières tendances de l'évolution morphodynamique des secteurs restaurés.

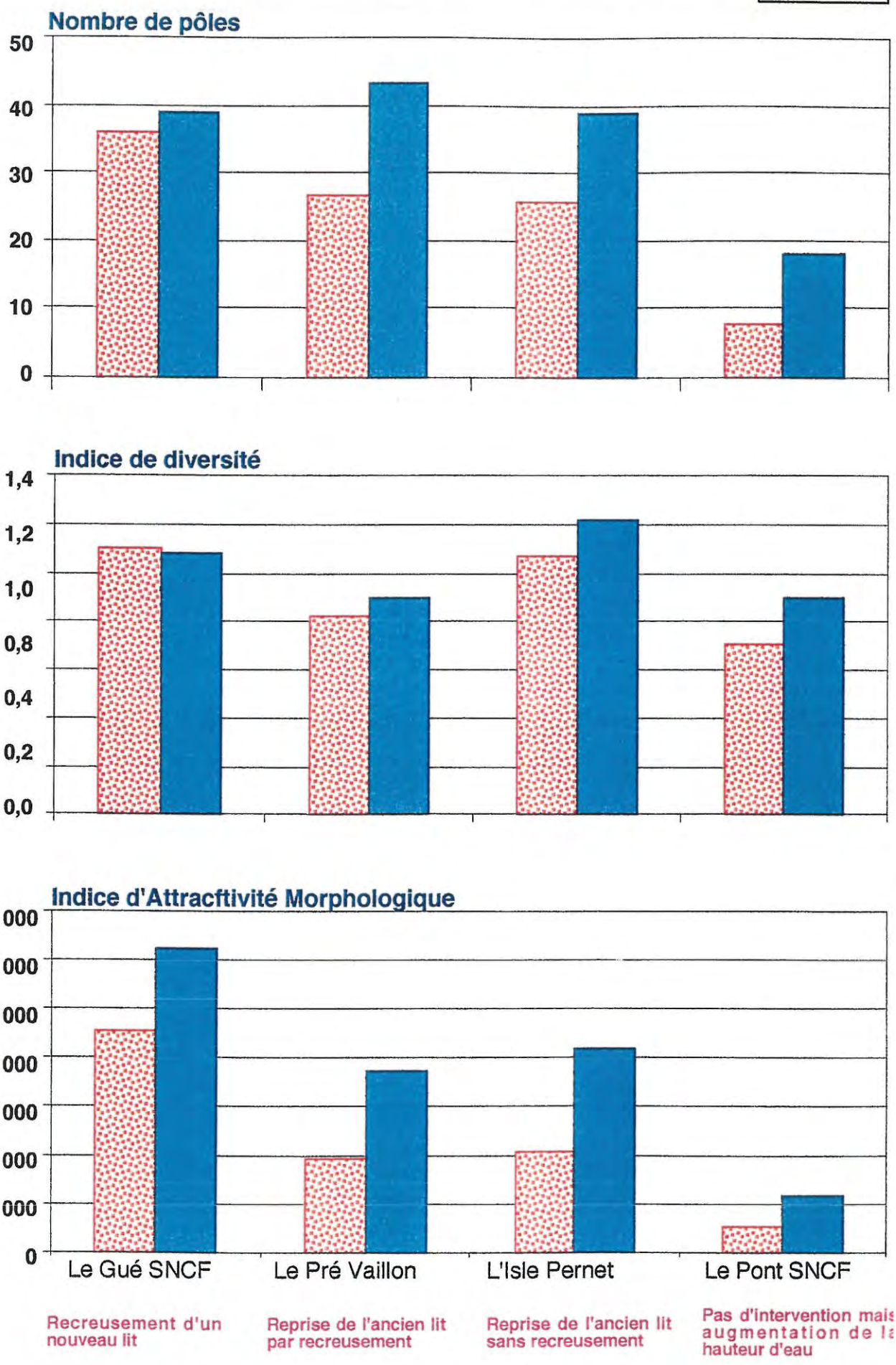
Comparaison 97/99 (fig. 11 et tab. XXVIII)

Entre ces deux années, la valeur des coefficients d'attractivité des différents substrats/supports a été réajustée à l'issue de l'analyse d'un jeu de données référentielles plus complet. L'indice d'attractivité morphologique des 4 stations du Drugeon moyen déterminé en 1997 par RICHARD (1998) a donc été recalculé sur ces nouvelles bases.

		Le Gué SNCF		Le Pré Vaillon		L'Isle Pernet		Le Pont SNCF	
		97	**99**	**97**	**99**	**97**	**99**	**97**	**99**
Nombre de pôles		36	39	27	43	26	39	8	18
Indice de diversité		1.10	1.08	0.82	0.90	1.07	1.22	0.71	0.90
Nombre de classes	**Substrats**	7	12	8	12	8	12	5	10
	Hauteurs	4	4	3	4	2	4	2	3
	Vitesses	4	3	3	3	3	3	1	1
Attractivité des substrats		40	43	27	26	43	29	56	39
IAM		**4 562**	**6 243**	**1 921**	**3 748**	**2 080**	**4 174**	**557**	**1 183**
		X 1,5		***X 2***		***X 2***		***X2***	

Tableau XXVIII : évolution des descripteurs synthétiques des mosaïques d'habitat de 4 stations du Drugeon apical entre 1997 et 1999

Figure 11 : évolutions des indices synthétiques caractérisant l'hétérogénéité et l'attractivité des mosaïques d'habitat de 4 stations cartographiées sur le Drugeon entre 97 et 99



Le Gué SNCF

Cette station a été remaniée en 1998, : l'évolution observée entre 1997 et 1999 n'est donc pas uniquement spontanée. Par rapport à en 1997, le nombre de pôles d'attraction a peu évolué, mais cette stagnation apparente résulte de la disparition d'une classe de vitesse et de l'apparition de 5 supports.

En effet, l'implantation d'un seuil de fond bétonné pour stabiliser le gué a induit une augmentation des hauteurs d'eau , tout en ralentissant les vitesses de courrant sur la partie amont. Ces modifications de l'écoulement ont permis l'installation des végétaux aquatiques de toutes sortes (hélophytes, hydrophytes et bryophytes).

Le substrat minéral reste dominé par les galets. Leur surface relative s'est même développée au détriment du mélange gravier-galet qui était essentiellement localisé à l'aval de la station. L'augmentation de la vitesse à l'aval du seuil de fond, a entraîné le départ des éléments à granulométrie plus faible et décolmaté les galets.

Le début de la végétalisation, couplé à l'augmentation de la représentativité des galets, se traduit par une augmentation des capacités biogènes. Cette tendance est sanctionnée par une **nette augmentation de près de 150 % de l'IAM**.

Le Pré Vaillon

L'augmentation simultanée du nombre de classes de substrats et de hauteurs d'eau de cette station s'est traduite par une multiplication du nombre de pôles. Ainsi, les hydrophytes, les litières, les blocs et les sables sont-ils apparus. Parallèlement, certains substrats à forte attractivité sont en progression, comme les sous-berges, les blocs avec anfractuosités et les chevelus (Bryophytes). En revanche la mise en place puis la stabilisation du radier structurant la partie amont a provoqué la régression des hélophytes.

Le gain d'hétérogénéité des mosaïques de profondeur est dû à la formation en cours d'une fosse à l'aval de la station. Toutefois, la largeur moyenne de la lame d'eau semble légèrement surdimensionnée par rapport au débit d'étiage. Des tendances au dépôt de gravier résultent du réajustement progressif du lit. Cette augmentation de l'encombrement, soutenue en belle saison par la végétalisation devrait permettre à terme d'augmenter la variété des vitesses de courant qui sont pour l'instant fort homogènes.

Cette évolution montre bien que la maturation du système se traduit **par une augmentation continue de l'hétérogénéité et de l'attractivité de l'habitat**. Ce processus n'est pas encore parvenu à son terme. Pour l'instant, **en moins de deux ans**, l'indice de diversité et l'attractivité globale des substrats n'ont pas encore beaucoup évolué, mais le grain d'hétérogénéité a fait **doubler valeur de l'IAM**.

L'Isle Pernet

Sur cette station, la variété et la diversité des pôles ainsi que la valeur de l'IAM augmentent largement. En effet, l'Isle Pernet voit, en deux ans, l'apparition de deux classes de hauteurs d'eau et de 5 nouvelles catégories de substrats/supports : les branchages, les litières, les chevelus et les sables.

Cet accroissement d'hétérogénéité s'accompagne de la régression de la végétation aquatique. Cette disparition locale des hélophytes et des hydrophytes s'est produite suite à la remise en eau du lit originel A cet endroit, le "vieux Drugeon", qui fonctionnait comme une annexe permanente du chenal rectifié, était envahi de végétaux aquatiques En 1997, deux mois après les travaux, la station possédait encore cette végétation luxuriante qui tend désormais à se résorber dans des proportions plus équilibrées.

Ces différentes tendances se traduisent par une **hausse de près de 200 % de l'IAM**.

Le Pont SNCF

Cette mouille peu biogène en 1997 voit son potentiel habitationnel augmenter, tout en restant inférieur à celui des autres stations. Cette progression limitée recouvre à la fois une diversification des substrats ainsi que de la morphologie des fonds, et une diminution de l'attractivité globale.

En effet, l'apparition de matériaux de dépôt comme les fines, le sable et les litière organique grossière induit un accroissement de la variété et de la diversité des pôles d'attraction. Cette sédimentation induit également la création de haut fonds. En revanche, la régression des hydrophytes immergés fait chuter l'attractivité des substrats.

L'Indice d'Attractivité Morphologique de cette station a été multiplié par 2. S'il reste encore très bas par rapport à la note de capacité biogène attribuée aux autres secteurs, sa vitesse de progression résulte d'une sédimentation rapide, et laisse espérer un réajustement des fonds de cette station qui profite au poisson et aux macro-invertébrés.

Comparaison 1994 / 1999

La campagne de cartographie réalisée par le CSP en 1994, a permis de caractériser les successions de mosaïques d'habitat du Drugeon et du Bief Belin rectifiés à travers l'étude de 14 stations judicieusement choisies pour balayer l'ensemble des configurations morphologiques rencontrées à l'époque. Comme le cours du Drugeon été radicalement modifié, les sites étudiés en 1997 et 1999 ne sont pas toujours localisés exactement au même emplacement que ceux qui ont été cartographié en 1994. Par conséquent la comparaison entre les situations avant et après travaux porte sur des données acquises sur des stations proches, et présentant des configurations similaires.

Par ailleurs, les indices d'attractivité morphologique ont été recalculés avec la nouvelle grille d'attractivité spécifique des substrats/supports et après avoir retranscrit les données brutes en utilisant la remise à jour des limites de classes pour les 3 composantes fondamentale de l'habitat (substrats, hauteurs et vitesses). En effet, les valeurs limites utilisées à l'époques étaient légèrement différentes de celles qui sont employées actuellement.

La comparaison des indices d'attractivité morphologique obtenus avant et après travaux, fait bien apparaître **le gain de qualité physique engendré après les différentes interventions mises en œuvre** (fig. 12). Cette confrontation est réalisée avec les données 1999 qui correspondent pour le Drugeon apical, le Bief Belin et le Drugeon moyen respectivement à une situation analysée deux ans et demi, un an et demi et six mois après les travaux de réhabilitation.

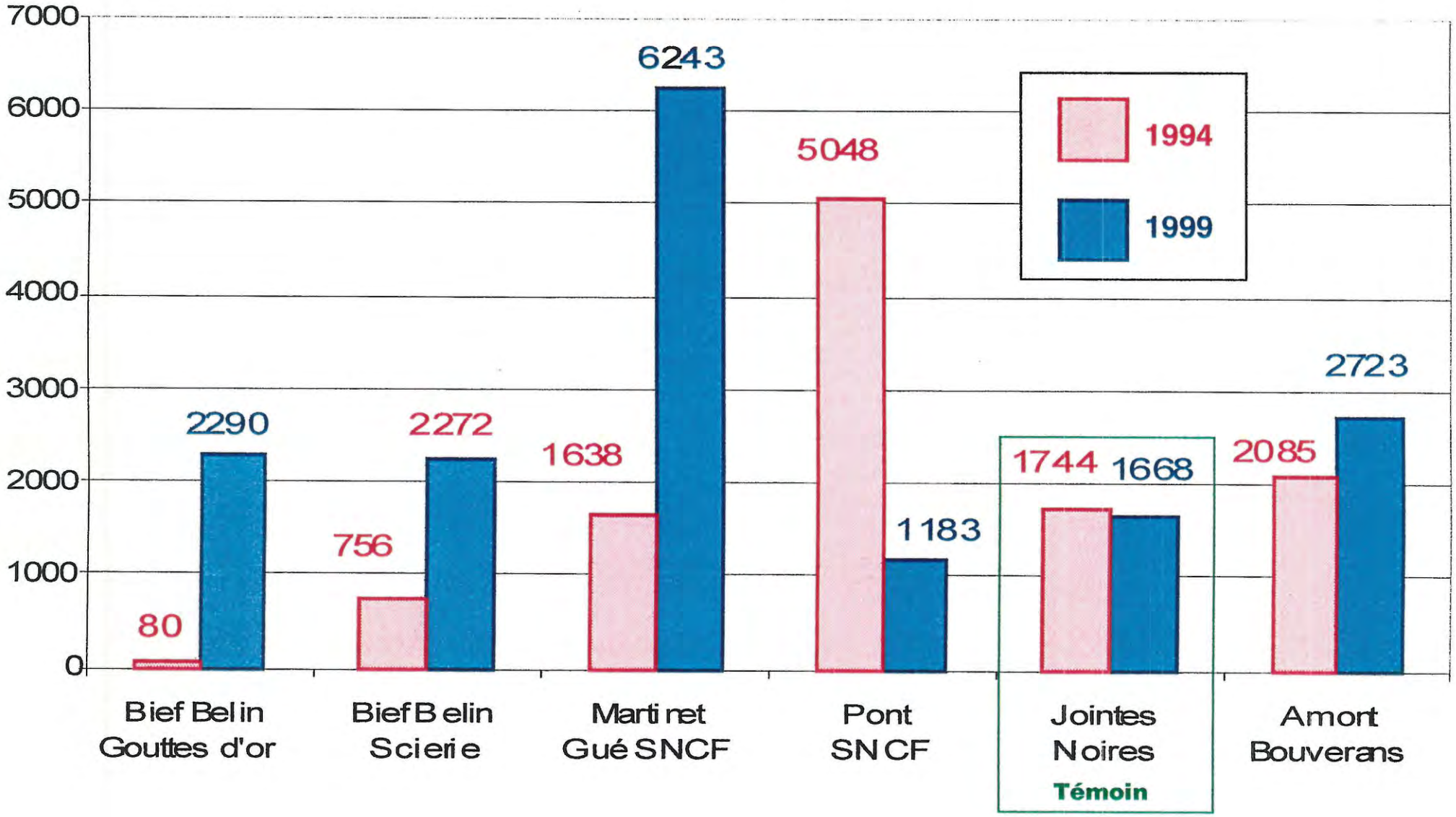
Évolution de l'habitat aquatique avant et après travaux sur le Bief Belin

En ce qui concerne le Bief Belin, c'est la secteur rectiligne, particulièrement uniforme par opposition au secteur actif plus en aval, qui a le plus bénéficier de l'intervention. Cette station qui se résumait en 1994 à un simple lit de graviers était en effet particulièrement uniforme qu'actuellement. En revanche, la portion aval de ce ruisseau était, avant réhabilitation, moins simplifiée que le cours supérieur. Le **gain d'hétérogénéité locale** que ces travaux ont induit est tout de même sensible à cette échelle de travail.

Évolution de l'habitat avant et après travaux sur le Drugeon supérieur

Entre Vaux et Bonnevaux, les configurations ultra-majoritaires rencontrées sur le Drugeon rectifié sont décrites par les mesures effectuées sur les stations du Martinet et des Jointes Noires. Les stations analysées sur ce secteur plus de deux ans après les travaux (Gué

Figure 12 : évolution de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique des mosaïques d'habitat de 6 stations cartographiées sur le Drugeon en 94 et en 99, repectivement avant et après travaux.



SNCF, Pré Vaillon et Isle Pernet) montre une **amélioration considérable de l'hétérogénéité et de l'attractivité des mosaïques d'habitat.**

En revanche, **le cas particulier de la station du Pont SNCF ne s'inscrit pas dans ce schéma**. En effet, cette station était en 1994 la plus hétérogène de ce secteur rectifié du Drugeon. À cet endroit, la rivière s'était récréé, avant même la restauration, un lit attractif et diversifié malgré son encaissement et son manque de connectivité avec la frange inondable. En 1997, cette portion particulière a été transformée en mouille car les modalités de réhabilitation employée ici ont consisté à se contenter de relever la ligne d'eau sans combler le fond du lit laissé rectiligne pour passer sous l'ouvrage des chemins de fer. **Ce site a perdu beaucoup d'attractivité**, mais cette configuration est exceptionnelle pour cette portion du Drugeon.

La station dénommée **Jointes Noires** (portion aval) en 1999, se situe légèrement en amont de celle cartographiée en 1994. La configuration de ce secteur rectiligne n'ayant subi aucune intervention, il est tout à fait normal que l'on obtienne les mêmes résultats 5 ans plus tard en comparant les données initiales aux mesures effectuées sur la partie amont de cette station composite (cf. ci-dessus). **Cette station constitue donc un témoin**, sauf phénomène sédimentologique particulier non constaté pour l'instant. En revanche, la prise en compte de la totalité de la station montre que **l'installation du seuil induit une importante augmentation de l'hétérogénéité locale**.

Évolution de l'habitat aquatique avant et après travaux sur le Drugeon moyen.

Le Drugeon moyen en amont de Bouverans voit lui aussi une **amélioration de la qualité physique stationnelle par rapport à la situation rectifiée antérieure**. Le méandre décrit en 1999 pour la station des Elayes ne possède pas encore de substrats très attractif, mais l'habitat est déjà nettement plus diversifié que la station du Pont TGV de 1994.

Le **gain de capacité biogène** induit par le reméandrement du Drugeon **est notoire pour 4 stations sur les 5 sites** réhabilités où une comparaison avant et après travaux a pu être réalisée. Le bénéfice se situe plus au niveau de **l'hétérogénéité** de l'habitat aquatique plutôt qu'à celui de l'attractivité biogène des substrats. En effet, il faudra attendre un peu plus longtemps pour que la végétation colonise le lit neuf et que des éléments très attractifs apparaissent : sous berges, branchages, chevelus racinaires et touffes de bryophytes...

Bilan sur l'évolution des mosaïques d'habitats depuis la réhabilitation

Dans la plupart des cas, **les travaux de réhabilitation ont immédiatement et fortement augmenté l'hétérogénéité et l'attractivité des mosaïques d'habitat** des deux cours d'eau réhabilités. Le cas de la mouille créée au niveau du Pont SNCF constitue une exception peu représentative. Cet exemple montre la nécessité de reconstituer les fonds **à leur altitude originelle** et que le rehaussement du niveau d'eau n'est pas suffisant.

Les différences observées sur les autres secteurs montrent que ce **gain de qualité physique à l'échelle stationnelle est maximal dans lorsque le lit originel reconnecté n'est que peu ou pas recreusé**. Une forte hétérogénéité est également obtenue lorsqu'un chenal méandriforme et connectif est recréé de toutes pièces, ou encore à la jonction entre les portions de lit originel et le lit laissé rectiligne dans les secteurs où cela s'avère incontournable. Néanmoins, dans ce dernier cas, et surtout lorsque l'intervention s'est résumé à une multiplication de seuils, la diversification induite et fort localisée.

Les enseignements acquis sur le Drugeon apical grâce à la répétition de l'analyse cartographique après travaux à deux ans d'intervalle montrent que **l'hétérogénéité et l'attractivité des mosaïques d'habitat continue à progresser** depuis la fin des interventions de réhabilitation. Ce mécanisme consiste surtout en l'apparition ou/et en

l'augmentation observée de substrats comme les sables, les litières et les Bryophytes, qui indiquent une tendance à la stabilisation du lit. Toutefois, **des réajustements morphologiques sont encore en cours** : la formation de fosses se traduit par la présence de nouvelle classes de hauteurs d'eau, tandis que les zones de dépôt resserrent la lame d'eau lorsque le chenal était par trop large ou remonte parfois le niveau du fond.

La colonisation des fonds par les hydrophytes, encore timide, est prévisible à moyen terme : l'installation de ce type d'herbiers permettra d'augmenter l'attractivité des fond tout en diversifiant les écoulement en débit d'étiage. Dans un troisième temps, la stabilisation du cours d'eau et la bonne végétalisation des berges se traduira probablement par la création spontanée de sous-berges ou "coves", typique des cours d'eau méandrant à travers prairie ou tourbières (photo 12). Le développement de la ripisylve connective restera probablement limité mais jouera aussi un rôle important pour augmenter les caches.

En résumé, même si le processus de diversification et d'augmentation de l'attractivité biogène à l'échelle locale est encore en cours, **la qualité des mosaïques d'habitat s'est nettement améliorée** depuis les travaux de réhabilitation. Par conséquent, l'explication de la lenteur de la recolonisation de la macrofaune benthique doit plutôt être recherchée en direction **d'altérations plus ou moins insidieuses de la qualité de l'eau**.

Toutefois, ces perturbations sont souvent synergiques avec des lacunes ou des limites de l'amélioration de qualité physique perçues à des échelles plus globales. En outre, comme des nuances importantes ont été établies pour l'efficacité de la restauration des mosaïques d'habitat en fonction des modalités de réhabilitation choisies, il paraissait intéressant d'étendre le diagnostic du gain de capacités biogènes à l'échelle du tronçon fonctionnel.

Qualité physique globale du Drugeon des sources à Bannans en 1999

Si **les améliorations ponctuelles** de l'hétérogénéité ou/et de l'attractivité des mosaïques d'habitat se traduisent généralement par de gains biologiques perceptibles à l'échelle des macro-invertébrés et parfois des poissons, le développement harmonieux des biocénoses associées au type écologique originel d'un cours d'eau nécessite avant tout le fonctionnement optimal de l'écosystème **à des échelles plus globales**. En particulier, les mécanismes hydrodynamique ainsi que les relations avec les zones inondables et les nappes phréatiques doivent être prises en compte lors de la gestion et de l'aménagement d'une rivière afin de garantir l'épanouissement des édifices biologiques correspondant aux possibilités naturelles.

Pour apprécier ce fonctionnement d'ensemble, deux séries convergentes de descripteurs synthétiques ont été mesurées sur le Drugeon avant et après les travaux de réhabilitation. D'une part l'analyse du **mécanisme thermique** a permis de circonscrire les relations du cours d'eau avec les nappes tout en déterminant le niveau des conditions limitantes d'étiage estival pour les organismes aquatiques. D'autre part, l'étude de la **qualité physique globale** à l'aide d'une méthode standard a débouché sur l'appréciation des tendances morphodynamiques et de la qualité des interfaces. Il en a été déduit l'explication des dysfonctionnements ou perturbations physiques à toutes les échelles emboîtées.

Analyse sommaire du métabolisme thermique

Objectif et protocoles de mesures

La **température** est un paramètre physique important qui explique **plus de 50 % des variations de la répartition quantitative des espèces aquatiques** (Verneaux 1973). Il a donc été décidé de caractériser l'évolution du métabolisme thermique du Drugeon à l'aide de sondes enregistreuses jalonnant son cours. Les données obtenues sont comparées aux mesures effectuées en 1994 avec des thermomètres mini-maxi relevés une à deux fois par semaine.

Le métabolisme thermique d'un cours d'eau est caractérisé par de nombreux descripteurs. Toutefois, les **températures estivales maximales** constituent **le facteur limitant déterminant** pour la plupart des organismes peuplant les cours d'eau (Verneaux 1973-1975). Aussi, dans le cadre d'une approche synthétique, seules les températures **maximales moyennes du mois le plus chaud** ont été retenues pour réaliser la comparaison avant et après travaux. Pour comparer les données obtenues en 94 à partir de thermomètres mini-maxi avec les mesures effectuées en 98/99 à l'aide de sondes enregistreuses, ces valeurs synthétiques sont estimées en calculant la moyenne des températures maximales hebdomadaires des 4 semaines consécutives les plus chaudes de chaque année.

Évolution du métabolisme thermique estival depuis les travaux

La confrontation des données obtenues à 5 années d'intervalle montre qu'en 1999, les **températures maximales moyennes du mois le plus chaud sont en hausse de 4,3 °C** en moyenne par rapport à 1994 (fig. 13 et tab. XXIX). Seule la station de Vaux et Chantegrue conserve une température estivale relativement fraîche, alors que tout le linéaire aval se réchauffe considérablement.

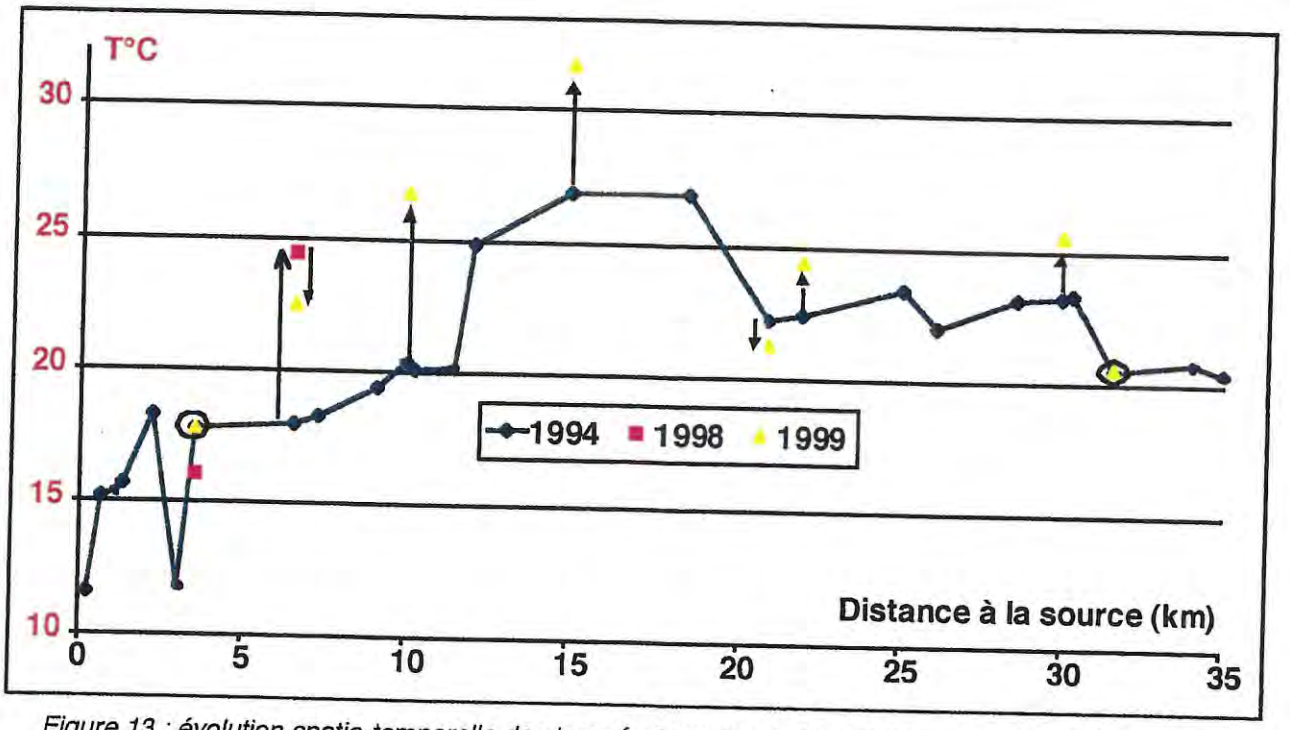


Figure 13 : évolution spatio-temporelle des températures maximales moyennes de l'eau du Drugeon

La station du Pont SNCF situé au centre du secteur décorrigé entre Vaux et Bonnevaux indique une augmentation de pres de 5°C des températures maximales estivales de l'eau. Même si la prédominance du faciès lentique qui caractérise ce site le rend peu représentatif de cette portion du Drugeon apical, le réchauffement observé sur ce secteur depuis les travaux de réaménagement est net.

Stations	**1994**	1998	**1999**	Mois le plus chaud en 1999
Vaux	**17.9**	16.2	**17.8**	du 19/08 au 15/09
Pont SNCF	**18.1**	24.5	**22.6**	du 15/06 au 12/07
Moulin Bonnevaux	**20.1**		**26.8**	du 25/08 au 21/09
Amont Bouverans	**26.9**		**31.7**	du 18/08 au 14/09
La Rivière Drugeon	**22.3**		**21.4**	du 26/08 au 22/09
Bannans	**22.5**		**24.5**	du 18/08 au 14/09
Houtaud	**23.3**		**25.6**	du 23/08 au 19/09
Vuillecin	**20.6**		**20.7**	du 23/08 au 19/08

Tableau XIX : comparaison des températures maximales moyennes des 30 jours les plus chauds enregistrées sur le Drugeon en 1994, 1999, et 1998.

À l'aval de Vaux, l'écart des températures mesurées à 5 années d'intervalle n'est pas constant d'une station à l'autre (fig. 13). En effet, en 1999, l'intensité relative du réchauffement est plus importante dans les secteur de perte karstiques et d'assec. En revanche, les rafraîchissements relatifs liés aux exurgences de l'aval de La-Rivière-Drugeon et de l'aval de Chaffois sont amplifiés puisque les températures à l'amont et à l'aval de ces zones chute respectivement de 5,8 et 6,3 degré en 1999 contre 4,4 et 2,7 °C en 1994.

Les relations entre nappes de surface et débits karstiques semblent particulièrement compliquées puisque la période la plus chaude varie de juin à octobre d'une station à l'autre, sans organisation spatiale évidente (tab. XXIX). Parallèlement, les dates des 30 jours les plus chauds déterminées pour une même station diffèrent fortement d'une année à l'autre. Par exemple, à Vaux, le réchauffement maximal est advenu du 19/06 au 16/07 pour 1998 et du 19/08 au 15/09 pour 1999, alors qu'au pont SNCF il a été enregistré du 03/07 au 02/08 pour 1998 et du 15/06 au 12/07 pour 1999. Pour ces 2 stations, les dates de la période la plus chaude ne varient donc pas de façon synchrone entre 1998 et 1999.

Causes et conséquences du réchauffement estival

Le net réchauffement des températures maximales de l'eau du Drugeon depuis la réhabilitation de cette portion est plutôt décevant et surtout préoccupant. En effet, cette tendance contribue très certainement à expliquer la lenteur de recolonisation du benthos et la régression de certains taxons sensibles sur la plupart des secteurs étudiés. En effet, d'une part, ces taxons montrent souvent une forte affinité pour l'eau froide. D'autre part le réchauffement de l'eau amplifie l'effet des dégradations de la qualité de l'eau, en particulier pour les pollutions de nature organiques qui sont suspectées à l'aval.

Les travaux de reméandrement pourraient être la raison principale de ce réchauffement estival, puisqu'en réduisant la pente, la vitesse d'écoulement global ralentit et augmente la durée d'insolation pour les masses d'eau. Toutefois, ce phénomène, qui se fait sentir à partir de Vaux, devrait être compensé par le rehaussement du niveau de la nappe et l'augmentation corrélative des débits d'étiage.

Or, les valeurs obtenues en 1998 sur 2 stations du Drugeon apical montrent que la surchauffe supplémentaire importante observée en 1998 a diminué par rapport à 1999. Cette variation pourrait correspondre à des différences hydroclimatiques interannuelles. Toutefois, une hypothèse alternative consiste à envisager que **les nappes de surface** réactivées dans la tourbière apicale et le secteur entre Vaux et **Bonnevaux ne fonctionnaient pas à plein régime en 1998**. Elles ne sont d'ailleurs peut être **pas encore totalement amorcées** à l'heure actuelle.

Le déficit d'alimentation en étiage observé en 1994 pour l'état rectifié n'est d'ailleurs pas totalement contrebalancé puisque **les débits estivaux sont encore très faibles. L'intensité et la durée des assecs** affectant de grandes portions du Bief Belin et du Drugeon moyen **n'ont pas non plus diminué**. Les raisons de cette non-atteinte de l'objectif de restauration de l'alimentation quantitative du Drugeon doivent être recherchées dans la qualité physique globale des sources et des zones de pertes. Une étude de l'évolution de l'occupation des sols du bassin versant depuis les années 50 devrait également être effectuée pour balayer toutes les causes possibles de cette diminution des débits d'étiage.

Méthode d'analyse de la qualité physique à l'échelle des tronçons

Ce diagnostic a été réalisé en suivant **l'approche standard** mise au point par la DR 5 du CSP et finalisée par nos soins. Contrairement aux approches physico-chimiques ou biologiques suffisamment pratiquées pour qu'aient pu être définis des protocoles d'échantillonnage normalisés et des référentiels interprétatifs, la détermination de la qualité physique des cours d'eau n'en est qu'à ses balbutiements. Sur la dizaine de méthodes expérimentales recensées au niveau national, celle que nous avons choisie présente plusieurs avantages majeurs.

1 Parmi l'ensemble des **échelles d'action emboîtées**, elle privilégie celles du tronçon fonctionnel, de la station et du faciès, dont **la prise en compte simultanée** permet de sanctionner les variations des différents ressorts de la qualité physique déterminant les capacités biogènes.

2 Elle fournit des résultats relatifs qui sont interprétés par rapport à une **référence** propre permettant de démêler l'importance relative des pressions anthropiques et des limites naturelles du potentiel.

3 Sa **portée globale, doublée d'une orientation piscicole marquée**, la rend particulièrement adaptée à la problématique posée ;

4 Sa capacité à **quantifier** un état et à en **différencier les causes** permet d'exploiter les résultats obtenus dans le triple cadre du diagnostic initial, de la définition des remèdes et de l'évaluation objective, après travaux, de l'impact des actions entreprises.

La mise en œuvre de cette méthode commence par la **sectorisation** du cours d'eau qui est découpé en tronçons. Puis la capacité biogène de chacune de ces unités est caractérisée par la **description des 4 composantes fondamentales de la qualité physique** telle qu'elle est définie par nos objectifs et par notre échelle de travail : l'hétérogénéité du lit d'étiage, son attractivité, sa stabilité et sa connectivité avec les autres compartiments du corridor fluvial (fig. 14). Enfin, les éléments favorables et défavorables recensés sont quantifiés et des **scores synthétiques** peuvent être calculés.

Sectorisation

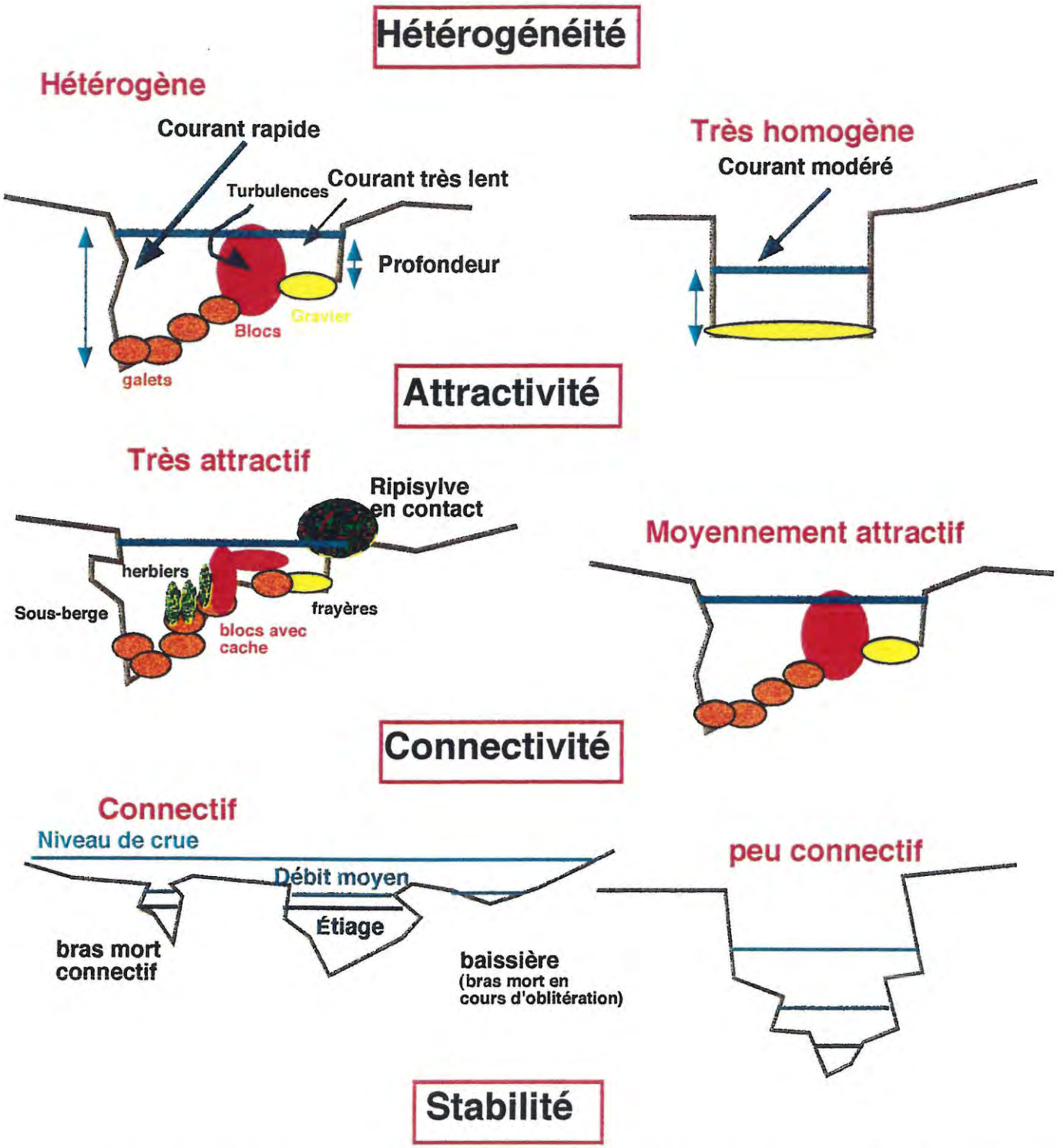
La sectorisation du cours d'eau consiste à découper la rivière en tronçons mesurant de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres de long. Ces unités sont délimitées de façon à être homogènes aux points de vue géomorphologique (pente, forme du lit, nature du substratum,...) et habitationnel (qualité des substrats, diversité des vitesses du courant et des profondeurs), ainsi qu'en termes d'état dynamique (érosion, sédimentation, état des berges) et de degré d'artificialisation (aménagements structurants en particulier ...).

Ce découpage en tronçons est basé sur l'étude des cartes IGN 1/25 000^{e} et géologique (pente, dimension et forme du lit, sinuosité, changement de substratum ...). La sectorisation est généralement affinée par une première reconnaissance de terrain.

Descriptions standard par tronçons

Chaque tronçon fait ensuite l'objet d'une description standard fondée sur des mesures de terrain opérées à l'aide d'une grille normalisée (ann. 3). Dans ce cadre, l'hétérogénéité et l'attractivité biogène sont appréhendées à partir de descripteurs et de métriques divers, dont le linéaire de chaque faciès d'écoulement, la quantité des différents abris et caches

Figure 14 : illustration sommaire de la définition des 4 composantes de la qualité physique des cours d'eau



rencontrés, la largeur du lit mineur et de la lame d'eau, les profondeurs minimales et maximales rencontrées, la présence d'affluents, ...

Parallèlement, l'appréciation de l'état dynamique est réalisée par la même approche à l'aide de plusieurs descripteurs, dont le nombre de seuils d'érosion régressive, le linéaire de berges stables et instables, la hauteur d'incision, le type de substratum, ... Les relevés de terrain doivent, autant que possible, être réalisés en étiage estival, période durant laquelle la visibilité du fond et des substrats est la meilleure, où la végétation aquatique est bien développée et où les conditions limitantes apparaissent le mieux.

Chiffrage des 4 composantes pour chaque tronçon

Les données récoltées sur le terrain sont intégrées dans le calcul de scores et de notes destinées à faciliter leur interprétation. Pour chaque tronçon, les 4 composantes fondamentales de qualité physique sont appréciées à l'aide de 4 scores différents (fig. 14) :

1 **Le score d'hétérogénéité** sanctionne le degré de variété des formes, des substrats/supports, des vitesses de courant et des hauteurs d'eau du lit d'étiage ; plus ce score est élevé, plus les ressources physiques sont diversifiées.

2 **Le score d'attractivité** intègre la qualité des substrats (= intérêt global des substrats/supports pour les poissons), la qualité et la quantité des caches et des abris ainsi que l'existence et la variété des frayères.

3 **Le score de connectivité** caractérise la fonctionnalité de la zone inondable ainsi que la fréquence des contacts entre la rivière et les interfaces emboîtées que constituent la ripisylve et le lit "moyen" ; il apprécie également le degré de compartimentage longitudinal par les barrages et les seuils, ainsi que les possibilités de circulation des poissons migrateurs ou "sédentaires".

4 **Le score de stabilité** des berges et du lit traduit l'importance des érosions régressives (fréquence des seuils), progressive et latérale (proportion de méandres instables), de l'état des berges (degré d'érosion), de l'incision, ...

Évidemment, **les 4 composantes** ne sont pas indépendantes : elles **interfèrent** largement les unes sur les autres, **sans toutefois être redondantes**. En outre, les 3 premiers scores sont relatifs, et doivent être comparés avec ceux qui sont obtenus sur l'ensemble des tronçons. **L'interprétation** peut être fondée sur les notes obtenues sur un **secteur "référentiel" ou "sub-référentiel"** présentant une qualité physique intacte dont témoignent des peuplements et des populations piscicoles de bonne qualité (en relation avec le niveau typologique auquel le secteur de référence peut être rattaché). Toutefois, **la démarche idéale** consiste, lorsque les données existent, à pouvoir **évaluer le degré d'altération** de chaque tronçon d'après **l'évolution historique de sa qualité physique**.

L'état de la qualité physique des tronçons en 1999

Plusieurs tronçons ou secteurs fonctionnels ont été découpés le long du Drugeon du Bief Belin au pont de Bannans afin d'obtenir des unités homogènes sur le plan à la fois géomorphologique et biotypologique, suivant les descripteurs discriminants explicités ci-dessus. Sur ce principe, 17 unités fonctionnelles ont été identifiées puis regroupées en 6 ensembles correspondant à des situations identifiées et définies après les travaux de reméandrement (fig. 15).

Comme dans le cas de l'analyse des mosaïques d'habitats, une partie des mesures ont dû être réalisées en automne pour cause d'assèchement estival (tab. XXX). Les notes attribuées aux tronçons correspondant sont donc fortement surestimées par rapport à l'appréciation de la qualité physique réelle qui, en l'absence d'eau, doit être considérée comme nulle.

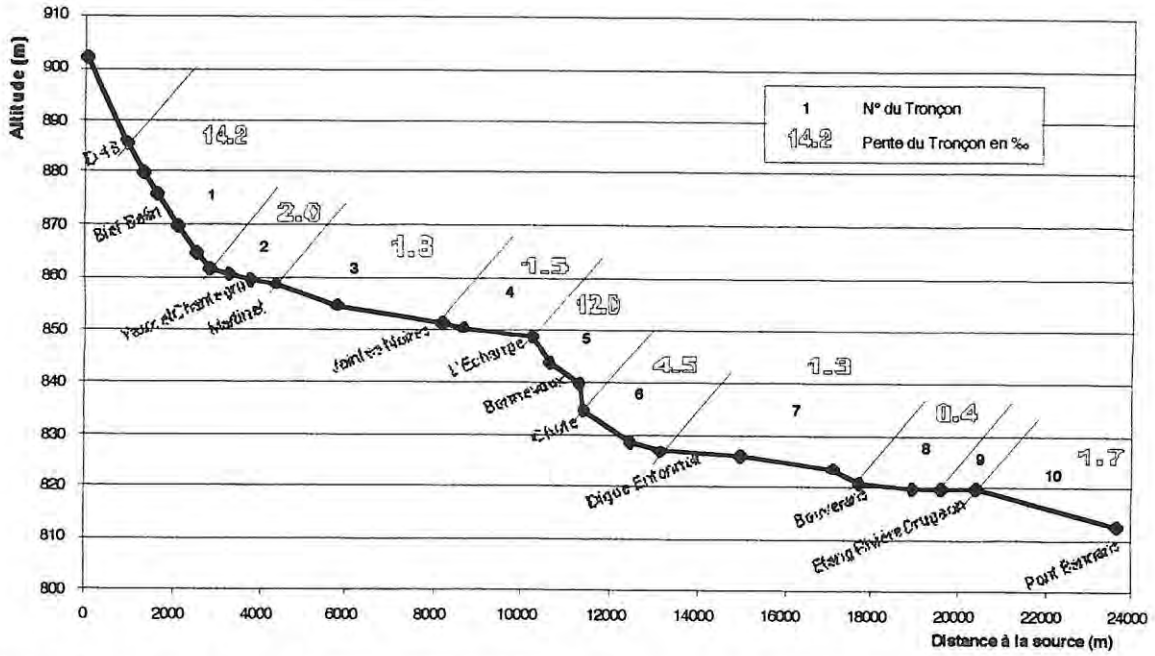


Figure 15 : évolution spatio-temporelle des températures maximales moyennes de l'eau du Drugeon

L'ensemble Bief Belin - Grandes Rayes

Tronçon 1-a : Le secteur en cours de réajustement morphologique

Ce tronçon du Bief Belin est situé à l'aval de la Départementale 481 et mesure 183 m. Malgré sa faible longueur, il a été différencié du reste du Bief Belin car il a été artificialisé moins sévèrement ou depuis plus longtemps que la partie aval. Il montre pour cela une tendance à se reconstituer un lit d'allure sub-naturelle.

Toutefois, malgré son allure méandriforme, ce secteur présente une hétérogénéité médiocre. Certes, la diversité physique est ici pénalisée par la faible longueur du tronçon. Toutefois, cette uniformité doit surtout être imputée aux effets des anciens curage ou/et à l'érosion régressive due à la sévérité de la rectification subie par l'aval.

Tableau XXX : scores de qualité physique globale des tronçons délimités sur le Drugeon apical et moyen

Rivière	Trç	Ss-un.	Limite amont	Limite aval	Score Hétérogénéité /111	classe	Attractivité Score /90	classe	Connectivité Score /130	classe	Stabilité Score -60 / 40	tendance	coef	Qualité physique Score	classe
G. Rayes	0	0a	Captage	D 481	40	B	20	D	69	A	-1	Equilibre	0,85	3 519	B
G. Rayes	0	0b	D 481	Confluence	13	E	13	D	18	D	-12	Erosion	1	475	D
Bief Belin	1	1a	D 481	200 m aval D 481	26	D	22	D	71	A	1	Equilibre	0,85	2 909	C
Bief Belin	1	1b	200 m aval D 481	Confluence	30	C	22	D	48	C	-16	Erosion	1	2 501	C
Drugeon	2	2	Confl. Bief Belin	Le Martinet	25	D	16	D	32	D	10	Sédiment.	0,75	971	D
Drugeon	3	3a	Le Martinet	Pré Vaillon	51	A	34	B	67	A	1	Equilibre	1,25	7 101	A
Drugeon	3	3b	Pré Vaillon	Jointes Noires	43	B	30	C	77	A	13	Sédiment.	0,75	4 222	B
Drugeon	4	4a	Jointes Noires	Gué / +786m	23	D	30	C	41	C	-17	Erosion	1	2 185	C
Drugeon	4	4b	Gué / +786m	L'Echange	17	D	17	D	39	C	-12	Erosion	1	1 338	D
Drugeon	5	5	L'Echange	Chute Bonnevaux	33	C	17	D	34	C	-13	Erosion	1	1 716	C
Drugeon	6	6	Chute Bonnevaux	Prise d'eau du lac	30	D	18	D	37	C	-5	Equilibre	0,85	1 522	D
Drugeon	7	7	Prise d'eau du lac	fin digue	32	C	30	C	68	B	6	Equilibre	0,85	3 555	B
Drugeon	8	8a	fin digue	280 m aval pont SNCF	54	A	38	B	92	A	15	sédiment.	0,75	6 331	B
Drugeon	8	8b	280 m aval pont SNCF	Amont Bouverans	32	C	23	D	72	A	-12	Erosion	1	3 924	B
Drugeon	9	9a	Amont Bouverans	250 m aval 2° pont Bouv.	20	D	28	C	60	B	18	sédiment.	0,75	2 160	C
Drugeon	9	9b	250 m aval 2° pont Bouv.	Etang La Rivière D.	20	D	15	C	78	A	40	sédiment.	0,75	2 041	C
Drugeon	10	10	Etang La Rivière D.	Pont Bannans	29	C	18	D	63	B	10	sédiment.	0,75	2 221	C

A	>50	> 45	> 65	>10	sédiment.	> 6500	
B	40 - 50	34 - 45	49 - 65	-10 / 10	Equilibre	3500 - 6500	
C	28 - 40	23 - 34	33 - 49	-25 / -10	Erosion	1500 - 3500	
D	14 - 28	11 - 23	16 - 33	-60 / -25	Forte érosion	400 - 1500	
E	< 14	< 11	< 16			< 400	

STABILITE	40/10	10 / -10	-10 / -25	-25 / -60
Si Hétérogène (>50)	0,75	1,25	1	0,85
Si Homogène (<50)	0,75	0,85	1	0,85

La baisse de la ligne d'eau induite par cette artificialisation du cours d'eau affecte l'attractivité du tronçon, en mettant hors d'eau les caches potentielles formées par les branchages et les sous-berges. En revanche, en moyennes eaux, ce potentiel attractif est parfaitement actif.

C'est la connectivité qui démarque donc ce tronçon du reste du Bief Belin. Les berges basses sont couvertes d'une végétation mixte composée d'une alternance de buissons et d'une frange herbacée. Parallèlement, le lit mineur est dépourvu d'obstacles à la migration. Cette partie amont du Bief Belin sert donc de référence du point de vue de la connectivité et de la qualité des interfaces.

Toutefois, en étiage, ce secteur drainé par le lit rectiligne de la portion aval est presque complètement asséché. Il ne reste que quelques vasques ou l'eau stagne et se réchauffe. Sa qualité physique globale réelle est donc proche de zéro

Tronçon 1-b : Le secteur rectiligne

Ce tronçon en aval du précédent prend fin à sa confluence avec le Drugeon proprement dit, en aval de la scierie. D'une pente globale de 14.2 ‰, cette portion sub-rectiligne de 1546 m de long a été jadis rectifiée et curée sévèrement. En 1998, plusieurs aménagements ponctuels ont été effectués sur ce secteur afin de diversifier et de stabiliser le lit, sujet à l'auto-incision. Une dizaine de seuils de fond protégés par des enrochements ont été implantés sur la partie amont. Plus ponctuellement, les berges, très érodées, de l'unique méandre qui marque le milieu de ce tronçon ont été reprofilées. Enfin des banquettes en fascines alternées ont été mises en place sur la portion la plus en aval.

En dépit des travaux réalisés, le secteur pâtit de sévères assèchements estivaux qui pénalisent donc fortement l'édifice biologique aquatique en cette période cruciale pour la faune. En l'absence d'eau, sa véritable note de qualité physique est 0.

Lorsqu'il est en eau, ce tronçon rectiligne est caractérisé par une alternance monotone de radiers et de plats. L'homogénéité des hauteurs d'eau, des vitesses d'écoulement et des substrats, constitué uniquement de galets-graviers est flagrante. Toutefois les variations de largeurs du lit d'étiage et surtout du lit mineur induisent une certaine diversité, renforcée localement par certains seuils et par les 2 méandres du secteur des Arbeys.

Ce tronçon possède une déficience d'attractivité, caractérisé par le très faible taux des caches recensées tout au long du linéaire (0.4 %). Les rares abris recensés sont d'ailleurs d'une qualité médiocre.

La hauteur des berges abrupte de ce secteur rectifié, puis enfoncé par l'auto-incision réduit fortement la connectivité. En outre, les 14 petits seuils implantés en 1998, fragmentent ce linéaire, même s'ils sont franchissables. En revanche, deux des trois buses carrés servant de pont-cadre pour les chemins agricoles sont calées à une altitude trop haute : la lame d'eau qui les travers est trop mince et ne permet pas pour la majorité des débits la circulation des poissons (photo 4). Surtout l'assèchement du lit sur une longueur de 470 m soit 30 % du linéaire hypothèque complètement la connectivité longitudinale en étiage.

L'instabilité de ce tronçon a été enrayée par l'implantation de petits seuils, en particuliers sur la partie amont. Toutefois, les signes d'érosion régressive et latérale sont encore manifestes et déstabilisent les berges de la partie moyenne du Bief Belin. Parallèlement, les banquettes alternées en fascines installées sur la partie aval, juste avant la confluence ont été mal dimensionnées et sont déstabilisée et contournée par l'érosion.

Tronçon 0-a : Le secteur non rectifié

Situé en amont de la départementale 481, ce secteur de l'affluent en rive droite du Bief Belin correspond à un état naturel protégé des travaux de rectification des années 60 à 70. Malheureusement la rectification aval et surtout un pompage à la source semble tarir les

débits d'étiage : le bon potentiel de ce secteur est donc réduit à zéro par l'insuffisance d'eau. La notation de ce tronçon ayant été réalisée en basse eau ne correspond pas à la situation optimale.

Tout comme le tronçon 1-a, l'hétérogénéité et l'attractivité sont sous-évaluées à cause de la faiblesse du linéaire mesuré (264 m). L'hétérogénéité globale, toutefois assez forte, sanctionne la très forte sinuosité de ce secteur méandriforme. L'attractivité, associée à la présence de sous berges de qualité est pénalisée par la baisse de la ligne d'eau.

En revanche, la connectivité est forte, principalement grâce à la fonctionnalité du lit moyen. Cette situation tranche avec l'aval de l'affluent (tronçon 0-b), encaissé et uniformisé par la rectification. Le score de stabilité sanctionne l'équilibre dynamique résultant de la légère érosion du lit et des dépôts d'une granulométrie assez fine (graviers). Au cœur de l'étiage estival, ce secteur est resté longtemps en eau alors que le Bief Belin apical s'asséchait entièrement. Toutefois, l'amont des Grandes Rayes, drainé par la partie aval rectifiée et tarit par le captage à la source, se réduit en été à une succession de vasques d'eau stagnantes

Tronçon 0-b : la partie rectiligne

Ce tronçon rectifié pendant les années 60 s'étend de l'aval immédiat de la départementale 481, jusqu'à la confluence avec le Bief Belin. Constitué d'un long radier uniforme, il représente la plus mauvaise situation rencontrée pendant l'étude.

L'extrême homogénéité du lit et son inhospitalité généralisée sont accentuées, comme pour l'amont, par sa faible longueur (176 m). De plus, le fort encaissement du lit empêche toute connectivité latérale.

Premier bilan sur la qualité physique globale du Bief Belin en 1999

Comme nous avons pu le voir, le secteur rectiligne du Bief Belin en dépit des interventions réalisé dans son lit, ne retrouve pas le niveau de qualité physique des 2 secteurs sub-naturels (tab. XXX). Le secteur subméandriforme des Arbey, associé à une meilleure hétérogénéité morphologique reste tout de même très peu attractif.

Ce bilan, réalisé après les pluies d'automne, est d'ailleurs volontairement surestimé puisque l'assèchement du Bief Belin n'a pas été enrayé par les travaux de réhabilitation. La diversité qu'ils ont induite, très localisée, reste nettement inférieure à celle de la situation référentielle, pourtant sous-évaluée, des Grandes Rayes amont.

Le Drugeon à Vaux et Chantegrue

Tronçon 2 : La traversée de Vaux et Chantegrue

Ce secteur, allant de la confluence du Bief Belin à la scierie du Martinet, traverse la commune de Vaux et Chantegrue sur une longueur de 1494 m. Le Drugeon subit ici une pression anthropique très importante.

Les 4 composantes de la qualité physique de ce tronçon sont caractérisées par des scores médiocres. Tous les paramètres qualifiant l'hétérogénéité témoigne de son homogénéité globale, mais les variations de largeurs du lit d'étiage et du lit mineur sont particulièrement réduites tandis que la hauteur d'eau reste très uniforme sur cette portion du Drugeon.

L'attractivité de ce secteur se cantonne à celle de son substrat principal, les galets, car les caches de qualité sont inexistantes sur ce secteur. La connectivité est elle aussi très limitée, en raison de la hauteur des berges verticales protégées par des gabions sur plus de 40 %

du linéaire. Ce tronçon se distingue par sa forte stabilité induisant une légère sédimentation et révélée par les implantations locales d'hélophytes sur des dépôts de fines.

Le Drugeon reméandré de Vaux aux Jointe Noire

Ce secteur correspond à la portion reméandrée entre Vaux et Chantegrue et Bonnevaux pendant l'été 1997. Ce linéaire possédant une pente moyenne de 1.8 ‰ a été divisé pour traduire la succession de plusieurs séquences de faciès différentes.

Tronçon 3 a : du Martinet au Pré Vaillon

D'une longueur de 1546 m, ce tronçon du reméandrement amont, présente une séquence caractéristique de faciès type : radier/plat. Ce secteur correspond à la meilleure situation rencontrée sur le Drugeon au cours de cette étude. Avec un score de qualité physique s'élevant à 7 101, c'est pour l'instant le seul tronçon à atteindre la classe A.

La forte sinuosité de ce secteur induit une hétérogénéité élevée de l'ensemble des descripteurs. Une grande diversité des faciès, des vitesses d'écoulement, des substrats dominants, des largeurs du lit mineur a pu être observée. La connectivité est elle aussi importante, essentiellement en raison de la faible hauteur des berges (moins de 40 cm).

En revanche l'attractivité est encore limitée : les caches de bonne qualité ne représentent que 3.4 % du linéaire. Cet état va certainement s'améliorer puisque la végétation immergées, déjà présente, est en cours d'expansion. Or les hydrophytes fournissent des abris à la faune piscicole et benthique. Il en est de même pour les sous-berges qui se creusent progressivement et pour la ripisylve connective qui commence à s'installer.

Le score de stabilité sanctionne une situation d'équilibre dynamique entre l'érosion et la sédimentation. Cet état permet au lit de continuer à s'ajuster en douceur. L'analyse détaillée des différents paramètres qui composent l'hétérogénéité, l'attractivité et la connectivité du milieu montre que la qualité physique globale actuelle est encore loin de l'optimum présenté par ce secteur (ann. 3). Étant donné à la fois a jeunesse du lit et ses tendances hydrodynamiques, il paraît probable que le Drugeon remplira spontanément cette marge de progression et continuera à s'améliorer sur le plan physique.

Tronçon 3 b : du Pré Vaillon aux Jointes Noires

D'une longueur de 2 187 m, la deuxième partie du Drugeon apical reméandré aval, présente une séquence caractéristique de faciès type : radier / plat / mouille. Ce secteur dominé par des écoulements plus lents est associé à une moins bonne qualité physique globale que la portion amont (40 % inférieur). Ce tronçon reste cependant le deuxième du Drugeon sur une échelle de qualité globale décroissante.

La forte sinuosité induit une grande hétérogénéité des profondeurs et des substrats. La diversité des écoulements se traduit par une succession de 5 faciès : mouille, plat radier, méandre et système latéral. Le développement linéaire est tres élevé grâce à la présence de bras secondaires et d'autres annexes toujours en eau.

Pour l'instant, l'attractivité piscicole est faible car les caches sont encore peu nombreuses. Néanmoins, comme dans le cas du tronçon précédent, le développement des herbiers, la formation progressive de sous-berges et l'implantation même limitée de ripisylve connective devrait permettre d'augmenter considérablement la quantité d'abris à moyen terme. En outre, la présence de systèmes latéraux attractifs constitués de 2 bras secondaires et d'un affluent enrichit considérablement les capacités biogènes de ce secteur.

Parallèlement, ce tronçon possède une très forte connectivité. En effet, la faible hauteur des berges garantit la bonne fonctionnalité des zones inondables tandis qu'aucun obstacle à la circulation longitudinale des poissons n'a pu être répertorié.

L'existence de quelques seuils d'érosion régressive et d'une déstabilisation des berges est contrebalancée par la présence de bancs de sédimentation (fines ou sables) De ces deux tendances conjuguées il résultent donc un équilibre dynamique qui autorise un réajustement progressif du lit mineur, **probablement un peu trop recreusé par endroits** au moment des travaux de remises en eau des méandres originels.

Le Drugeon des Jointes Noires à la prise d'eau du Lac de Bouverans

Ce secteur, qui va de l'aval des Jointes Noires jusqu'au lac de l'Entonnoir, n'a bénéficié d'aucune intervention, en dépit des conseils importants formulés au moment de l'élaboration du Projet de restauration (EEC 1995). Cet ensemble a été divisé en trois tronçons correspondant respectivement à la section rectiligne jusqu'à l'Echange, à la traversée de Bonnevaux et à la portion joignant l'aval de la chute au plan d'eau.

Le tronçon 4 a été subdivisé en 2 sous-unités correspondant à 2 séquences de faciès différentes : radier/plat et radier/plat/mouille. En effet, ces deux séquences "type" se succèdent plusieurs fois le long de ce tronçon. Aussi, pour ne pas le morceler en 5 sous-unités, les 3 sous-unités structurées par la séquence "radier/plat/mouille" sont-elles regroupées dans l'unité 4a qui s'étend sur 1610 m, tandis que les secteurs dominés par la succession radier/plat sont rangés dans le groupe 4b qui totalise 550 m (tab. XXXI).

Sous unité	Faciès type	Limite amont	Limite aval	Longueur (m)
4a	radier / plat / mouille	Seuil des Jointes Noires	Gué aval des Jointes Noires	765
4b	radier / plat	Gué aval des Jointes Noires	250 m en aval du Gué des J N	256
4a	radier / plat / mouille	250 m en aval du Gué des J N	610 m en amont de l'Echange	529
4b	radier / plat	610 m en amont de l'Echange	315 m en amont de l'Echange	294
4a	radier / plat / mouille	315 m en amont de l'Echange	L'Echange	315

Tableau XXXI : subdivisions du tronçon 4

Tronçon 4 a : La partie rectiligne en amont de l'Echange

Ce secteur est associé à une qualité physique médiocre. Les travaux de rectification ont induit une homogénéité générale des descripteurs : les variations de largeurs du lit d'étiage sont réduites , les hauteurs d'eau, les vitesses et les substrats sont uniformes...

L'attractivité piscicole est également très limitée par l'absence de sous-berge, et par la faible densité des caches profondes baignées de courants turbulents ou/et d'une tranche d'eau suffisante. Toutefois il faut remarquer que la ripisylve envahissante offre un linéaire important d'abris de qualité appréciable. Le lit subit une auto-incision active. Ce phénomène déstabilise le tronçon et diminue fortement la connectivité du chenal.

Tronçon 4 b : La partie rectiligne en amont de l'Echange

La sous-unité 4 b ne possède que 2 faciès représentatifs (radier et plat). Sa qualité physique globale est encore plus mauvaise que celle de la sous-unité précédente.

L'ensemble des différents paramètres rendant compte de l'hétérogénéité est d'une uniformité impressionnante.

L'attractivité biogène est très faible sur ce secteur qui ne comporte pratiquement aucun abri piscicole. La connectivité du lit avec l'ancienne zone inondable est quasi-nulle. L'absence d'obstacle à la circulation du poisson est le seul avantage de ce secteur. Encore certaines portions de ce tronçon sont-elles susceptibles de s'assécher lors d'étiage rigoureux. Le compartimentage qui en découle hypothèque fortement la connectivité longitudinale.

Tronçon 5 : La traversée de Bonnevaux

Ce tronçon compris entre le pont de l'Echange et la Chute de Bonnevaux possède une assez forte pente de 12.0 ‰, et s'étend sur une longueur de 1065 m. La séquence de faciès type qui le caractérise est : radier/plat/mouille.

La forte pression anthropique subie par cette portion du Drugeon a fortement altéré sa qualité physique globale. Sur ce secteur non décorrigé, les rectifications et les curages successifs ont uniformisé les hauteurs d'eau, et homogénéisé les substrats tout en réduisant à néant les variations de largeurs des lits d'étiage et mineur ...

L'attractivité est également très faible, puisqu'elle se résume à celle des lits de galets qui prédominent. La ripisylve, minoritaire, n'est guère connective. La connectivité latérale est médiocre, à l'instar de celle du tronçon 2 de Vaux et Chantegrue, car les berges abruptes et hautes sont ici aussi sclérifiées par des gabions. En outre, à l'aval du tronçon, les chutes de Bonnevaux constituent des obstacles naturels infranchissables à la migration du poisson.

Enfin, l'érosion des berges de la partie amont montre le caractère instable de ce secteur. Durant les crues, l'enfoncement initialement provoqué et désormais auto-entretenu du chenal maintient une forte énergie dans le lit mineur.

Tronçon 6 : l'aval de la chute de Bonnevaux

Le secteur compris entre la Chute de Bonnevaux et la prise d'eau du lac de l'Entonnoir a **été sévèrement rectifiée** dans les années 60 à 70, **et n'a pu être restaurée** lors de la réhabilitation récente du Drugeon. Ce tronçon possède une pente de 4.5 ‰, pour une longueur de 1897 m. La séquence de faciès "type" qui le caractérise est : radier/plat.

Parsemé de failles, il subit de **sévères assecs estivaux** sur 780 m, soit 41 % de son linéaire. Pendant la belle saison, ces épisodes réduisent sa qualité physique à néant. Lorsqu'il est en eau, l'uniformité des écoulements pénalise fortement son hétérogénéité et son attractivité.

La ripisylve comporte 8 % d'éléments en contact mais les abris qu'elle procure sont d'une qualité insuffisante pour constituer des caches très biogènes. La connectivité longitudinale est pénalisée par les assèchements d'étiage qui interdisent provisoirement la circulation du poisson. La hauteur des berges abruptes ne favorise pas la fonctionnalité des zones inondables. Comme l'énergie des crues est cantonnée dans le chenal incisé, le tronçon se caractérise par un équilibre morphodynamique instable à tendance érosive.

En outre, l'eau stagnante des cuvettes isolées où se réfugie la faune aquatique s'échauffe terriblement. **Si l'on tient compte de l'assèchement des deux cinquièmes de son cours, la véritable note de qualité physique du tronçon avoisine 0.**

Le Drugeon de la prise de l'Entonnoir à Bouverans

Ce secteur allant de prise d'eau du lac de l'Entonnoir jusqu'à l'entrée du village de Bouverans s'écoule sur plus de 4 500 m suivant une pente modérée de 1,3 ‰. Il comporte 2 tronçons. Le secteur rectiligne qui longe le plan d'eau n'a pas été décorrigé. En contrepartie, la portion qui joint la sortie du marais du Varot à l'amont de Bouverans a été reméandrée et présente désormais une sinuosité intéressante. Ce tronçon a été divisé en 2 sous-unités associées chacune à une dynamique différente (tab. XXXII).

Sous-unité	Faciès type	Limite amont	Limite aval	Longueur (m)
8-a	Radier /plat/ mouille	Aval de la Digue	280 m aval pont SNCF	1 612
8-b	Radier/plat + mouille en formation	280 m aval pont SNCF	Entré de Bouverans	1 750

Tableau XXXIi : subdivisions du tronçon 8

Tronçon 7 : le long du lac de l'Entonnoir

Le tronçon d'environ 1200 m qui borde le lac de l'Entonnoir jusqu'au droit de l'étang Berthelot est complètement rectiligne. Il possède une pente très faible valant moins de 0,8 ‰. Cette partie n'a bénéficié d'aucune action de décorrection, mais la digue qui la sépare du marais du Varot a été renforcée tandis que quelques aménagements ponctuels augmentent localement la diversité physique.

Malgré ces améliorations, l'ensemble du linéaire présente une forte uniformité (largeurs de lit constant, substrats envasés, hauteurs et vitesses homogènes...). Les caractéristiques morphologiques et en particulier les largeurs et les profondeurs du chenal sont très uniformes. Les substrats homogènes sont dominés par les graviers.

L'attractivité de ce secteurs est aussi limitée par l'absence de caches ou d'abris. En revanche, l'interface avec la zone humide est intéressante, d'autant plus que le tronçon est en relation avec l'afférence et un exutoire du d'eau de l'Entonnoir. En outre la végétation de bordure est constituée d'un mélange équilibré de ligneux et d'herbacés. Toutefois, la hauteur des berges, qui vaut en moyenne 80 cm en étiage, limite la connectivité de ces éléments.

Tronçon 8-a : de la Digue à l'aval du pont SNCF

Cette sous-unité, d'une longueur totale de plus de 1650 m, est caractérisée par une succession de faciès suivant la séquence : radier/plat/mouille. La qualité physique de ce tronçon correspond à une bonne situation, principalement en raison de la qualité des interfaces. En effet, la hauteur de berges est généralement inférieure à 50 cm, sauf sur certains secteur reméandrés mais trop recreusés.

Cette bonne connectivité latérale et longitudinale est renforcée par la présence d'un bras mort et d'un affluent pérenne (la raie du Lotaud). Ces annexes représentent également un atout du point de vue de l'attractivité, et contrebalancent quelque peu le faible taux des caches de qualité ainsi que la prépondérance actuelles des fines et des graviers, aux capacités biogènes limitées. Les herbiers en cours de développement, la progression de la ripisylve et les amorces de sous-berges laissent espérer une augmentation rapide de l'attractivité de ce secteur.

La fonctionnalité de la zone inondable de ce tronçon favorise la dissipation de l'énergie des crues et constitue un facteur de stabilité morphologique. Toutefois, deux dysfonctionnements hydrodynamiques subsistent sur ce secteur.

D'une part, la zone "Derrière Cointant" présente des difficultés de ressuyages, non gênantes sur le plan biogène, mais qui rendent difficiles les pratiques de pâturage. Cette tendance s'expliquent par la présence probable d'un bras secondaire originel, désormais comblé. Cette modification du tracé originel aurait nécessité un ajustement du bras principal, désormais reconnecté, combinée avec un meilleur remblaiement de l'ancien lit rectiligne.

D'autre part, la jonction entre le lit originel et le lit rectiligne conservé pour franchir le pont TGV est déstabilisée, probablement en raison d'un mauvais dimensionnement de ce raccord. Les protections végétales ont été contournées. Ce site constitue en effet un secteur d'étranglement, qui collectait jadis les deux bras originel et son calage topographique imparfait contribue probablement à l'engorgement du secteur.

Tronçon 8-b : de l'aval du Pont SNCF au Pont de Bouverans

Cette sous-unité, qui s'écoule sur plus de 1 700 m, a également été décorrigée en 1998 et présente une sinuosité notoire. Toutefois, en septembre 1999, au moment des mesures standard, le tronçon ne présentait qu'une alternance uniforme de plat et de radiers.

L'hétérogénéité et l'attractivité mesurées sont plutôt faibles car la mosaïque de substrats est réduite à une succession de graviers/galets, de fines et de plages marneuses ou tourbeuses. Cette homogénéité des dépôts, comme la faible représentation de la végétation aquatique, peut être attribué à la jeunesse de l'assise de ce secteur.

En contrepartie , la connectivité était alors élevée, car la hauteur des berges restait inférieure à 40 cm. Toutefois, les parties moyenne et aval de ce secteur sont en cours de réajustement morphologique. Dès l'automne 1999, des seuils d'érosion régressive d'importance notoire, et localement le fort décapage des berges montraient une instabilité grandissante. Les crues de l'hiver ont aggravé ces tendances et provoqué des affouillements qui forment désormais des amorces de mouilles (photo 40).

Comme dans le cas de la sous-unité amont, mais avec des effet différents dus à une pente un peu plus forte, la cause de cette instabilité est liée au cantonnement du Drugeon dans un seul bras au lieu des deux originels. Le dimensionnement imparfait de ce bras uniques à la fois dans son tracé en plan et pour son profil en travers n'a pas permis de compenser le surcroît d'énergie qu'il doit contenir.

Ce processus est susceptible de provoquer deux séries contradictoire d'effets potentiels. Leur efficience respective dépend des contraintes que l'on fera subir au cours d'eau. Si l'on maintient de force le tracé en plan, l'érosion risque d'induire un fort enfoncement du lit. Si, en revanche, l'on tolère l'érosion latérale voir une légère divagation, cette érosion différentielle constituera un moteur de diversité en créant une alternance de dépôt et de fosse.

Ce mécanisme contribuera à autoréguler l'érosion en rechargeant le transport solide Dans ce deuxième cas, évidemment préférable sur le plan biogène il conviendra tout de même d'aider le cours d'eau à se réajuster en reprofilant certaines berges dans des secteurs ou le lit est d'ores et déjà enfoncé (photo 12 en hautes eaux ; rajouter 30 à 50 cm pour imaginer la hauteur des berges en basses eaux).

Le Drugeon de Bouverans au Pont de Bannans

Ce secteur possède une très faible pente générale de 0.4 ‰ et présente une physionomie partagée. La partie amont, correspondant à la traversée de Bouverans, s'apparente à une succession de radiers et de plats, alors que l'aval, tributaire du niveau de

l'étang de La Rivière-Drugeon n'est constitué, en étiage, que d'une longue mouille monotone.

Tronçon 9 a : La traversée de Bouverans

Cette sous-unité de 887 m part de 370 m en amont du pont principal (amont) de Bouverans et s'étend jusqu'à 280 m en aval du 2° pont (aval). Comme pour les différents tronçons correspondant à la traversée d'une agglomération, la qualité physique est globalement médiocre.

L'hétérogénéité est ici le facteur le plus déclassant. Les hauteurs d'eau, les largeurs extrêmes du lit d'étiage et du lit mineur sont très uniformes. Les substrats principaux sont dominés par des graviers.

Toutefois, ces gravières offrent un support potentiel de reproduction pour plusieurs espèces de poissons. De plus, une alternance d'herbiers d'hélophytes et de branchages immergés fournit quelques abris attractifs, notoires dans ce contexte anthropisé.

L'absence d'obstacle et surtout la présence d'une frange herbacée en contact avec le lit d'étiage maintiennent une connectivité convenable lors de la traversée du village. La stabilité qui caractérise cette unité est due à la faible pente de l'ensemble du secteur, verrouillé à l'aval par le barrage de la Rivière Drugeon

Tronçon 9 b : l'amont de l'étang de La Rivière-Drugeon

Ce tronçon partant de 250 m en aval du pont aval de Bouverans prend fin à l'amont de l'étang. D'une longueur de 1 143 m, ce secteur lentique très envasé où la végétation tient une part prédominante possède une qualité physique modérée.

Hydrophytes et Hélophytes maintiennent une attractivité résiduelle minimale pendant la belle saisons. Toutefois, la surface de ces herbiers se réduit considérablement en hiver.

L'uniformité du faciès unique dicte une homogénéité globale des descripteurs (hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, substrats principaux, largeurs de lit...). La connectivité est élevée en raison de la faible hauteur des berges. La frange herbacée est en contact avec l'eau de même que les rares éléments de la ripisylve.

Tronçon 9bis : L'étang de La Rivière-Drugeon

Cette unité sort du cadre de l'application de la méthodologie mise en œuvre. Remarquons toutefois que le plan d'eau présente des caractéristiques habitationnelles peu diversifiées , dues à son envasement mais aussi sans doute à sa morphologie originelle d'étang à carpe.

Tronçon 10 : de La Rivière-Drugeon au pont de Bannans

Ce secteur compris entre l'aval de l'étang de La Rivière et le pont de Bannans mesure 3 264 m et s'écoule suivant une pente moyenne de 1.5 ‰. Il a été renaturé par reméandrement quelques mois seulement avant l'étude. La séquence de faciès type qui le caractérisait en Septembre 1999 est radier/plat.

La jeunesse de la reprise des anciens méandres n'as pas encore permis au Drugeon d'exprimer totalement son potentiel physique. C'est pourquoi la mesure indique pour l'instant une qualité physique médiocre. Si la reconstitution d'une sinuosité marquée laisse espérer, à terme, un gain notoire d'hétérogénéité, l'ensemble des descripteurs montre actuellement une faible diversité habitationelle.

Comme pour le tronçon 8b, reméandré en septembre 98, l'attractivité mesurée en septembre 1999 est très faible. La composition encore exclusivement minérale du substratum de galets et graviers n'offre que très peu de caches de qualité. Le manque d'abris aggravé par l'inexistence de la ripisylve, n'est encore compensé ni par l'installation des herbiers, ni par la formation des sous-berges.

Les tendances érosives naturellement différentielles de ce secteur méandriforme se traduit d'ores et déjà par la création d'une alternance de mouilles et de dépôts. Toutefois, la forme de la section imposée au lit, combinée avec l'implantation de protections végétales, pas toujours adaptées, induisent un décapage stérilisant les berges à plusieurs endroits. Ce mécanismes est particulièrement flagrant au niveau de la nouvelle station d'épuration.

Pourtant, grâce à la reprise du lit originel, la connectivité de la presque totalité du tronçon est assez bonne, malgré les "diguettes" dont il est parsemé. En revanche, le barrage de l'étang de La Rivière-Drugeon empêche toute circulation avec l'amont du cours d'eau. Du côté aval, le sous-dimensionnement de la passe à poisson qui équipe le seuil du moulin de Bannans limite l'éventail de débit où elle est complètement fonctionnelle (cf. §IV).

Sur cette partie terminale, le tronçon, possédant une très faible pente, présente une légère tendance à la sédimentation. Ce processus est accentué dans le bras droit permanent qui collecte le Gouterot, à l'amont immédiat du pont. Le caractère lénitique de cette mouille est renforcé par le seuil restauré du Moulin de Bannans.

Parallèlement, l'ancien lit rectiligne, qui flanque ce site sur la gauche, n'a pas été comblé afin de servir de chenal de crue. Cependant, le dimensionnement du "*venturi*" qui détermine la répartition des débits ne limite pas la fonctionnalité de ce bras aux hautes eaux. Comme ce chenal présente toutes les tendances uniformes et inattractives de la situation corrigée antérieure, il constitue la plupart du temps un secteur à faible capacité biogène.

Bilan et prévisions sur la qualité physique globale

Comparaison spatiale à l'échelle des tronçons

Il est difficile de qualifier globalement la qualité physique actuelle du Drugeon car **les opérations de réhabilitation ne sont pas synchrones**. Par conséquent les différents tronçons sont associés à des degrés de maturation différents. En fonction de la nature et de l'époque des modifications anthropiques subies par le Drugeon, sept catégories de situation peuvent être observés actuellement sur le Haut Drugeon et le Bief Belin

- secteurs naturels ou sub-naturels où aucune intervention n'a perturbé le système physique :

  0 a, l'amont des Grandes Rayes [naturel mais érosion+ pompage]

- secteurs modelés par les rectifications et les recalibrage des années 50 à 70 et non restaurés depuis :

  0 b, l'aval des Grandes Rayes
  2, la traversée de Vaux et Chantegrue
  4 b à 6, de l'amont à l'aval de Bonnevaux
  8 a/b, de Bouverans à La Rivère-Drugeon

- secteurs modelés par les rectifications et les recalibrage des années 50 à 70 et non restaurés depuis, mais bénéficiant de tendances naturelles ou anciennement encouragées (seuil pécheur) à la diversification :

  1 a, l'amont du Bief Belin ;
  4 a l'aval des Jointes Noires

- secteurs modelés par les rectifications et les recalibrage des années 50 à 70 et reméandrés 1997 :

  3 a/b, du Martinet aux Jointes Noires

- secteurs modelés par les rectifications et les recalibrage des années 50 à 70 et réaménagés en 1998 :

  1 b, les partie moyennes et aval du Bief Belin
  7, le Drugeon le long de la digue de l'entonnoir

- secteurs modelés par les rectifications et les recalibrage des années 50 à 70 et reméandrés en 1998 :

  7 a/b, de la fin de la digue à l'amont de Bouverans

- secteurs modelés par les rectifications et les recalibrage des années 50 à 70 et reméandrés en 1999 :

  10, l'aval de La Rivère-Drugeon

Le classement par ordre croissant des tronçons en fonction des scores de qualité physique globale qui leur ont été attribués montre que les 4 meilleurs tronçons sont ceux qui ont bénéficié d'une remise en connexion du lit originel (tab. XXXIII). Parmi cet ensemble, les meilleurs scores sont associés aux unités sur lesquelles cette intervention a été opérée depuis plus d'un an.

En particulier, le secteur reméandré en 1997 (tronçon 3 a/b) possède le meilleur état physique. Ces résultats encourageants inclinent à penser que la maturation du système peut encore améliorer l'attractivité et l'hétérogénéité des tronçons récemment réhabilités.

Ordre décroissant	Tronçon	Score QP Global	Tronçon	Score Hétérogén.	Tronçon	Score Attractivité	Tronçon	Score Connectiv.
1	3a	7101	8a	54	8a	38	8a	92
2	8a	6331	3a	51	3a	34	9b	78
3	3b	4222	3b	43	3b	30	3b	77
4	8b	3924	0a	40	4a	30	8b	72
5	7	3555	5	33	7	30	1a	71
6	0a	3519	7	32	9a	28	0a	69
7	1a	2909	8b	32	8b	23	7	68
8	1b	2501	6	30	1a	22	3a	67
9	10	2221	1b	30	1b	22	10	63
10	4a	2185	10	29	0a	20	9a	60
11	9a	2160	1a	26	6	18	1b	48
12	9b	2041	2	25	10	18	4a	41
13	5	1716	4a	23	4b	17	4b	39
14	6	1522	9a	20	5	17	6	37
15	4b	1338	9b	20	2	16	5	34
16	2	971	4b	17	9b	15	2	32
17	0b	475	0b	13	0b	13	0b	18

Tableau XXXIII : classement des différents scores par ordre décroissant ; les secteurs où une intervention de restauration a été effectuée depuis 1997 sont grisés.:

Le mauvais classement relatif des 2 secteurs naturels et sub-naturels des Grandes Rayes et surtout du Bief Belin amont s'explique par les effets combinés de l'érosion régressive induite par les rectifications aval et des pompages dont ils sont victimes. La pénalisation indiquée par les scores est probablement accentuée en raison de leur faible longueur, masquant principalement leur hétérogénéité. Les parties moyenne et aval du Bief Belin, qui n'ont bénéficié que d'un faible niveau de restauration, sont associées à une connectivité médiocre et connaît toujours de sévères assèchements. Ces scores médiocres lui ont pourtant été attribués durant une période humide et ils sont donc surestimés.

Dans l'absolu, aucun tronçon n'est encore associé à une hétérogénéité ni à une attractivité très forte. Le bon classement relatif, pour le second de ces deux critères, de secteurs jadis r mais ayant bénéficié d'une tendance à la diversification du lit (4a, 9a, 1a), résultent de la présence en leur sein d'herbiers et de végétaux aquatiques, ainsi que d'une ripisylve fonctionnelle. Cette tendance montre une fois encore l'importance de la maturation du lit pour l'installation de caches et d'abris, et donc pour la restauration de la qualité globale. Pour les secteurs renaturés, on peut donc prévoir, à moyen terme, une augmentation de la diversité avec le temps, qui devrait s'accompagner naturellement d'un accroissement de l'attractivité.

Confrontation des diagnostics aux deux échelles d'analyse

Afin de mieux comprendre les mécanismes de diversification situer l'état de la qualité physique entre les échelles d'analyse, nous allons tenter de comparer les valeurs obtenues sur la station avec l'indice attractivité morphologique et sur le tronçon avec le score globalisant la qualité physique (tab. XXXIV). Les 11 stations décrites correspondent à 6 tronçons analysés. Tous les tronçons ne sont pas représentés par une station.

Dans l'ensemble les diagnostics formulés aux 2 échelles sont concordants. Cette adéquation d'ensemble entre les 2 points de vue montre à la fois la bonne représentativité des stations au sein des tronçons et la cohérence interne des tronçons. Toutefois, dans certains cas, on observe un léger décalage entre les deux appréciations.

Ainsi les stations étudiées sur le Bief Belin sont-elles associées à des indices de qualité relativement plus élevés que le niveau de qualité physique global attribué au tronçon qui les contient. Cette inadéquation est due au caractère localisé et ponctuel de la diversification induit par la multiplication des petits seuils qui a été choisie pour réhabiliter ce secteur. Les points de vue se rejoignent toutefois si on tient compte des phases d'assèchement qui grève fortement la qualité physique de cet important affluent du Drugeon.

N° de tronçon	Classe de qualité physique globale	Nom de station	Classe de qualité des mosaïques d'habitat	Comparaison des 2 points de vue
0 a/b – 1a		/		
1b	C (E)	Les Gouttes d'Or Les Arbeys La scierie	C (E) B (E) C	Trç ≤St
2		/		
3a	A	Le Gué SNCF	A	Trç=St
3b	B	Le Pré Vaillon L'Isle Pernet Le Pont SNCF Les Jointes Noires amont	B B D C	Trç ≥ St
4a	C	Les Jointes Noires aval	C	Trç=St
4b – 5 – 6		/		
8a	B	Les Elayes	B	Trç=St
8b – 9a/b		/		
10	C	Chasaux	B	Trç ≤St

Tableau XXXIV : localisation des stations d'étude des mosaïques d'habitat au sein des tronçons
() valeur encas d'assèchement
= similarité des points de vues
≥ surestimation d'un point de vue par rapport à l'autre

Dans le cas du Pont SNCF et de l'amont des Jointes Noires, les capacités biogène évaluée pour les mosaïques d'habitat locales sont au contraire moins biogènes que celles qui ont été estimées pour l'ensemble du tronçon dont elles font partie. Cette configuration s'explique par la spécificité de ces stations. La première consiste en une grande mouille peu représentative créée par le maintien ponctuel, sans rehaussement du fond, du lit rectiligne qui a été conservé pour franchir le pont ferroviaire.

L'amont des Jointes Noires correspond également à une mouille, induite cette fois par le seuil artificiel qui marque la transition entre lit décorrigé et chenal laissé rectiligne. Dans les deux cas, il s'agit de situations artificielles bien délimitées au sein d'un secteur globalement reméandré.

En revanche, la meilleure qualité locale observée aux Chasaux par rapport à la tendance globale pourrait sanctionner la différence entre la reconnexion intégrale d'un ancien méandre, au sein duquel la station a été implantée, et la prédominance, sur l'ensemble du tronçon, d'un reméandrement artificiel sous contrainte spatiale. Bien sûr, ce secteur est encore jeune et il faut laisser le temps au Drugeon de se réajuster. Toutefois, des erreurs de dimensionnement du tracé en plan et du profil en travers du Drugeon sur la portion aval du tronçon pourrait expliquer l'inadéquation de point de vue observée ici.

Comparaison de l'état actuel à la situation avant travaux

La validité et la pertinence des tendances évolutives décelées lors de la comparaison spatiale effectuée en confrontant la qualité respective des différents secteurs de degré de maturation différente a été vérifiée en effectuant une comparaison temporelle pour chaque secteur (fig. 16). En effet, une approche expérimentale du degré d'altération de la qualité physique du Doubs apical et des affluents a été réalisée par la Délégation régionale de Lyon et la brigade départementale du Doubs du Conseil Supérieur de la Pêche en 1994.

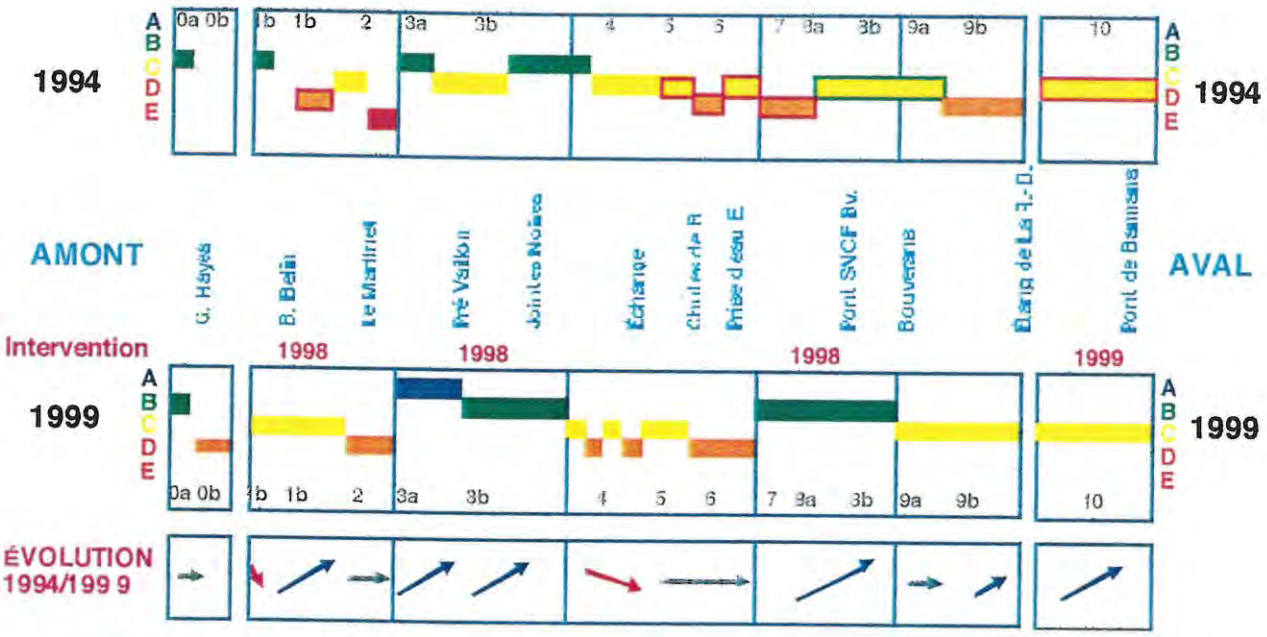


Figure 16 : comparaison de la qualité globale du Haut et du Moyen Drugeon avant et après restauration

La méthodologie employée actuellement est fortement inspirée de celle qui avait été mise au point à l'époque, même si les échelles de notation ont été affinées et si certains descripteurs ont été rajoutés. Toutefois la logique d'appréciation finale est similaire, ce qui autorise l'établissement d'une comparaison temporelle de la qualité physique du Haut Drugeon avant et après travaux.

Les systèmes de notation utilisés respectivement en 1994 et en 1999 sont équivalents mais pas strictement identiques. Par conséquent, seul **le classement global** résumant la qualité physique a été utilisée pour **confronter les deux situations**. En outre, les limites des tronçons diffèrent en raison des changements structurants occasionnés par les travaux de renaturation. Les regroupements de tronçon définis lors de la campagne d'analyse de 1999 vont nous permettre de confronter des ensemble comparables et de visualiser globalement les gains de qualité physique obtenus par la renaturation du Drugeon.

Le Bief Belin

Les parties moyenne et aval du Bief Belin passent d'une situation composite mixte BCD en 1994 à un qualité moyenne de classe C. En effet, ce secteur rectiligne consistait en 1994 en une alternance de tronçons homogènes inattractifs et de portions diversifiées au sein d'un lit moyen encaissé par une forte érosion régressive. Ce secteur se retrouvait régulièrement à sec durant une grande partie de l'étiage estival.

En 1999, la situation morphologique actuelle a été ponctuellement améliorée. Toutefois, les assèchements n'ont pas été enrayés. En outre, les perspectives de gains de qualité

physique semblent assez limitées, à moyen ou même à long terme, puisque le tracé en plan a été résolument bloqué sans que le niveau du fil d'eau n'ait été remonté.

Le Drugeon à Vaux et Chantegrue

L'état physique du Drugeon à travers l'agglomération de Vaux et Chantegrue n'a pas évolué, puisque aucune intervention d'importance n'a été réalisée sur cette portion de la rivière. Pour des raisons méthodologiques, ce tronçon avait été subdivisé en plusieurs tronçons en 1994. Leur qualité médiocre leur avait valu d'être rangé dans des classes variant de C à E, avec une valeur moyenne de D.

En 1999, le système de cotation attribue la même valeur moyenne à l'ensemble de ce secteur non restauré. Le projet prévoyait une augmentation du niveau des sources et une diversification contrôlée des portions urbaines qui n'ont pas été réalisées (cf. § IV).

Le Drugeon reméandré à l'aval de Vaux et Chantegrue

Ce secteur, fortement incisé suite aux opérations de curage/rectification des années 50 à 70, bénéficiait, en 1994, d'une bonne hétérogénéité des mosaïques d'écoulement et de substrats. Cette diversité de l'habitat du lité d'étiage résultait d'un long réajustement morphologique. Toutefois, son lit restait encaissé.

Cette forte incision du chenal induisait alors avec une importante érosion des berges. Ce processus permettait la lente reconstitution de la charge sédimentaire, moteur de diversité, mais diminuait conjointement les interfaces et réduisait fortement l'hospitalité du lit mineur en phase de crue.

Caractérisé par les classes B à C, en 94, le potentiel physique restauré en 99 montre un net gain, surtout pour la partie amont du secteur qui atteint une qualité sub-optimale (classe A). Cette qualité d'ensemble recouvre des situations nuancées du moyen à l'excellent. De nombreux indices permettent d'espérer une amélioration supplémentaire spontanée et progressive de l'ensemble du secteur qui devrait, à moyen terme, atteindre l'excellence.

Le Drugeon des Jointes Noires à la prise d'eau de l'Entonnoir

Cette partie durement rectifiée n'as bénéficié d'aucune intervention de réhabilitation. La situation médiocre est restée inchangée. Cette stabilité est sanctionnée par la similarité des classes de qualité oscillant de C à D, en 94 comme en 99.

Le Drugeon du Lac de l'Entonnoir à l'amont de Bouverans

La partie amont de ce tronçon, qui consiste en une longue portion rectiligne le long de la digue de l'Entonnoir, a bénéficié, en 1998, d'aménagements destinés à créer une diversification ménagée. La réfection de la digue et les quelques améliorations ponctuelles de l'hétérogénéité des écoulements ont induit une augmentation nette de la qualité globale sans doute reliée à une augmentation du débit d'étiage (hypothèse à vérifier)

Le secteur allant de la fin de l'entonnoir à l'amont de Bouverans, reméandré en 1998, avec des retouches en 1999, a bénéficié **d'un gain de qualité de 1 à 2 classes**, selon les sous-unités considérées. La dynamique du lit consiste en une légère tendance au réajustement et à la formation de sous-berges. Cette tendance qui s'ajoute à la végétalisation prévisible des fonds laisse espérer, à moyen terme, une amélioration spontanée de l'attractivité biogène de ce tronçon.

En revanche l'appréciation actuelle du tronçon proche de Bouverans, indique une légère régression de la qualité physique. Cette baisse simultanée de l'hétérogénéité, de

l'attractivité et de la stabilité est probablement amplifiée par la jeunesse du lit remis en eau. Toutefois, elle sanctionne également des erreurs de dimensionnement du lit en plan et en section. Cette tendance se traduit par une amorce d'enfoncement ponctuel dû à une érosion régressive active. L'ampleur et la rapidité de celle-ci risque d'annuler les effets bénéfiques souhaités de l'intervention et de provoquer un retour à l'état antérieur caractérisé par l'incision du lit, la hauteur des berges, et l'absence de connectivité latérale

Le Drugeon de Bouverans au Pont de Bannans

La qualité mesurée en 1994 à l'amont de l'étang de Rivière décrivait un secteur particulièrement homogène avec un colmatage par des fines. L'état détaillé en septembre 1999 était encore moins biogène. L'écart observé entre les deux classement est dû à un meilleur développement de la végétation en 1999, probablement induit par des différences hydroclimatiques entre les deux périodes de mesure.

Le tronçon allant de l'aval de la Rivière Drugeon au Pont de Bannans possède actuellement une médiocre qualité physique en raison du jeune âge du lit sinueux réhabilité. En outre, quelques erreurs de dimensionnement provoquent le décapage des berges tout en réduisant l'hétérogénéité et l'attractivité du chenal. Malgré ces défauts, le gain de qualité globale par rapport à sa situation précédente est déjà net.

La maturation du lit devrait permettre un réajustement partiel. Toutefois des retouches sur le bas du secteur apparaissent nécessaires pour amorcer et guider l'installation du profil d'équilibre le plus biogène possible (cf.§ IV expertise et recommandations).

Bilan sur la qualité physique du Haut-Drugeon et son évolution

Le gain actuel de qualité physique obtenus grâce aux travaux réalisés sur le Drugeon, globalement très positif, est une fonction du d'intervention mis en œuvre, et de l'age du nouveau lit. Un bilan spatio-temporel synthétique peut être dressé comme il suit.

1° Depuis 1997, les travaux entre Vaux et Chantegrue et Bonnevaux ont permis une **restauration nette mais encore partielle** de l'état physique du secteur. Si la connectivité retrouvée s'avère très forte, et l'hétérogénéité notoire, l'attractivité reste encore faible. La dynamique de réajustement en cours, combinée avec la végétalisation progressive des fonds et des berges, garantit une amélioration à court terme des 2 dernières composantes de la qualité de l'habitat aquatique.

2° Les interventions réalisées en 1998 sur le Bief Belin selon des options minimalistes ont eu des **effets plus mitigés**. La diversification locale qui a été induite par la multiplication de seuils ne contrebalance pas suffisamment l'uniformité globale de cette importante tête de bassin durement rectifiée. Surtout, comme le chenal demeure très encaissé, le ruisseau est tout autant déconnecté de sa frange inondable qu'avant les aménagements "écologiques". Par conséquent il continue à infléchir le niveau de la nappe (cf. 4°).

Les travaux effectués la même année sur le Drugeon, entre la digue de l'Entonnoir et l'amont de Bouverans sont plus **prometteurs**. Le schéma de restauration consiste, comme pour le Drugeon amont, en une véritable renaturation. Cette réhabilitation du lit originel s'est traduite la aussi par une forte augmentation de l'hétérogénéité et laisse espérer une amélioration progressive mais nette de l'attractivité. Toutefois des problèmes hydrodynamiques ponctuels ont été décelés sur quelques secteurs très *localisés, généralement lorsque le lit actuel a dû être tracé artificiellement.*

3° Les effets du reméandrement effectué en 1999 à l'aval de La Rivière Drugeon, très récent, sont **difficiles à évaluer** car les gains biologiques ne peuvent être estimés pour un aussi court terme. Sur le plan physique, les interventions réalisées **laissent espérer une nette amélioration de la capacité biogène** puisque la sinuosité a été fortement augmentée tandis que le niveau du lit a été rehaussé. Toutefois, comme sur la portion précédente, quelques erreurs de dimensionnement limitent la marge de progression.

4° Sur l'ensemble des secteurs, la rapidité de la **colonisation biologique**, qui va de pair avec l'intensité de **l'amélioration physique**, est **optimale lorsque le lit originel a pu être reconnecté avec le minimum de remaniement**.

Inversement, le **réchauffement important** du cours d'eau en étiage indique que les débits d'étiage, grevés par les travaux de curage/ rectification des années 50 à 70, n'ont pas été complètement restaurés. Cette importante lacune doit être mis en relation avec l'absence de réelle restauration des zones de sources et de pertes karstiques qui déterminent le niveau minimal des écoulements en été.

Le gain obtenu, en termes de qualité physique, est suffisamment perceptible sur la majorité du linéaire retouché pour conclure, moins de deux ans après les premiers travaux, à une réussite nette de l'opération. Toutefois la diagnose réalisée met en évidence plusieurs lacunes et limites qui peuvent être reliées aux modalités techniques adoptées lors des interventions. L'ensemble des aménagements va donc être reconsidéré à la lumière des mesures objectives des gains biologiques et de la qualité physique qu'ils ont induits.

Expertise des modalités pratiques de réhabilitation et recommandations

Expertise de la succession d'aménagements réalisés de 1997 à 1999.

Principes et objectifs

À la lumière des informations obtenues grâce à l'analyse standard des gains de capacités biogènes induit par les différentes catégories d'interventions mises en œuvre, compte tenu des états avant réhabilitation, une expertise objective des travaux a pu être réalisée. Elle a également été fondée sur la comparaison du tracé originel, du projet initial (DDA 25 1995) et du cours réellement redessiné (fig. 17).

Cette approche a été effectuée sur l'ensemble du linéaire Bief Belin + Drugeon. Son objectif est de **valider, de préciser ou de rectifier les modalités d'aménagement** dans l'optique de **retoucher** certains secteurs mais surtout pour servir de **principes d'action** pour la suite des travaux. le crible critique qui est appliqué n'a donc évidemment aucun but polémique est destiné à optimiser les retours d'expérience.

Les critères de jugement de la pertinence d'un aménagement sont au nombre de 3 :

- gain de capacités biogènes directs (apport de caches, de substrats/support attractifs) ;
- rôle hydrodynamique (stabilisation du fond ou/et des berges, diversification des écoulements) ;
- pérennité et stabilité de l'aménagement lui-même.

Le Bief Belin et le Ru de Chantegrue (photos 1 à 11)

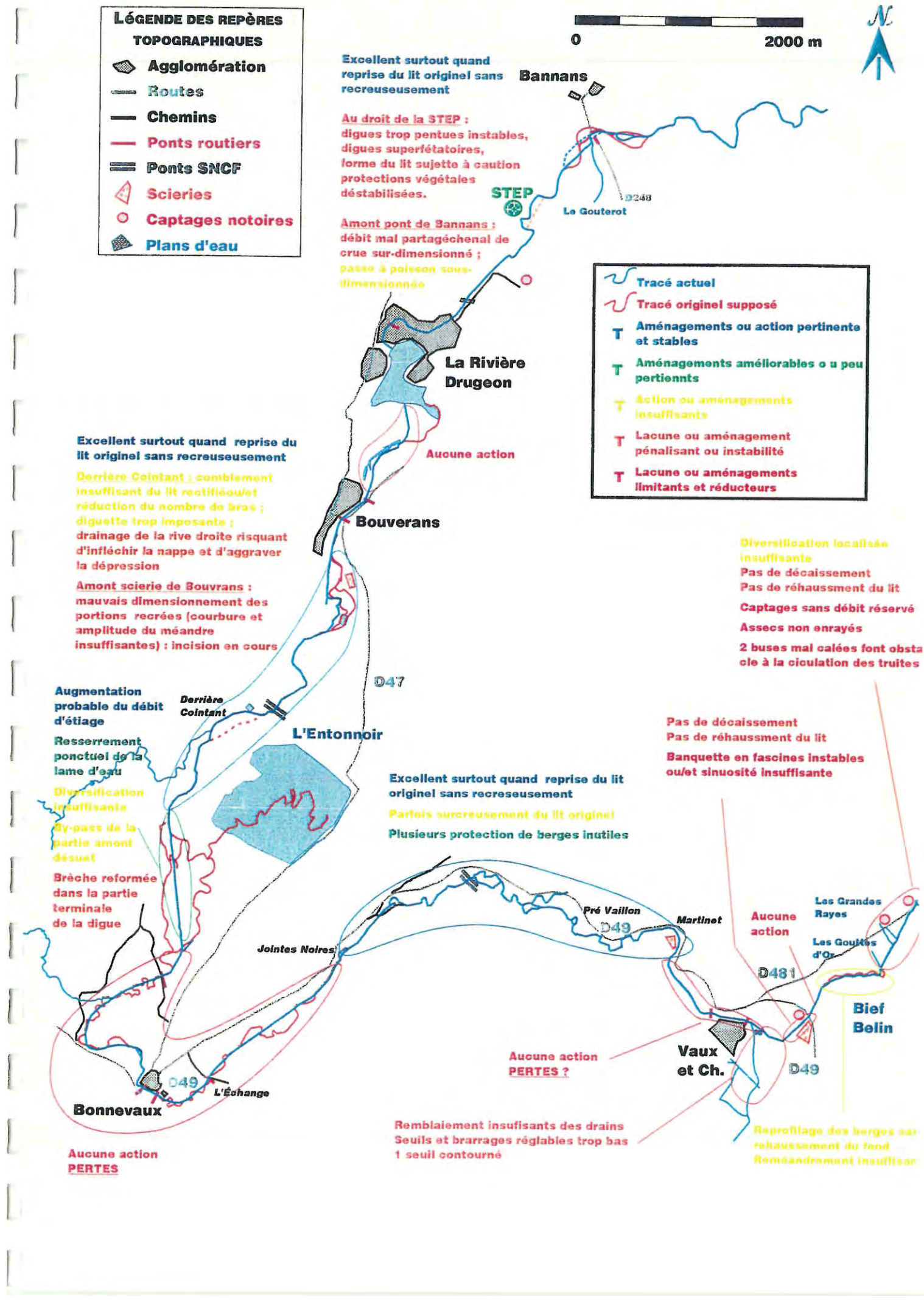
Influence des seuils en rondins (portions amont et moyenne du Bief Belin)

Comme il l'a été démontré plusieurs fois, les gains physiques et biologiques induits par l'installation d'une dizaine de seuils en rondins de bois sur le Bief Belin, sont très localisés. À moyen terme, les rejets de saules issus des protections de berges végétales auront une influence nette sur la dynamique du cours d'eau : la ripisylve connective améliorera l'attractivité locale de l'habitat, mais provoquera des érosions locales. Il faut donc prévoir une tendance du cours d'eau à l'érosion latérale mais pas avant une quinzaine d'années et à un niveau topographique trop bas, dû à l'encaissement non traité du lit rectifié.

Reprofilage des berges au niveau des Arbey

Le reméandrement qui était prévu sur le secteur des Arbey s'est résumé à un reprofilage local des berges, sans rehaussement du fond mais accompagnés d'une stabilisation par ancrage de plusieurs petits seuils en bois. Cet écart à l'option haute du projet 95 a fortement réduit l'espérance de gains en capacités biogènes.

Figure ... : Synoptique de l'expertise rationelle des interventions realisees sur le Drugeon entre 1997 et 1999



Banquettes alternées sur l'aval [entre la CD 49 et la confluence]

Les banquettes réalisées en fascines végétales sur la portion aval du Bief Belin **ont été érodées et contournées** (photo 9). En effet, la sinuosité induite est d'un rayon de courbure trop grand pour une amplitude de méandre trop faible (cf. principes de recréation d'un lit et photo 8). En outre, comme le fond du lit n'as pas été rehaussé, l'énergie de la plupart des crues est cantonnée dans le lit mineur encaissé sans pouvoir s'épancher dans la frange inondable.

Dans ce cas, les banquettes "végétale ne sont donc pas assez solides pour réussir à terme à créer une diversification des écoulements sans modifier le tracé ni l'altitude du lit. Parallèlement, le lit d'étiage ainsi recréé se révèle trop large : l'écoulement en faible débit est aplati ou stagnant selon les secteurs.

Seuil et barrages à niveaux pour réactiver les tourbières amont

Afin de réactiver les nappes phréatiques des tourbières de l'amont de Vaux et Chantegrue, il avait été prévu d'augmenter le niveau d'eau des écoulements en installant des barrages et des seuils réglables et en remblayant les drains sillonnant la tourbière. Toutefois, cette dernière action a été insuffisamment mise en pratique tandis que le niveau des ouvrages a été fixé trop bas. En outre le seuil réglable aval a d'ores et déjà été déstabilisé : une amorce de contournement est visible en rive droite (photo 11).

Niveau du lit, pompage et assèchement

La tendance à l'assèchement du Bief Belin et du Ru de Chantegrue provient sans doute pour partie du régime naturel de ces cours d'eau. Toutefois, elle a été **fortement aggravée** par les **rectifications** et les **drainages** ainsi que par les 3 **captages** localisés le long du bief Belin. D'après Geneviève Magnon, ces prises d'eau alimenteraient les fontaines de Vaux et Chantegrue (com. perso.).

Pour l'instant ces pompages continuent à diminuer l'alimentation du cours d'eau en été. Surtout les travaux réalisés sur les deux cours d'eau et sur la tourbière de Vaux et Chantegrue n'ont pas suffi pour enrayer ni même pour diminuer les assèchements qui altèrent les capacités biogènes des têtes de bassins du Drugeon.

Obstacles à la circulation des poissons

Très ponctuellement, les 2 passerelles "cadres" de la partie supérieure du Bief Belin, et en particulier la deuxième en partant de l'amont, ont été calées à un niveau trop élevé (photo 6). En eaux moyennes ou faibles, la tranche d'eau qui les traverse (3 cm), leur pente, leur portée (4 m) et le léger dénivelé de la chute aval (20 à 25 cm) se combinent pour constituer des obstacles difficilement franchissables par les truites. En effet, même si elles réussissent à sauter à l'intérieur de ce parallélépipède, la faible tranche d'eau qui le traverse les empêche de nager tandis que la vitesse du courant (50 à 75 cm/s) est suffisante pour les faire glisser à l'aval

Le Drugeon à travers Vaux et Chantegrue

Pour l'instant aucune intervention n'a eu lieu depuis les vasques-exugences jusqu'à la sortie du village , à l'exception du réaménagement d'un seuil de fond, et c'est regrettable. En effet d'une part, ce secteur fortement encaissé est très uniforme : il aurait donc était souhaitable de réaliser des aménagements, même ponctuels, pour améliorer l'habitat aquatique. D'autre

part, ce secteur, très incisé par les travaux de curages rectifications, est vraisemblablement ponctués de pertes qu'il aurait été possible de colmater au moins partiellement à l'occasion de ces aménagements.

De façon très ponctuelle, le déversoir d'une exurgence karstique temporaire en rive droite a été déconnectée du Drugeon, probablement lors de la mise en place du seuil à l'amont du pont des Martinet (photo 15). Parallèlement, il faut signaler des suintements suspects depuis les piles de bois stockées en périphérie de la scierie du Martinet (photo 12-13).

Le Drugeon de Vaux et Chantegrue aux Jointes Noires

Dans l'ensemble, **les interventions réalisées sur ce secteur peuvent être qualifiées de bonnes à excellentes**. Toutefois quelques erreurs, lacunes ou insuffisance très ponctuelles ont été relevées. Elles sont analysées ci-dessous, de façon à être évitées dans les phases de travaux ultérieurs.

Léger surcreusement du lit originel de certain secteur

Les gains de qualité physique et biologiques sont optimaux dans les portions dans lesquelles le lit originel a été reconnecté sans recreusement ou avec un très léger dégraissage. Dans ce cas, la vitesse de recolonisation et de diversification est également maximale.

A contrario, les réajustements morphologiques et l'installation des édifices biologiques sont plus lents dans le cas des secteurs où le lit originel a été trop recreusé. En particulier, le chenal semble avoir été trop élargi sur plusieurs portions du linéaire renaturé.

Cette configuration est particulièrement flagrante dans le cas des 2 bras de l'Isle de l'Abbaye ou dans la partie terminale du secteur du Pré Vaillon. Sur ces sites, la lame d'eau d'étiage se retrouve étalée dans un lit légèrement surdimensionné. Cet effet pourrait être amplifié par la diminution probable des débits d'étiage depuis la situation avant les travaux de rectifiation/curage des années 50 à 70 (*cf.* principes de renaturation).

Un excès de largeur est aussi a déploré dans le cas de l'embouchure actuelle du Ruisseau de la combe Levier (photo 22). Dans ce cas, la confluence a été transformée, du côté du ruisseau, en une mouille associée à une mosaïque d'écoulement uniforme.

Cependant, le léger surdimensionnement du lit du Drugeon apical est en train d'être compensé, sur la plupart des secteurs, par un mécanisme d'auto-réajustement. Ce processus se traduit par un mélange équilibré d'érosions localisées creusant le fond ou les berges, et de dépôts rétrécissant la largeur du chenal.

Instabilité ou/et non-pertinence de certaines protections végétales

Dans ce contexte, les protections de berges par fascines végétales n'apparaissent pas toujours pertinentes. Elles sont d'ailleurs très souvent en cours de déstabilisation (photos 9, 17,45). Parallèlement, la persistance ou l'édification, à la bordure du lit, de bourrelets ou de digues même localisés (ann. 4) ne facilitent pas le processus de réajustement.

Certes, dans les secteurs de jonction avec l'ancien lit rectifié ces protections végétales à dominantes arbustives ont joué un important rôle de pansement, le temps de la stabilisation des bouchons de remblaiement. Dans les autres secteurs, les fascines freinent la recharge en matériaux par érosion latérale et surtout empêche la formation de sous-berges.

Calage des rampes d'enrochement à la jonction entre lits renaturé et rectifié

Les secteurs de jonction entre les méandres reconnectés et les portions où le lit rectifié à dû être conservé constituent des secteurs à forte diversité ponctuelle, grâce à la pente locale élevée ainsi qu'à la rugosité des substrats installés. Toutefois les aménagements optimaux du gué Sncf et du seuil de fond à l'amont du Pont Sncf de Bonnevaux, ont nécessité tâtonnements successifs avant de jouer leur rôle sans être déstabilisé. L'ajustement des pentes et des niveaux semble avoir été très empirique sur ces deux secteurs.

Ponctuellement : défaut de rehaussement du fond à l'aval du Pont Sncf

Le secteur du Pont Sncf de Bonnevaux constitue un secteur très particulier en ce qui concerne le type d'intervention. En effet, à cet endroit, le Drugeon a été laissé rectiligne pour franchir l'ouvrage en question. Comme cette portion est enchâssée entre deux portions reméandrées, le niveau d'eau a été notoirement augmenté, mais le fond n'a délibérément pas été rehaussé, contrairement à ce qui avait été prévu dans le projet initial, tandis que le bourrelet correspondant aux anciens curages n'a pas été arasé.

La conséquence de ce choix a été de transformer ce secteur, anciennement associé à un peuplement piscicole abondant et équilibré, en un profond uniforme et peu biogène. Cette mouille artificielle est en cours de comblement progressif, mais la vitesse de ce processus est difficile à estimer. Cet exemple souligne une fois de plus le rôle du niveau et de la forme du fond du chenal ainsi que celui du transport solide pour déterminer la qualité physique et les capacités biogènes d'un cours d'eau.

Le Drugeon des Jointes Noires à la prise d'eau de l'Entonnoir

Pratiquement aucune intervention n'a été pratiquée sur cette importante unité qui comporte pourtant de **nombreuses pertes karstiques,** en particulier à l'amont et à l'aval de Bonnevaux. Un des moteurs essentiel de la réussite et de la performance biologique de la **réhabilitation des tranches aval** est donc **lourdement hypothéqué.** Cette lacune totale d'intervention est d'autant plus regrettable que ce secteur regroupe des portions particulièrement homogènes et uniformes, parfois ourlées d'un corridor assez large de friches ou de saulaies envahissantes, en particulier en amont de Bonnevaux.

Le Drugeon le long de la digue du Varot

Diversification du chenal, resserrement de la lame d'eau

Par rapport aux préconisations du projet ISL EEC (1995), les interventions sur le chenal ont été réduites. En effet si la digue a bien été étanchéifiée, le resserrement du lit rectiligne du Drugeon se résume à l'implantation d'un goulet d'étranglement dans la partie amont de cette ligne droite. Cet aménagement ponctuel introduit une diversité intéressante en provoquant une accélération de l'écoulement et en induisant une hétérogénéité des largeurs et des hauteurs d'eau. Toutefois le fascinage utilisé pour cette intervention a été déstabilisé et des signes d'érosion sont visibles (photos 32).

Prise d'eau, étanchéité de la digue et restitution

À la prise d'eau, l'ouvrage de répartition des débits n'a pas été rénové. Les débit sont donc difficiles à calculer, mais il semble que la bi-répartition se perpétue pour des débits qu'il serai préférable de réserver au seul Drugeon.

Dans l'ensemble l'étanchéification de la digue a été correctement mis en œuvre et pourrait avoir déjà restauré quelque peu les débits d'étiage s'écoulant dans le Drugeon sans plus percoler vers l'Entonnoir, comme avant les travaux de restauration. Toutefois, dans la partie terminale de ce secteur, une brèche est en cours de formation dans la digue (photo 34).

Cette partie correspond en fait à une zone de retour du bras originel drainant le marais du Varot. Il paraît donc plus intéressant de l'aménager en déversoir (cf. ci-dessous, partie recommandations pratiques).

Le Drugeon entre le Varot et l'amont de Bouverans

Dans l'ensemble, **le principe de renaturation adopté** sur ce secteur a produit **un tracé hétérogène et stable,** associé à une **forte connectivité, potentiellement très biogène**. Toutefois quelques erreurs de dimensionnement du nouveau lit ou de défaut de remblaiement de l'ancien cours méritent d'être analysées. La plupart de ces dysfonctionnements concernent des zones très localisées mais stratégiques de transition entre tracé originel réhabilité et chenal conservé artificiel par contrainte au voisinage d'infrastructure.

Défaut de ressuyage et érosion localisée "Derrière Cointant"

Dans ce secteur, le nouveau tracé peine à assurer le ressuyage des prairies inondables après les crues. En outre, la jonction avec la portion rectifiée qui passe sous la voie ferrée était instable et a dû être refaite car les fascines végétalisées étaient contournées.

Ces tendances s'expliquent par la présence originelle très probable de 2 bras dans ce secteur. Comme il a été choisi de ne conserver que le bras gauche, les courbures du tracé en plan ainsi que la section en travers du lit auraient dû être modifiés de façon à permettre au chenal unique de se réajuster spontanément. En outre, le chenal rectiligne qui court-circuitait le bras droit n'a pas été assez remblayé (fig. 23) Par conséquent la dépression existante sert de drain naturel. Enfin la pente locale de la jonction n'a pas été calée avec suffisamment de rigueur.

Les retouches destinées à favoriser le ré-essuyage et minimiser la durée d'inondation consistent en une digue imposante et en un drain rectiligne (photo 36-39). Si elles ont amélioré quelque peu la situation, ces modifications ne sont pas complètement efficaces et sont peu biogènes. En effet, la rétention d'eau est surtout due à la dépression marquant l'emplacement du bras gauche incomplètement remblayé ; comme le niveau de la nappe a été remontée, il est difficile de supprimer la rétention d'eau sans combler ce creux (fig. 23). Parallèlement le drain rectiligne qui a été créé risque de créer une érosion régressive et d'amplifier le volume de cette dépression.

Insuffisance de courbure et d'amplitude du méandre à l'amont de la scierie

La comparaison des tracés actuel et originel reconstitué (DDAF 25 1996) montre que le contournement de l'étang construit à l'amont de Bouverans sur une portion du méandre originel, le tracé en plan impose au Drugeon un rayon de courbure beaucoup trop restreint. En outre, un seul bras a été dessiné au lieu des 2 originels.

Ces deux simplifications induisent une énergie cinétique beaucoup plus importante que celle du lit originel (cf. ci-dessous "tracé harmonieux du lit rectiligne"). Ce décalage se traduit à son tour par d'importantes érosions, et surtout par une incision inquiétante. Cet enfoncement risque à terme de s'auto-entretenir en provoquant à son tour un cantonnement toujours plus grand de l'énergie des crues au sein du chenal.

Berges abruptes du bras mort reconstitué à la jonction avec le lit rectiligne

En amont immédiat de Bouverans, un bras mort a été judicieusement ménagé à la jonction du lit remandré avec le lit rectifié conservé pour la traversée du village. Ce type de système latéral fort biogène participe à l'amélioration de la diversité globale ainsi qu'à l'augmentation de la capacité de stockage des hautes eaux.

Toutefois il aurait été pertinent d'adoucir les pentes de ce système. En effet, les berges douces favorisent la végétalisation et sont plus intéressantes pour la plupart des organismes électives de ces habitats particuliers (alevins de poissons, batraciens, et, sans doute, oiseaux ...).

Le Drugeon entre Bouverans et l'étang de la Rivière Drugeon

Aucune intervention n'a été pratiquée dans la traversée du village. Par rapport à la forte pression anthropique, le Drugeon dans ce secteur relativement hétérogène et attractif, malgré son état rectifié. Il est regrettable qu'aucune diversification supplémentaire ne soit pour l'instant envisagée y compris sur le secteur monotone à l'amont de l'étang de la rivière.

Le Drugeon entre l'aval de La Rivière D. et le Pont de Bannans

Comme pour le secteur précédent, l'adoption du principe de renaturation et de remise en eau des anciens méandres est très prometteur sur cette portion du Drugeon. On observe en particulier la très belle hétérogénéité induite au niveau du premier méandre remis en eau (à l'aval immédiat de la station de pompage, site des Chasaux). Les portions aval souffrent en revanche de quelques lacunes ou erreurs de conception.

Pour l'instant, les travaux sont encore trop récents pour pouvoir bien juger de l'efficacité des modalités pratiques mises en œuvre. Toutefois, plusieurs observations peuvent d'ores et déjà être formulées.

Digues abruptes rapprochées

Sur ce secteur, on observe plusieurs petites digues ourlant de très près le lit mineur du Drugeon (photos 44-47). Ces bourrelets rapprochés sont destinés à protéger contre les crues, la station de pompage (portion amont), la station d'épuration (portion médiane) ou les faubourgs de Bannans (portion aval). Ils diminuent la capacité biogène des berges et provoquent souvent des incisions localisées.

Sur la partie moyenne du parcours considéré, au droit de la STEP, les digues sont particulièrement abruptes et instables : leur végétalisation ne s'amorce que très difficilement (photos 45-46). Cette configuration défavorable est due à la gestion de l'espace sur ce secteur (cf. recommandations pratiques).

Courbure ou/et amplitude de méandre trop réduites

L'encombrement des bassins d'épuration tertiaire installé à la place de l'ancien lit rectifié impose des rayons de courbures un peu court pour les méandres à proximité de la STEP. Ce tracé, combiné avec l'implantation des digues, provoque une déstabilisation locale non

souhaitable et amorce une incision préoccupante. Il aurait mieux valu réduire la surface des bassins pour pouvoir modeler un tracé plus harmonieux (cf. partie propositions et fig. 23).

Le secteur à l'amont immédiat du Pont de Bannans présente lui aussi plusieurs méandres top anguleux comme le révèle la comparaison du tracé actuel avec le tracé supposé originel. Un enfoncement progressif du lit risque également de s'amorcer pour ce secteur si aucune amélioration n'est apportée.

Compartimentage et surdimensionnement à l'amont du pont de Bannans

Sur ce site, le débit moyen a été dérivé par l'ancien bief desservant jadis le Moulin de Bannans. Parallèlement, le lit rectifié, qui emprunte grossièrement le trajet du bras principal du Drugeon originel, a été conservé tel quel comme exutoire de crue (fig. 17). Ce chenal uniforme sub-rectiligne s'avère particulièrement peu biogène (photo 48-52). Or, la partition des débits entraîne une mise en eau de ce bras de "crue" plus de 10 mois par an. La configuration adoptée a également induit un compartimentage de la continuité longitudinale puisque le cours principal est désormais barré par le seuil du moulin de Bannans tandis que le chenal de crue est raccordé par un rampe rocheuse très pentue.

Léger sous dimensionnement de la passe à poissons

Certes le seuil du moulin a été équipé d'une passe à poissons pour permettre la montaison des truites. Toutefois, cet ouvrage de franchissement a été légèrement sous-dimensionné.

En effet, le projet initial, élaboré par le CSP, définissait les volumes optimaux des bassins successifs pour permettre la circulation des poissons en toutes périodes en préconisant une largeur de **1,20 m** pour ces bassins. À la suite d'une erreur probable de transcription non décelée avant les travaux, cette cote a été réduite à **1,00 m** sur le projet détaillé fournit par la DDA 25. Enfin, les bassins réalisés ne mesurent en fait que 0,94 m de large. Cette diminution se traduit par une variation d'énergie dissipée dans les bassins de plus de 20 % qui pourrait s'avérer très limitant pour le franchissement sous certaines conditions.

Parallèlement, l'ouverture -non prévue- de la vanne de décharge du plan d'eau du moulin en hautes eaux provoque des fortes turbulences au pied de la passe à poisson (photo 50) et masque l'appel du débit qui la baigne. Dans ce contexte, les truites pourront avoir du mal à trouver l'entrée de cet ouvrage, puis à le franchir.

Bilan sur les dysfonctionnements et principes d'intervention

L'analyse rationnelle des différentes catégories d'interventions effectuées le long du Bief Belin et du Drugeon à la lumière des gains physiques et biologiques obtenus par la réhabilitation permet de dégager les causes des dysfonctionnements ou de la limitation d'efficacités constatés. Il en a été déduit des principes d'amélioration et de mise en œuvre des actions qui restent à promouvoir.

Des exemples précis d'application seront fournis au cours de ce développement mais aussi au § suivant, en re-détaillant le linéaire déjà traité. L'application de ces recommandations requièrent des **mesures topographiques fines et des calculs préalables**, qui pourront être ajustés sur le terrain dans une deuxième temps. Elles ne sont pas compatibles avec une approche purement empirique.

Choix des options hautes, les plus proches de la renaturation

Un des premiers enseignements déduit de l'analyse simultanée de la restauration des édifices biologiques et des mécanismes de restauration de la qualité physique est la nécessité **d'adopter le plus souvent possible l'option de renaturation s'approchant le plus de la reconstitution de l'état originel**. En effet la plupart des dysfonctionnements ou des limitations de gains biologiques ont été observées sur les portions les plus artificielles, qu'il s'agisse de l'équilibre du tracé ou de la restauration des débits d'étiage.

Cette règle **impose le choix des options hautes**, qui s'avèrent généralement les plus contraignantes et souvent les plus coûteuses. Toutefois, le coût des retouches et les pertes d'efficacité advenant lorsque l'on préfère une solution plus artificielle ou plus légère devraient également être pris en compte. Dans le cas des têtes de bassin du Drugeon, l'adoption de l'option basse limite la réussite de l'ensemble du projet en ne permettant pas de réelle restauration des débits d'étiage.

Restauration des débits d'étiage

Le réchauffement des températures estivales et l'absence d'augmentation tangible des débits d'étiage estivaux constituent en effet les facteurs majeurs de limitations des gains de qualité physique et de capacité biogène. L'examen synthétique de l'ensemble des écarts au projet optimal et des dysfonctionnements ponctuels (fig. 17) montre que ces handicaps résultent de la réhabilitation insuffisante ou inexistante des zones d'alimentation que constituent les têtes de bassin et les affluents ainsi que des secteurs d'amoindrissement des débits au voisinage des pertes karstiques.

Insuffisance de la restauration des têtes de bassins et affluents

Les aménagements réalisés sur le Bief Belin et sur le Rû de Chantegrue n'ont malheureusement pas permis d'enrayer ni de diminuer l'assèchement des têtes de bassins du Drugeon. Cette expérience montre l'insuffisance d'une simple diversification ponctuelle et la nécessité de **rehausser l'altitude du fond des ruisseaux pour augmenter**

réellement le niveau des nappes ainsi que, par conséquent le débit d'étiage. La réalité de ces axiomes a été démontrée sur le modèle réduit que constitue le ruisseau des Vurpillères : la renaturation de ce cours d'eau a permis une augmentation spectaculaire du niveau de la nappe accompagné d'une stabilisation des hauteurs d'eau d'étiage à une valeur élevée (TISSOT et DEGIORGI 1998).

Lorsque la remise en eau de l'ancien lit et le comblement du lit rectifié ne peuvent être mis en œuvre, il paraît judicieux d'envisager la recréation d'un lit méandriforme à une altitude de compromis (fig. 18). Cette option intermédiaire préconisée pour certains secteurs dans le projet initial ECC-ISL (1995) présente l'avantage limiter l'inondabilité des terrains tout en restaurant les débits d'étiage.

Par ailleurs, plusieurs autres affluents intéressants viennent grossir le débit du Drugeon (Ruisseaux de Frasnes et du Fort Bonnet, Bief Voulain, Bief Rouget, et nombreux affluents temporaires...). La plupart de ces cours d'eau ont été artificialisés : **une expertise géomorphologique précise** de chacun de ces systèmes serait judicieuse pour mieux régler leurs modalités de reméandrement.

Enfin soulignons l'intérêt des confluences qui constituent des barrages de nappes naturels permettant d'augmenter les capacités des réserves phréatiques. Ce sont également des zones à forte attractivité biogène potentielle. Contrairement à la configuration adoptée dans le cas de la Combe Levier, il convient donc de **resserrer la lame d'eau des affluents au niveau de leur confluence**.

Zones de pertes

Dans les 3 portions du Drugeon subissant des fortes pertes karstiques avérées (amont et aval de Bonnevaux) ou probables (traversée de Vaux et Chantegrue), aucune action tangible n'a été entreprise. Si la renaturation n'est pas possible sur ces secteurs, **un colmatage total ou partiel des pertes karstiques paraît tout de même éminemment souhaitable**.

Dans le cas de la traversée de Vaux, **l'implantation judicieuse de banquettes alternées** permettrait de diminuer l'amoindrissement des débits tout en diversifiant le lit d'étiage (fig. 19). Dans le cas du linéaire encadrant Bonnevaux, un blocage foncier rend impossible la remise en eau des anciens méandres pourtant encore très visibles. Comme dans le cas du Bief Belin, la recréation d'un chenal diversifié à une altitude et pour une sinuosité intermédiaires entre celle du lit originel et celle du chenal rectifié pourrait être tentée (fig. 18). En effet, moins biogène que la renaturation *sensu stricto*, cette option permet de restreindre l'espace de liberté et la fréquence de débordement. À défaut, un traitement localisé des pertes devrait au moins être tenté.

Modalités de rajeunissement du lit originel

La confrontation des réajustements morphologiques et de la vitesse de recolonisation biologique effectuée pour plusieurs catégories d'intervention montre qu'il est préférable de **réduire au minimum le recreusement du lit originel**, même si celui-ci est partiellement comblé par des accumulations végétales. Lorsque le comblement est trop avancé, on adoptera **une section carrée sous-dimensionnée** pour recréer le lit de préférence à une section en pente douce surdimensionnée de type cuvelage (fig. 20a).

La détermination de la largeur et de la profondeur idéales de cette section carrée peut s'effectuer suivant deux méthodes. La première approche, empirique, consiste à **reconstituer les contours de l'ancien lit** à l'aide d'une série d'une série de carottages destinés à reconnaître la nature des terrains superficiels. La deuxième démarche consiste à

calculer ces dimensions en suivant les principes qui régissent l'hydrodynamique d'un cours d'eau (Le Breton 1974, Gilveard et Bravard 1993).

L'idéal consiste bien sur à pratiquer simultanément les deux méthodes puis à vérifier les chiffres obtenus au moment de la mise en œuvre et du travail des pelleteuses. L'emploi conjoint de ces 2 approches permet aussi de mieux caler la modélisation de la section en travers pour les portions récréées, ou lorsque l'on est obligé d'abandonner un bras secondaire (cf. § sur la recréation d'un lit harmonieux ci-dessous).

Enfin, même si le redimensionnement du lit originel réhabilité est proche de l'optimum, le nouveau chenal présentera des tendances au réajustement spontané. Par conséquent, **il convient d'accepter et même de favoriser une érosion latérale ménagée** participant à la recharge en transport solide. Dans cette optique, on **limitera au maximum les protections de berge ainsi que les digues et bourrelet rapprochés**.

Créations de portion de lit artificiel harmonieux.

Dans certains cas, les contraintes d'occupation des sols imposent soit la conservation du lit rectifié dont l'altitude du fond est plus basse, soit le remodelage d'un lit méandriforme artificiel. Dans les deux cas, le tracé en plan adopté doit être harmonieux pour garantir à la fois la stabilité et l'attractivité biologique optimale des portions recrées.

Jonction entre lit originel reconnecté et chenal rectifiés

Ces jonctions constituent des secteurs à fort dénivelé local. Ce facteur de diversité physique ponctuelle induit une forte dissipation d'énergie. Dans ce contexte, il convient de **dimensionner judicieusement la pente ainsi que la forme du lit et des berges** pour atteindre les objectifs hydrodynamiques. Cet impératif non respecté d'entrée de jeu explique les tâtonnements successifs qui ont été nécessaires à l'aménagement optimal du gué Sncf et du seuil de fond à l'amont du Pont Sncf de Bonnevaux,

Par conséquent, la morphologie des lits emboîtés doit être paramétrée en fonction de la pente, de la nature des fonds et du débit local. **Lorsque le tracé est "forcé", des enrochements de fond sont préférables à des protections végétales que l'on réservera au tracé suivant les règles d'équilibre rappelée ci-dessous**. Toutefois, même dans le cas d'un schéma artificialisé, l'approche optimale consiste à enchâsser les blocs au sein d'un **chenal judicieusement dimensionné,** et non de surajouter des protections à une forme imposée plus ou moins au hasard. Si cette règle est respectée, les enrochements de bordure se végétaliseront spontanément (photo 16).

Nouveaux tracés : règle d'équilibre en plan

Dans certains sites, des infrastructures ou des usages particuliers obligent à redessiner complètement le tracé en plan. Dans ce cas, les méandres ne doivent pas être modelés au hasard mais de préférence suivre les règles morphologiques qui déterminent les formes du chenal dans les portions naturelles (LEBRETON 1974, BRAVARD et GILVEARD 1993).

En effet, pour toutes les rivières sinueuses, l'équilibre entre la pente, le débit liquide, la nature des terrains et le transport solide se traduit par des séquences de méandre dont les proportions sont liées entre elles. L'analyse systématique du rayon de courbure (Rc) de l'amplitude (A) et de la longueur d'onde (L) des méandres du lit supposé originel a permis de retrouver ces équations générales dans le cas du Drugeon (fig. 20b et 21).

Figure 18 : schéma de remodelage du profil des secteurs rectifiés qu'il est impossible de renaturer

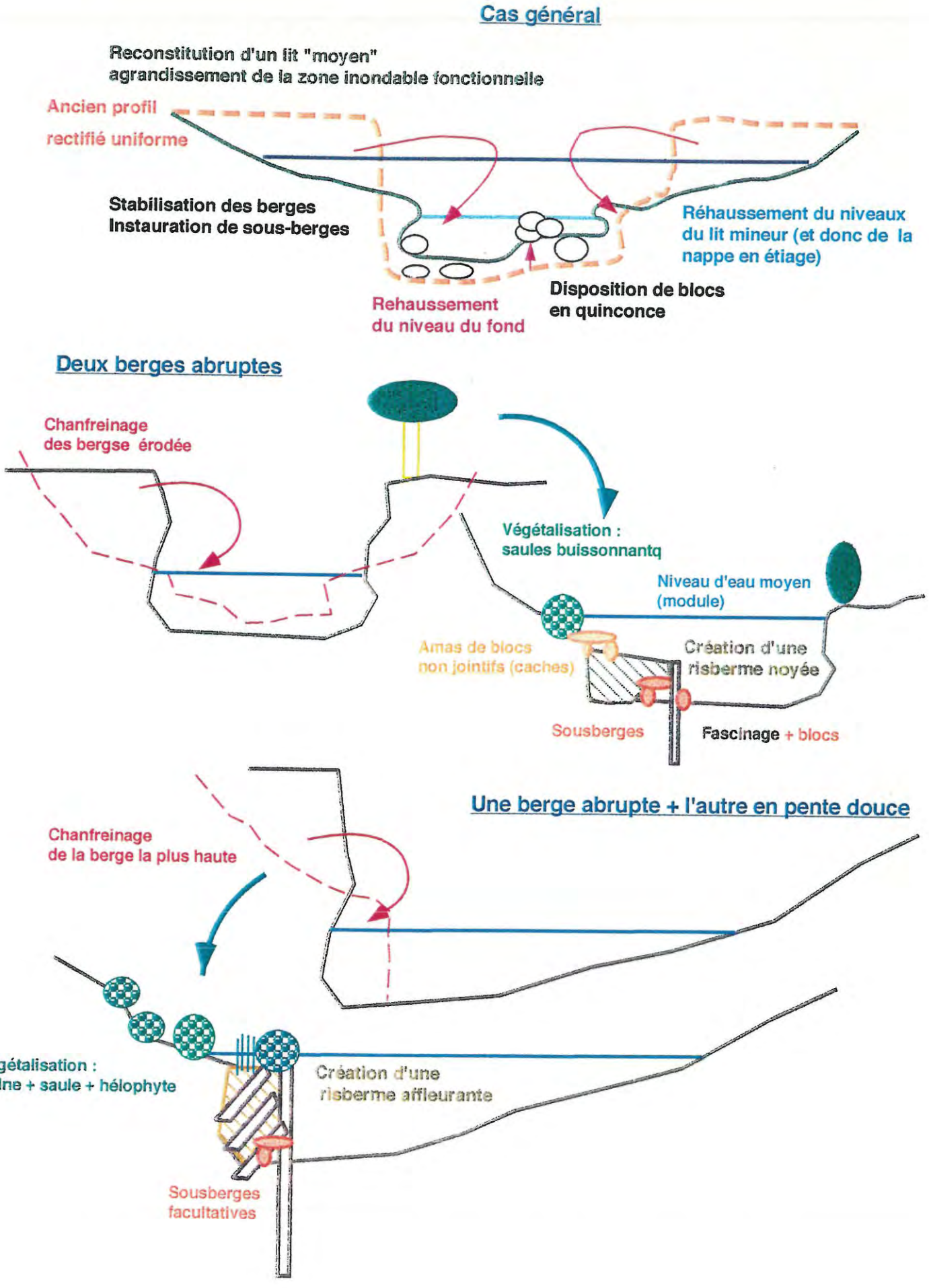
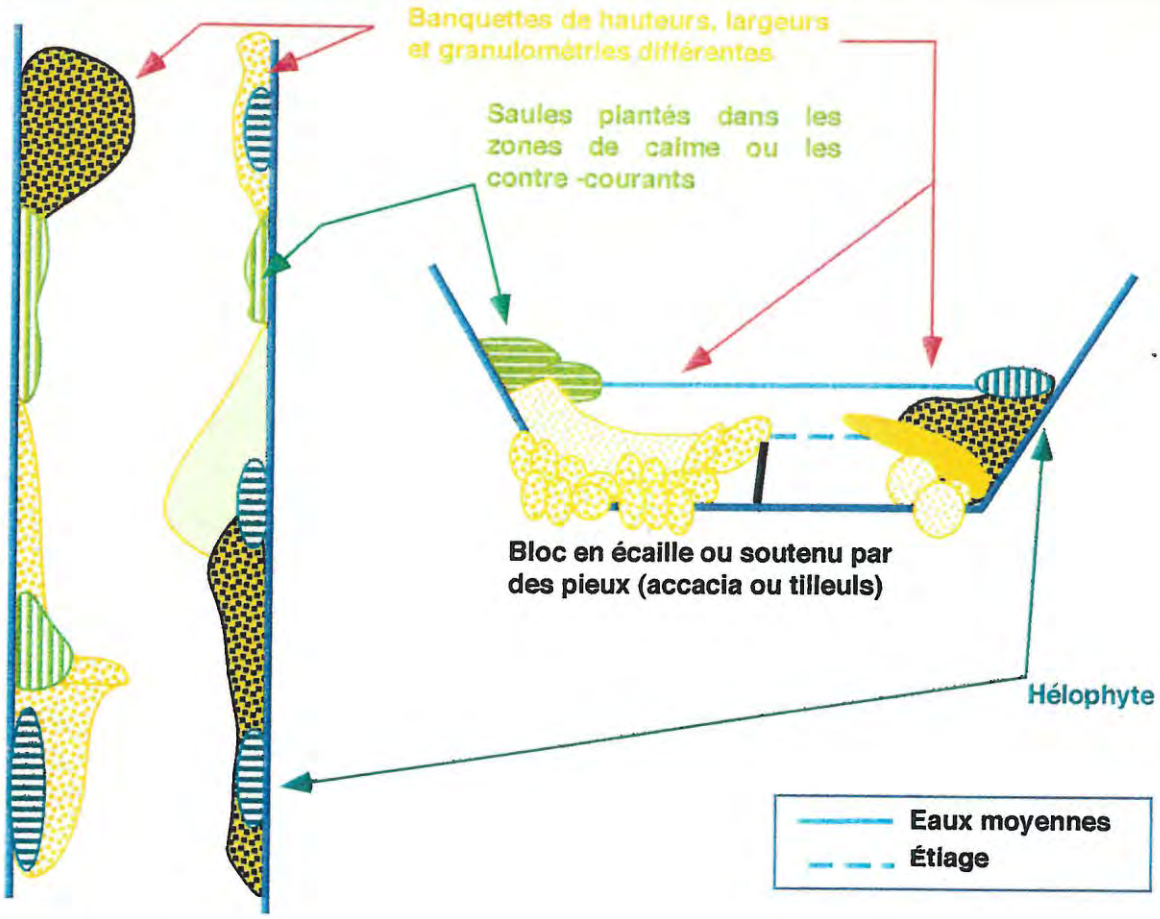


Figure 19 : schéma de diversification d'un chenal incisé rectiligne par la création de banquettes dissymétriques alternées avec souberge



Détail de l'ancrage d'une banquette avec cache de type sous berges

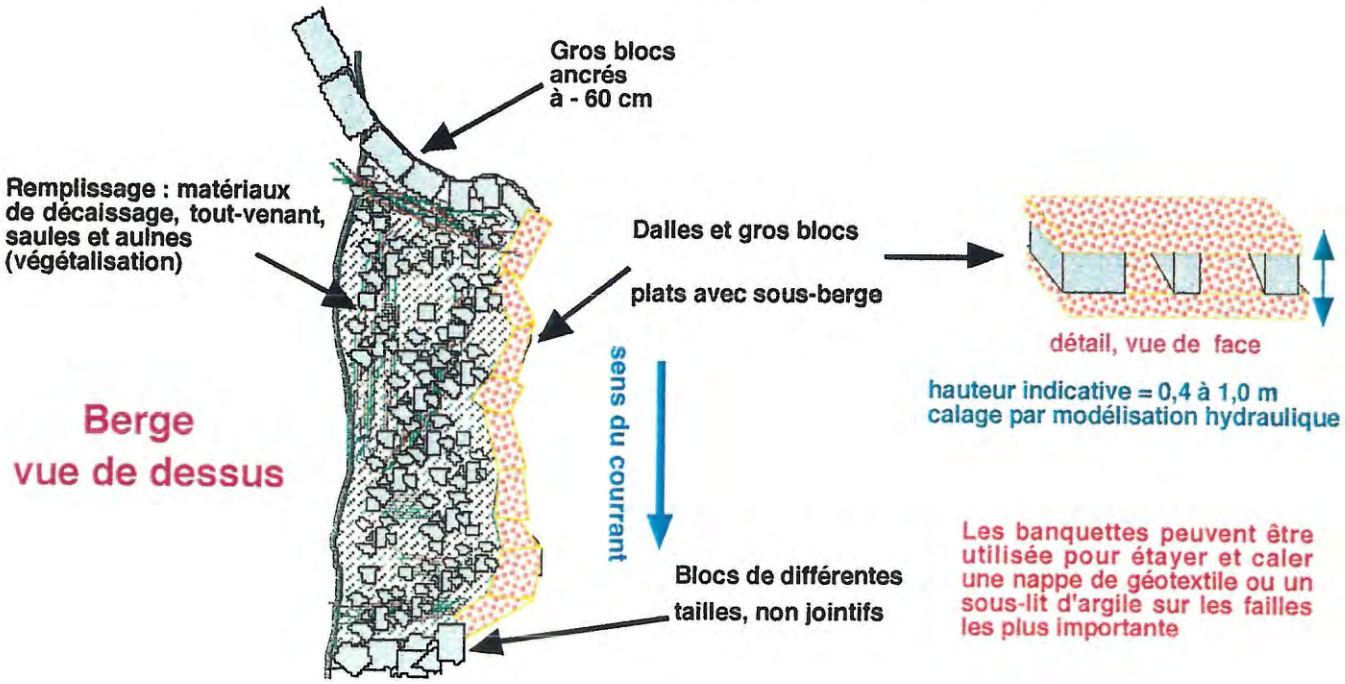


Figure 20a : principe de désenglaisement (remblaye) du lit originel partiellement comblé

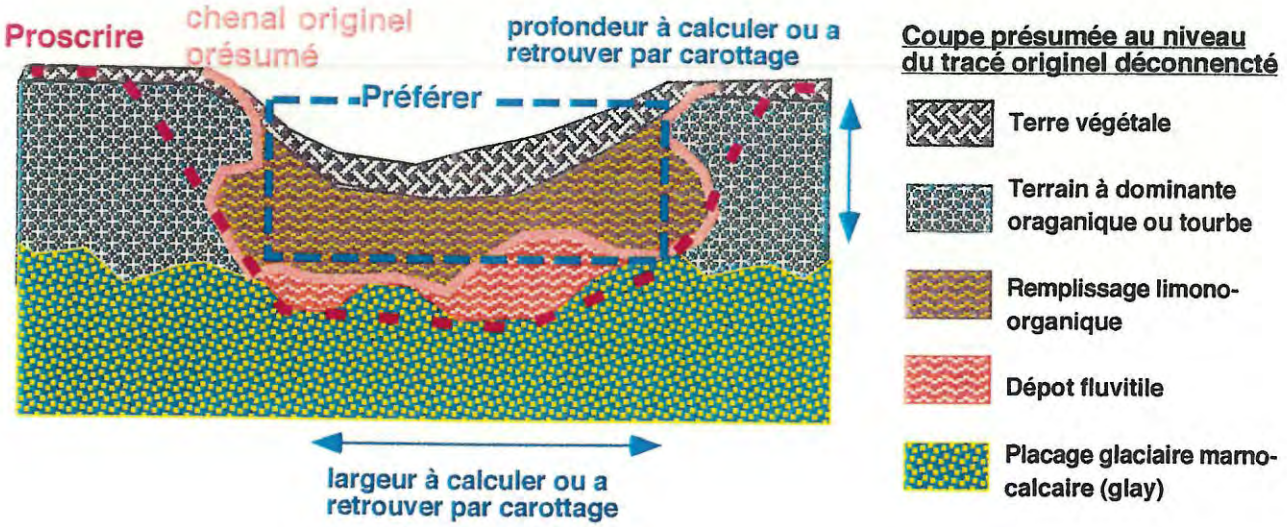


Figure 20b : quelques règles de tracé harmonieux d'un nouveau lit (cf. texte pour explications)

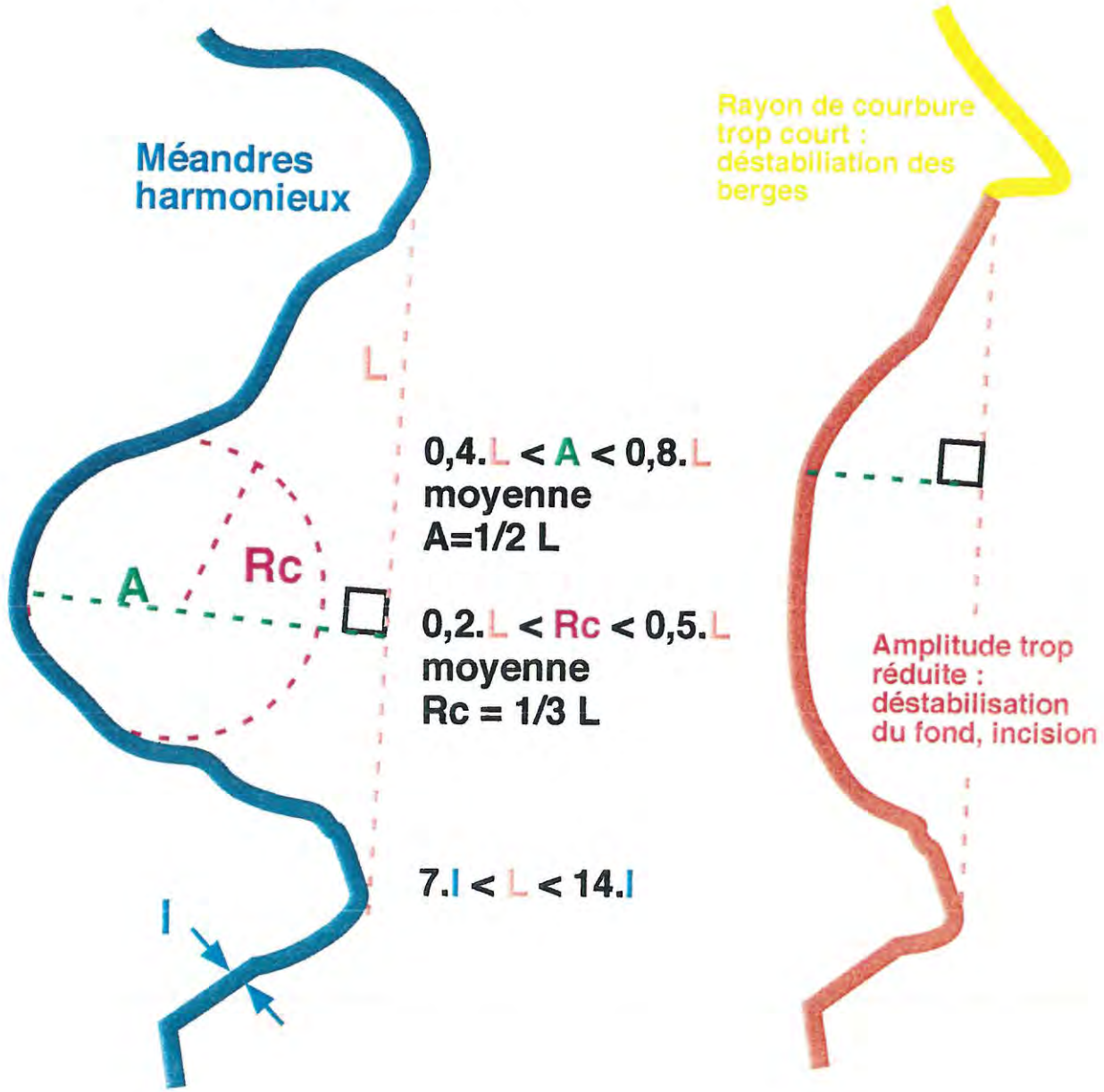
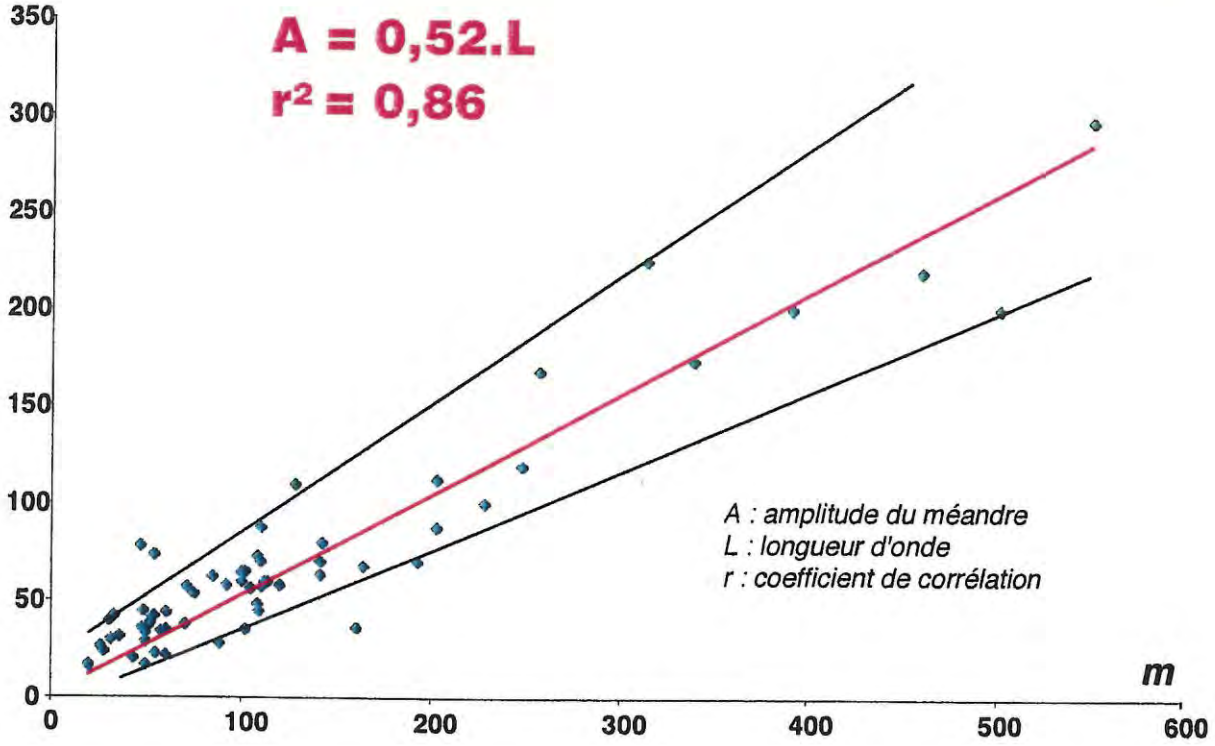
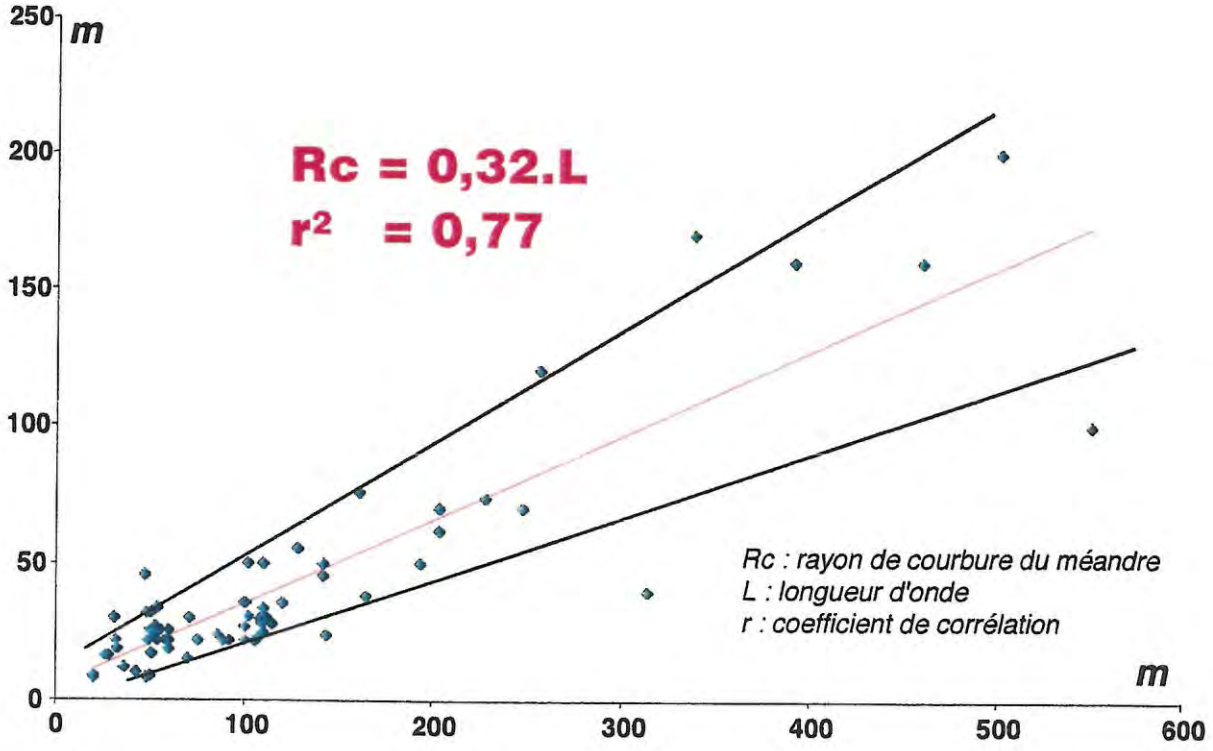


Figure 21 :relations liant entre elles trois des principales dimensions des méandres en équillibre inventoriés sur le Drugeon





Pour ce cours d'eau, l'amplitude des méandres d'équilibre est élevée puisqu'elle dépasse couramment la moitié de la longueur d'onde qu'elle peut même parfois atteindre (ann. 4). Parallèlement plusieurs modalités particulières du rayon de courbure sont répétées fréquemment. Ce paramètre est également relié à la longueur d'onde, elle même proportionnelle à la largeur du chenal à plein-bord.

Le tracé naturel n'échappe à ces règles que dans des cas précis. Par exemple, si le rapport entre la longueur d'onde et l'amplitude augmente (faible amplitude), le cours se divisent en deux bras. Si le rayon de courbure est trop grand, ou/et l'amplitude trop faible le chenal d'équilibre marque une inflexion correspondant à une association de deux courbures symétriques successives.

Dans le cas du Drugeon, les méandres reconstitués ne respectant pas ces proportions montrent différentes tendances à l'instabilité (fig. 17, photos 40-42). Si le rayon de courbure est trop court (cas du Gué SNCF), le Drugeon érode ses berges pour tenter de redessiner le méandre. Si l'amplitude est trop limitée (cas des sites Derrière Cointot, ou amont de la Scierie de Bouverans), la rivière tend à dissiper son surcroît d'énergie cinétique en érodant le lit et en incisant le chenal.

Il est donc **préférable d'éviter de transgresser les règles de tracé en plan**. Lorsque l'on adopte tout de même la configuration forcée, il convient donc de **prévoir un renfort du chenal pour assurer sa stabilité** et pour dissiper l'énergie dans de bonnes conditions (cf. § précédent sur le traitement des jonctions). La forme de la section du chenal (largeurs et tirant d'eau initial) doit être déterminée en fonction des conditions locales, **après des mesures topographiques précises**.

Aménagements artificiels ponctuels et localisés

Au sein du chenal naturel réhabilité ou dans les portions de lit recréées, des aménagements ponctuels doivent parfois être implantés généralement pour protéger des infrastructures de l'érosion ou des débordements. Parallèlement, dans le cas des tracés conservés rectifiés, des diversifications localisées sont parfois programmées ou réalisées. Dans les deux cas, quelques principes d'action peuvent être proposés, en cohérence avec les règles et axiomes édictés ci-dessus.

Protection de berge, végétalisation arbustive

L'instabilité des fascinages avec bouturage arbustifs, et le besoin de recharge en matériaux pour l'auto-réajustement progressif de la morphologie des fonds du lit décorrigé montre que l'implantation systématique de protections végétales n'est pas toujours pertinente. De toutes façons, la nature des terrains mais surtout le type géomorphologique du Drugeon s'écoulant à fleur de marais et de tourbière, combinée avec son régime de débordement incessant, ne favorisent pas le développement de la ripisylve.

De façon naturelle, **les interfaces de ce cours d'eau sont surtout constituées par des franges herbacées**. Cette propriété du Drugeon explique que les bouturages de saule implantés sur les berges ont beaucoup de mal à démarrer.

Certes, dans les secteurs de jonction avec l'ancien lit rectifié, ces protections végétales à dominantes arbustives ont joué un important rôle de pansement, le temps de la stabilisation des bouchons de remblaiement de l'ancien lit rectifié. On peut toutefois s'interroger sur le rapport entre prix et l'efficacité de tels aménagements.

Dans les autres secteurs, les fascines freinent la recharge en matériaux par érosion latérale et surtout empêche la formation de sous-berges. On leur préférera donc, dans la plupart des cas de figures, soit une **végétalisation par strates herbacées**, soit des **enrochements**

non jointifs correctement disposés. La réussite de ces deux options alternatives est subordonnée au **bon paramétrage de la forme du chenal et des berges**. Il est avant tout nécessaire de choisir l'option optimale à bon escient.

Digues et bourrelets

Sur plusieurs sites, des diguettes ont été édifiées en bordure immédiate du lit mineur, généralement pour protéger contre les crues des ouvrages ou/et des infrastructures. Parallèlement, des bourrelets plus ou moins localisés provenant des anciens curages ont été laissés sur place. (ann. 4).

Les digues rapprochées présentent l'inconvénient, sur les sites où elles sont implantées, de réduire l'expansion des crues *au minimum*. Elles contredisent donc l'esprit de l'opération d'ensemble de renaturation du Drugeon et risque de provoquer une incision localisée : il est préférable de les **construire plus loin du cours d'eau**, dans le lit majeur, à proximité des éléments à protéger.

Pour la même raison, il convient de supprimer les bourrelets résiduels qui, ponctuellement, ourlent le cours d'eau et cantonnent localement l'énergie des crues dans le chenal. Les matériaux ainsi récupérés peuvent servir soit à engraisser le chenal sur des portions où il est surdimensionné, soit à compléter le remblaiement de la dépression correspondant à l'ancien lit rectifié fraîchement comblé.

Diversification locale : banquette alternée

Lorsque le lit originel ne peut être reconnecté et qu'il n'est pas non plus possible de retracer un lit intermédiaire, une option basse consiste à diversifier le chenal rectifié. Plusieurs types d'aménagement peuvent être proposés pour diversifier les écoulements : banquettes alternées, épis, seuils de fonds, caches de berges.

Pour de nombreux sites du Drugeon correspondant à ce cas de figure, les banquettes alternées paraissent préférables. En effet elles permettent simultanément de resserrer la lame d'eau et de participer aux colmatages des pertes lorsque celle-ci sont localisées. En effet

Sur les sites concernés, l'énergie des crues est cantonnée dans le lit mineur surdimensionné. Par conséquent l'emploi des seules techniques végétales ne convient pas à l'implantation de ces aménagements. **L'utilisation de techniques minérales ou mixtes doit être préférée** : fondations en enrochement, remplissage par tout venant végétalisé ou non (fig. 19). Ces procédés permettent en outre l'installation de caches sous-berges très attractives pour le poisson.

Ces différents principes d'action ont été formulés à partir de l'analyse rationnelle des interventions déjà réalisées, à la lumière des gains biologiques et physiques obtenus et en tenant compte des propriétés caractéristiques de l'hydrodynamique du Drugeon. Ils peuvent être utilisés pour la mise en œuvre des tranches ultérieures, mais aussi pour orienter les retouches nécessaires sur quelques-unes des tranches déjà réalisées.

Recommandations pratiques : retouches et améliorations

À titre d'illustration, de ces principes d'actions, plusieurs retouches ou compléments d'intervention peuvent être proposés sur le Bief Belin et le Drugeon, des sources au Pont Bannans (fig. 22). Les différentes interventions sont associées à des degré d'utilité et d'urgence variables qui sont explicités pour chaque secteur.

Les têtes de bassins

Le Bief Belin

Il est impératif d'**instaurer un débits réservé sur les captages** servant normalement à l'alimentation des fontaines de Vaux (comm. perso. G. Magnon). En effet, ce prélèvement ne revêt pas une grande utilité puisque les fontaines ne sont plus que décorative. En revanche, la restauration du débit d'étiage estival permettrait probablement de reconstituer le potentiel biogène exceptionnel de ce ruisseau et bénéficierait en particulier aux plécoptères rares et sensibles qui sont en voie d'extinction.

Parallèlement, **le niveau du fond du Bief Belin doit absolument être relevé**. Si la reconstitution du lit originel ne peut être effectuée, on choisira alors de recréer un lit sinueux à une altitude intermédiaire, au sein d'un corridor fluviatile contrôlé. Dans ce cas, **les règles hydrodynamiques de construction des méandres et de détermination de la morphologie du chenal doivent impérativement être suivies**.

Enfin les effets de toute restauration physique risquent toujours d'être annihilé par la pollution toxique plus ou moins insidieuse de la scierie qui borde le Bief Belin. Par conséquent, il paraît important d'envisager sans plus tarder un système de collecte des effluents diffus de cette installation classée.

La tourbière de Vaux, le Ru de Chantegrue, les sources

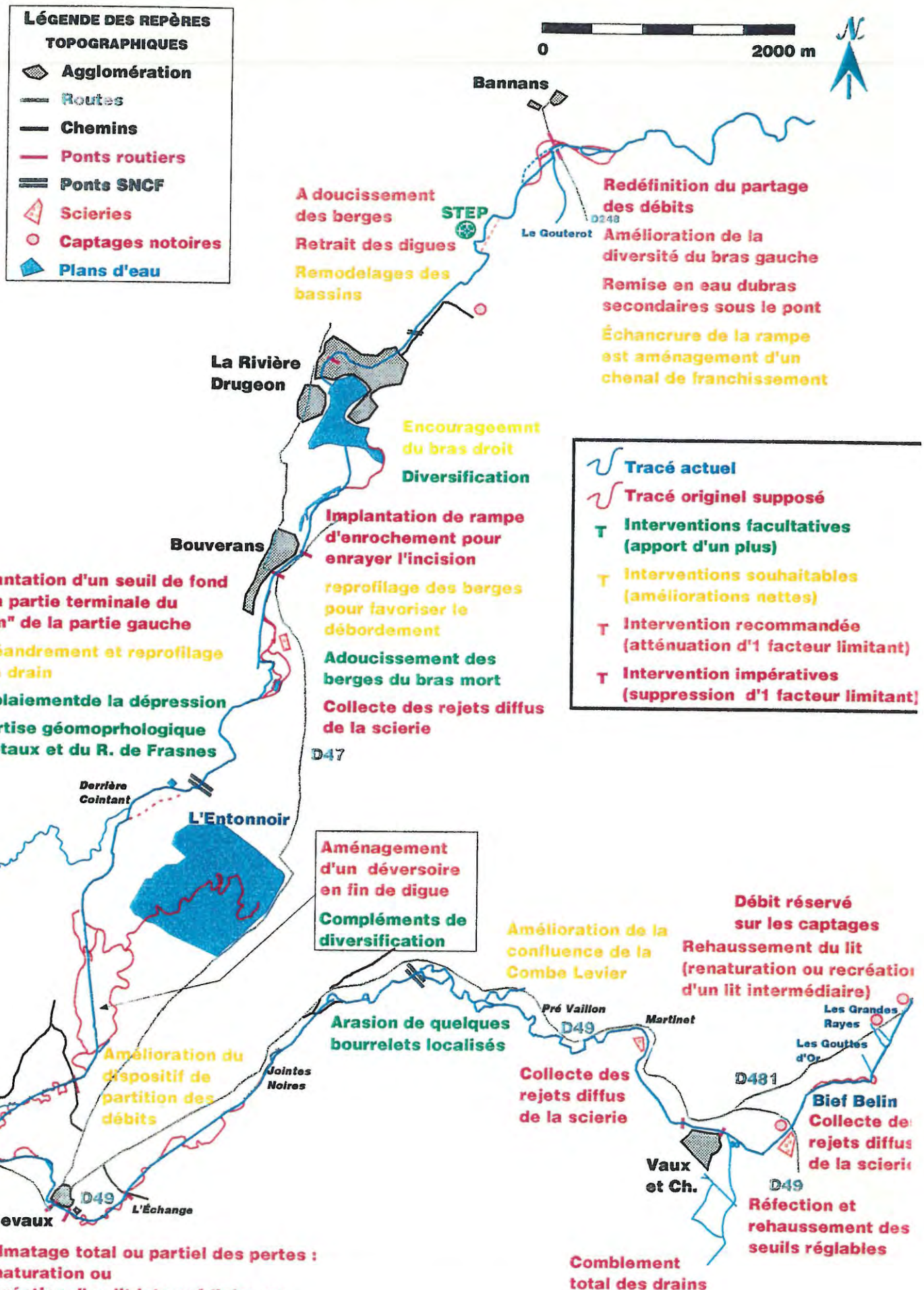
Les drains sillonnant les tourbières du Drugeon doivent impérativement être tous complètement oblitérés. Parallèlement, les seuils réglables doivent être rehaussé. Le seuil aval , contourné par la gauche, doit être étanchéifié.

De la même façon, il serait intéressant de remonter le niveaux des vasques-exurgences qui constituent les sources du Drugeon. Il suffirait pour cela d'installer un seuil réglable au niveau de la passerelle métallique. Toutefois, le bien fondé d'une telle action doit être vérifiée à l'aide d'une expertise hydrogéologique préalable.

Le Drugeon dans la traversée de Vaux et Chantegrue

Cette étude opérationnelle pourrait également s'attacher à vérifier et le cas échéant à repérer les zones de pertes suspectées par l'étude 1994 de la DIREN pour le lit Drugeon dans sa traversée du village de Vaux et Chantegrue. Leur localisation permettait d'envisager la mise en place, sur les secteurs faillés, de lits d'argile compactés, ou/et de géotextiles, étayés et maintenus par l'implantation de banquettes alternées.

Figure 22 : Stratégie d'amélioration de confortement ou de valorisation des interventions réalisées sur le Drugeon entre 1997 et 1999



Les fractures mises à nu par la rectification sévère suivie de l'auto-incision du lit du Drugeon ne pourront sans doute pas être complètement oblitérées. Toutefois, ces aménagements permettront de ralentir le débit de ces pertes, tout en diversifiant l'habitat aquatique.

A la faveur de ces interventions, la reconnexion des exurgences et sources perchées au-dessus du cours actuel pourra être effectuée. Enfin, comme pour le Bief Belin, un dispositif doit être mis en place pour intercepter les effluents diffus de la Scierie des Martinets.

Le Drugeon dans la traversée entre la sortie de Vaux et les Jointes Noires

Sur ce secteur, seuls de légers dysfonctionnements ont été relevés. Comme le lit est encours de réajustement, il est préférable d'intervenir le moins possible. Toutefois, s'il est décidé de reconnecter le dernier méandre de la Combe Levier, on en profitera pour réaliser une confluence mieux structurée et en particulier moins large. La confluence actuelle pourra servir de bras mort dont les berges en pente douce garantiront l'attractivité biogène.

Le Drugeon entre les Jointes Noires et la prise d'eau de l'Entonnoir

Sur ce secteur ponctué de pertes karstiques aucune intervention d'envergure n'a été entreprise. Pour juguler les diminutions de débits et enrayer l'importance des assecs subits par plusieurs portions de cette unité, trois type d'action sont envisageables. La renaturation, consistant en la réhabilitation de l'ancien lit par comblement du véritable drain karstique que constitue le chenal rectifié actuel, correspond sans nul doute à la solution la plus efficace et la moins coûteuse.

Si sa mise en œuvre n'est pas possible, la recréation d'un lit intermédiaire plus sinueux et plus haut que le chenal actuel mais débordant moins souvent et occupant moins d'espace que le lit originel permettrait tout de même de brider les pertes. Si cette solution-compromis n'est pas non plus acceptée, il faudrait alors se rabattre sur l'installation de banquettes alternées et de seuils de fond servant à fixer des bouchons localisés d'argile compactée ou/et de géotextile suivant le principe évoqué pour la traversée de Vaux et Chantegrue. Cette dernière option requiert la localisation exacte des pertes par une expertise hydrogéologique de terrain.

Le Drugeon entre la prise d'eau de l'Entonnoir et l'amont de Bouverans

Le long de l'Entonnoir.

Sur ce secteur, la diversification du chenal doit être complétée en multipliant les déflecteurs tels que celui qui a été installé au début de la ligne droite. Trois autres étranglements au moins pourrait ainsi utilement être implantés. Une technique mixte avec fondations minérales et tout venant végétalisé sera préférée à du fascinage végétal pur.

Au niveau de la prise d'eau, l'installation d'un "by-pass" permettant de réguler plus précisément le partage des débits est souhaitable. Cet ouvrage permettra de garantir au Drugeon un débit réservé dépassant le dixième du module interannuel. Pour l'instant, il est difficile de calculer la proportion de débits dévolue à l'Entonnoir en basses eaux.

Enfin un déversoir devrait être ménagé dans la partie terminale de la digue. En effet, cette portion est actuellement déstabilisée par le trop plein de l'Entonnoir qui emprunte le trajet d'un ancien bras pour retourner vers le lit du Drugeon (cf. fig. 17 et photo 34).

Derrière Cointot.

Su ce secteur, un seul bras a été dessiné au lieu des deux originel tandis que le chenal rectifié a été mal comblé. Ces deux écarts au projet optimal se traduisent par des problèmes de ré-essuyage qui ont été partiellement résolus par l'édification d'une digue monumentale et le recreusement d'un drain à l'emplacement de l'ancien lit rectiligne (fig. 23). Comme ce drain peu biogène ne parvient pas à supprimer la rétention d'eau. En outre il risque de provoquer par érosion régressive une accentuation de la dépression et une baisse insidieuse de la nappe en période sèche.

Par conséquent, nous proposons avant tout de bloquer ce processus par l'installation d'un seuil de fond dans la partie terminale du drain, à sa confluence. Une solution-compromis, moins satisfaisante, consisterait à installer un ouvrage à hauteur réglable qui pourrait être ouvert en hautes eaux et refermé en étiage. Il serait judicieux d'en profiter pour remodeler le tracé en plan et le profil en travers de ce chenal, afin de le rendre plus biogène (fig. 23).

Parallèlement, la digue pourrait être réduite à un simple bourrelet de forme douce, végétalisé par des graminées : le surplus de matériaux servirait à combler la dépression de la rive droite de ce site. Cette action, seule garante d'un ré-essuyage normal, nécessiterait peut-être un apport supplémentaire de tout venant.

À l'aval du Pont SNCF de Bouverans

Les méandres reconstitués à l'aval immédiat du pont SNCF de Bouverans sont harmonieux et attractifs. Toutefois, le chenal rectifié a été, là aussi, incomplètement comblé et les hautes eaux ont tendance à raviner l'emprise de l'ancien lit rectiligne.

À l'amont immédiat de Bouverans (secteur de la scierie)

Sur ce secteur, la réduction du nombre de bras du lit originel combinée avec le rétrécissement du rayon de courbure et surtout de l'amplitude du méandre se traduit par une déstabilisation du fond et des berges (photo 40/42). L'idéal consisterait à redessiner le tracé en plan, mais cette solution s'avèrerait coûteuse.

Par conséquent, si le tracé actuel est conservé, il conviendrait de bloquer l'enfoncement du lit en insérant une série de seuils de fond ou de rampe en enrochement. Parallèlement, le chanfreinage des berges est préconisé pour favoriser le débordement et dissiper l'énergie à des débits plus bas.

De façon ponctuelle, il serait intéressant d'adoucir les berges du bras mort qui a été ménagé à l'amont immédiat de l'agglomération de Bouverans. Ce traitement augmenterait la capacité biogène de cet intéressant système latéral.

Pour l'ensemble du secteur, il serait judicieux de réaliser une expertise géomorphologique de la Raie du Lotaud et du Ruisseau de Frasnes et de leur confluence.

Le Drugeon entre Bouverans et le Pont de Bannans.

Secteur de la STEP

Le site de la STEP intercommunale pourrait être nettement amélioré en reculant et en adoucissant les digues qui le caractérisent. Pour cela, il convient de les éloigner de plusieurs mètres du lit mineur. Parallèlement, il convient de réduire la surface des bassins d'épuration

tertiaire constitués des portions du chenal rectifié pour pouvoir façonner l'ensemble de ce secteur de façon plus harmonieuse (fig. 24).

L'amont du Pont de Bouverans

Sur ce secteur, un partage du débit a été effectué en faveur du bief du moulin de Bannans, transformé en mouille lénitique. Le lit rectifié a été conservé pour servir d'exutoire de crue. Ce chenal, uniforme et surdimensionné, est en eau plus de dix mois par an. Parallèlement, le compartimentage induit par ce choix d'aménagement est mal compensé par l'implantation d'une passe à poisson légèrement sous-dimensionnée. L'ensemble de cette configuration est très peu biogène.

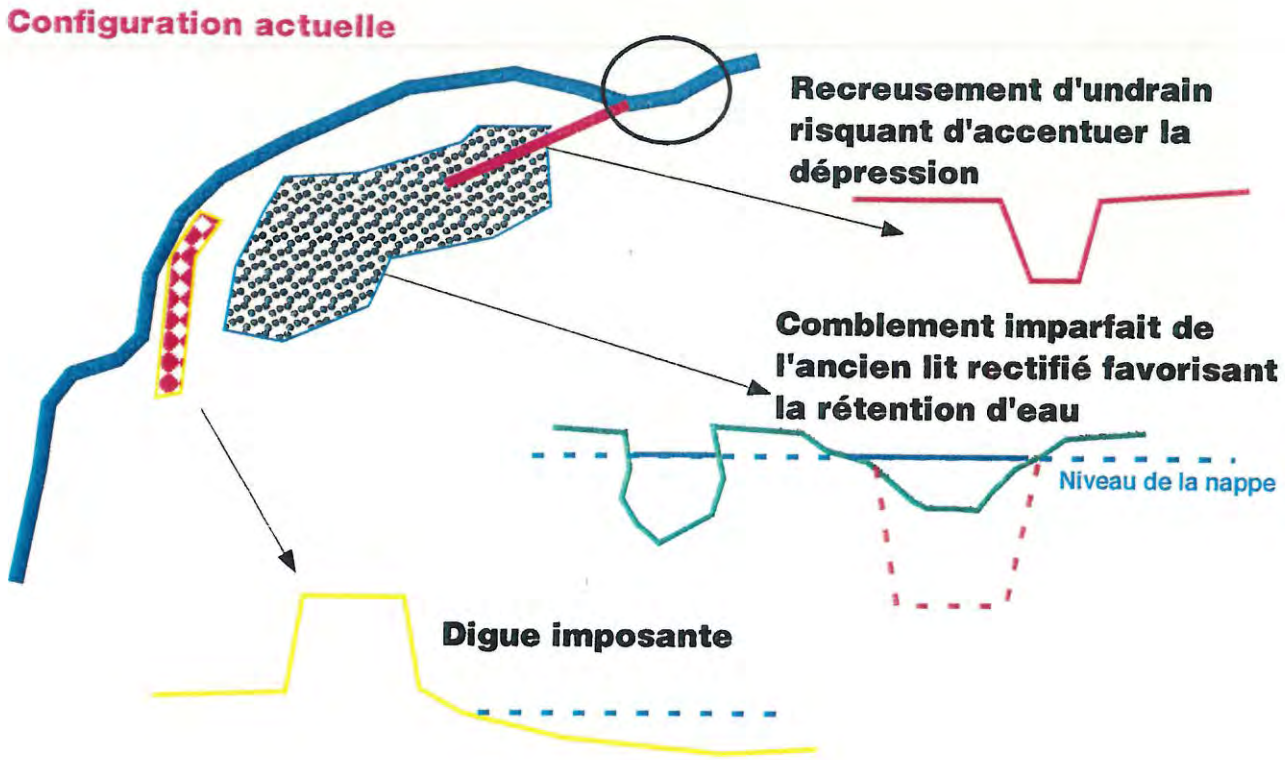
Pour améliorer cette situation, il serait judicieux de redéfinir a partition des débits pour mettre en eau en permanence le bras droit, à condition de le diversifier. En particulier il conviendrait de resserrer la lame d'eau d'étiage et d'augmenter les caches, par exemple en insérant des banquettes alternées en enrochement (fig. 19 et 25). Une remise en eau permanente pourrait être opérée en échancrant la rampe d'enrochement qui assure la jonction entre le lit du Drugeon et le chenal de crue.

La taille de cette échancrure devrait être calculée en fonction du débit à laisser passer. Ce procédé, s'il est complété par l'installation d'un chenal rustique de franchissement constitué de blocs disposés en quinconce, permettrait de rétablir avec certitude les possibilités de circulation permanentes des truites.

Enfin ce réaménagement pourrait être complété harmonieusement par une remise en eau du bras secondaire qui traverse le pont en rive gauche suivant une courbure intéressante (fig. 25). Cette intervention nécessite la mise en place d'un seuil en travers et la réhabilitation de la zone de franchissement du pont du bras secondaire. Si cette option était retenue, la fin du chenal rectiligne pourrait être utilisée en véritable exutoire de crue, qu'il conviendrait tout de même de cuveler puis de végétaliser par des graminées.

L'ensemble de ces améliorations demande un connaissance précise de la topographie qui permettent un calage rigoureux des cotes et des niveaux. Cette pratique est garante d'une meilleure réussite des interventions, même si les cotes du projet doivent être ajustées au moment des travaux.

Figure 23 :analyse de l'amenagement derrière Cointöt et propositions d'amélioration



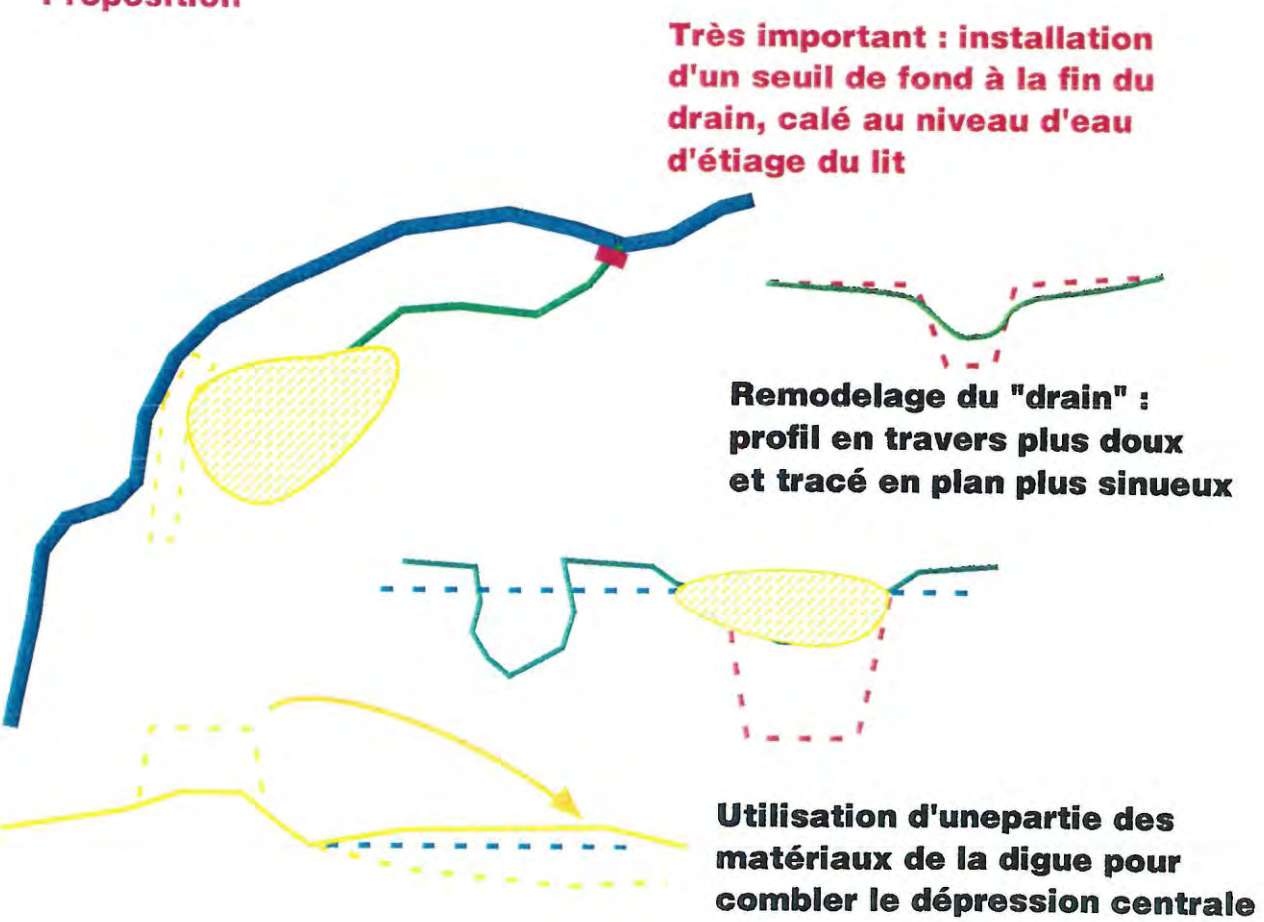


Figure 24 :analyse de l'amenagement au niveau de la STEP et proposition d'amélioration

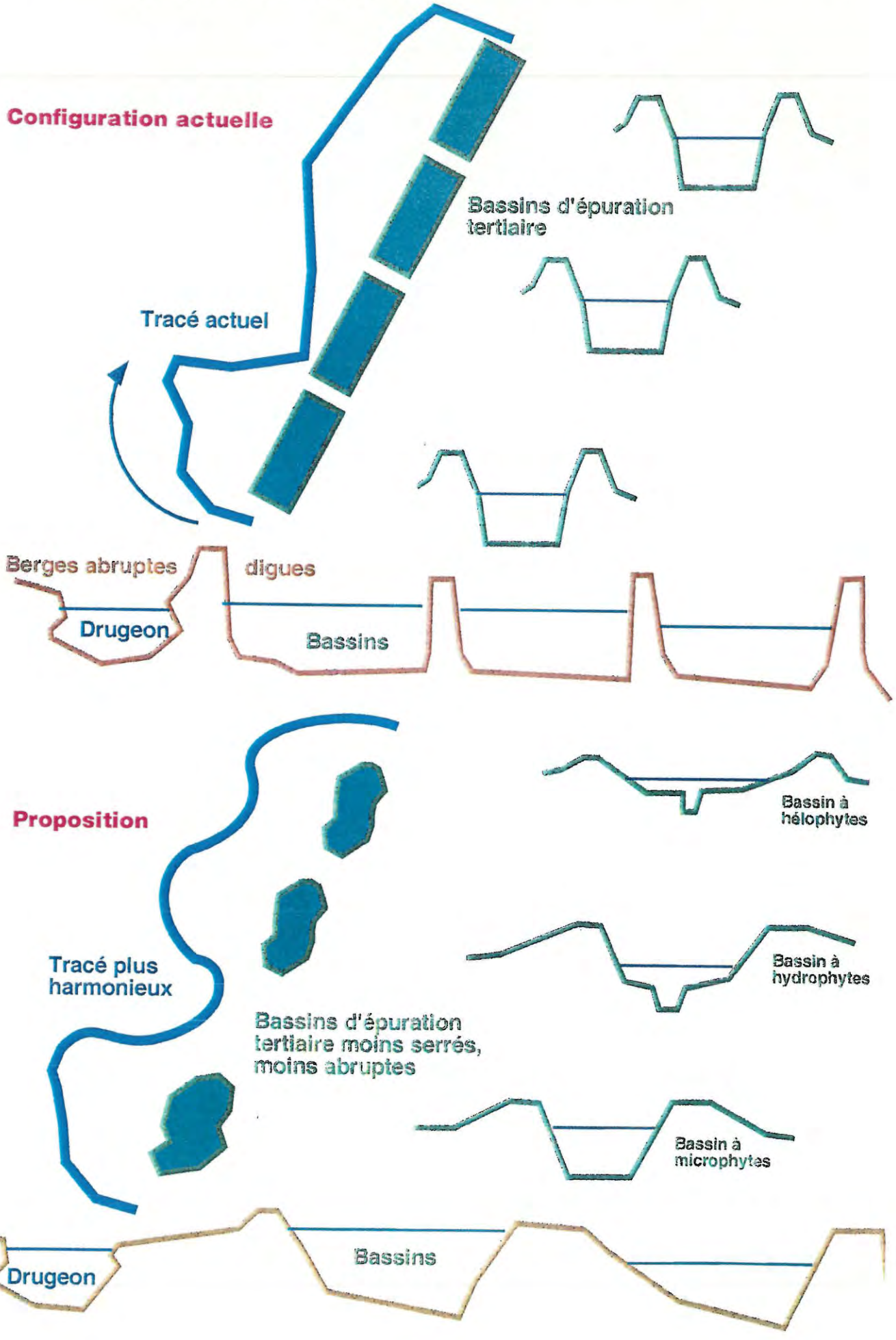
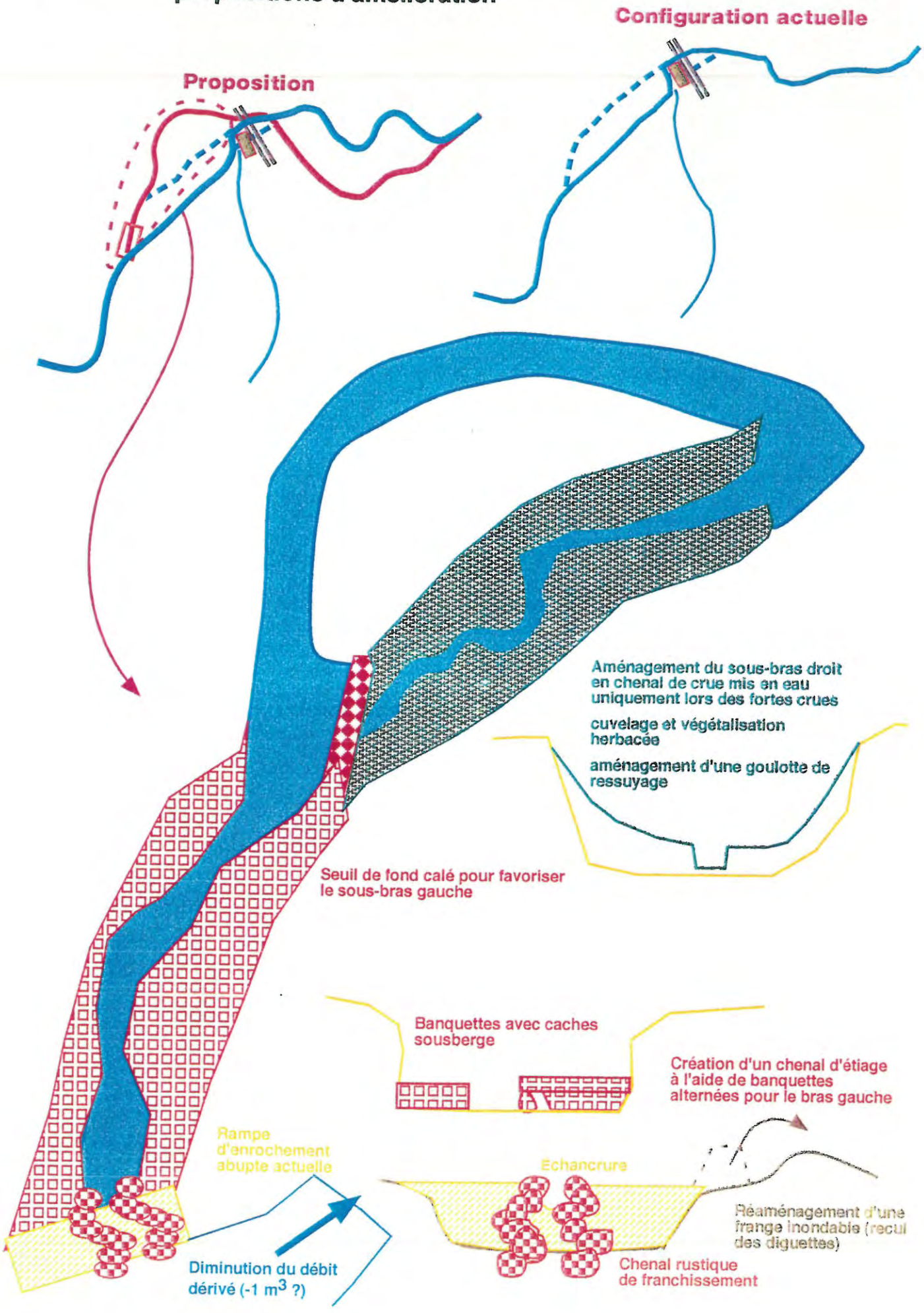


Figure 25 : analyse de l'aménagement en amont du Pont de Bannans et propositions d'amélioration



Conclusion

Le suivi de l'évolution récente des potentiels biologiques du Drugeon a permis d'évaluer les gains de capacité biogène obtenus à la suite de la réhabilitation de ce cours d'eau et de ses sources. La comparaison des structures semi-quantitatives des peuplements de macro-invertébrés mesurées avant et après travaux montre une **forte recolonisation des secteurs réaménagés.**

Le suivi depuis la fin des travaux de ce phénomène indique également l'existence de **plusieurs facteurs ralentissant ce processus**, en particulier pour les taxons les plus polluo-sensibles. **L'augmentation rapide** des biomasses piscicoles oriente la recherche des causes de cette limitation d'avantage vers la qualité de l'eau car, par rapport aux macro-invertébrés, les poissons sont relativement plus sensibles aux dégradations de la qualité physique, surtout en ce qui concerne l'échelle globale.

La confrontation de la qualité des mosaïques d'habitat analysée à l'aide d'une approche standard avant et après la réhabilitation confirment partiellement cette suspicion d'altération pernicieuse de la qualité de l'eau. En effet, les **gains d'hétérogénéité et d'attractivité biogènes considérées à cette échelle détaillée sont globalement positifs**. Seuls quelques sites non représentatifs montrent **une limitation des gains** de qualité physique due aux modalités d'actions choisies.

Toutefois, dans le cas du Bief Belin, **l'augmentation de diversité locale** apportée par les travaux de réaménagement de ce cours d'eau **reste très ponctuelle** tandis que l'analyse de la qualité physique des tronçons fonctionnels montre une **forte uniformité résiduelle à cette échelle globale**. L'insuffisance de la restauration des têtes de bassins s'accompagne d'une absence de traitement des zones de pertes karstiques qui provoquent des assèchements estivaux sur plusieurs secteurs du Drugeon.

Le bilan hydrologique estival en résulte fortement déficitaire. Cette insuffisance de restauration des débits d'étiage se traduit par un important réchauffement estival de l'eau dont l'écoulement a été par ailleurs ralenti par le reméandrement. Il est également possible que les nappes phréatiques superficielles, remises en fonction par le rehaussement global du niveau du Drugeon, n'ait pas encore été totalement réamorcées.

Ces phénomènes expliquent sans doute en grande partie la lenteur de recolonisation pour plusieurs groupes d'insectes polluo-sensibles dont les larves affectionnent l'eau froide. Toutefois des altérations importantes de la qualité de l'eau ont également été pressenties, en particulier en relation avec les rejets diffus des scieries installées au bord du Drugeon et du Bief Belin.

En dehors des secteurs de perte, l'analyse de la qualité physique globale du Drugeon de Vaux et Chantegrue au Pont de Bannans montre une forte progression. Cette approche permet tout de même de localiser quelques lacunes ou de légers défauts dans les interventions pratiquées lors des travaux de restauration.

Une expertise rationnelle de la succession des aménagements effectués depuis 1997 a permis de **mieux cerner ces dysfonctionnements ponctuels et d'en rechercher les causes.** Cette approche objective a été réalisée à la lumière du suivi des gains de capacités biologiques et en s'aidant de la confrontation entre les tracés originel et actuel.

L'ensemble de la démarche débouche sur des **propositions de retouches et d'améliorations** mais surtout sur des **principes d'interventions pratiques** pouvant servir de guide pour les actions futures

Cette diagnose multidisciplinaire a donc été fondée sur un suivi pluriscalaire de l'évolution temporelle des capacités biogènes depuis la fin des travaux de réhabilitation par rapport à l'état rectifié. Dans un premier temps, elle a donc montré que la restauration du Drugeon et du Bief Belin s'est traduite par une nette amélioration de son potentiel écologique mais que certains déficits doivent encore être comblés. Dans un deuxième temps, les facteurs bridant ou limitant l'efficacité de cette belle opération ont pu être circonscrit. Il en a été déduit dans un troisième temps des recommandations pratiques pour améliorer ou corriger les aménagements déjà réalisés mais aussi pour guider les interventions lors des tranches de travaux ultérieures.

Dès à présent, cette étude débouche donc sur des principes d'action pragmatiques, appuyés sur la compréhension des spécificités hydrodynamiques et biologiques du Drugeon (cf. encart ci-contre). Ce corpus de règles cohérentes et coordonnées ne constitue pas une compilation de recettes techniques. Leur application nécessite un calage rigoureux des formes et des niveaux pour chaque site traité, et requiert donc une maille suffisante de mesures topographiques préalables.

Cependant ce schéma doit être relativisé étant donnée la jeunesse relative des travaux de réhabilitation. En effet, ces processus d'auto-réajustement du lit son encore encours et laisse espérer globalement une marge d'amélioration nette des capacités biogène qui continue spontanément à se restaurer. En particulier, la végétalisation des fond et des berges combinées avec la création progressives des sous-berges devraient augmenter notoirement l'hétérogénéité et l'attractivité du Drugeon.

Parallèlement, il est probable que les nappes superficielles ne sont pas encore toutes rechargées. De toutes façons, l'étude des variations phréatiques et hydrologiques ne peut être effectuée qu'avec un certain recul temporel qui n'est pas encore atteint. Par conséquent e suivi biologique et physique doivent être poursuivi pour compléter et valider la perception des gains obtenus à moyen terme par cette opération de renaturation.

Une telle démarche de restauration de la totalité d'un cours d'eau recouvrant un large éventail de situation contrastée demeure très originale en France et même en Europe. Les défauts, lacunes ou imperfections décelées n'auraient donc sans doute pas pu être évitées de toutes façon. Le rôle du suivi biologique et technique consiste justement à les repérer et à les analyser pour le corriger, puis pour éviter leur répétition. A contrario, les pratiques efficaces et réussies peuvent être réemployées en connaissances de causes.

Ces différents enseignements sont précieux pour réussir au mieux la partie terminale de l'opération de restauration du Drugeon, dont les gains de capacités biogènes devront donc aussi être suivis et analysés. Ils pourront également servir à transposer les acquis technologiques à d'autres cours d'eau.

Rappel des principes d'action garantissant l'efficacité maximale des interventions de réhabilitation du Drugeon

Du projet à la réalité

1. Privilégier les options hautes pour restaurer les débits d'étiage et juguler le réchauffement estival [pertes karstiques, terrains tourbeux ...].
2. Préciser le projet détaillé en l'adaptant au terrain : caler les cotes topographiques.
3. Vérifier l'adéquation de la réalisation avec le projet (avant clôture du chantier).

Restauration des débits d'étiage (et du métabolisme thermique)

1. Relever les niveaux des têtes de bassin par renaturation ou par création d'un lit sinueux intermédiaire et par remblaiement complet des drains de tourbière.
2. Instaurer un débit réservé sur les captages du Bief Belin.
3. Renaturer les affluents artificialisés et redimensionner les confluences.
4. Colmater (au moins partiellement) les pertes karstiques.

Rajeunissement et réajustement du lit originel reconnecté

1. Minimiser (ou supprimer) le recreusement du lit originel reconnecté.
2. Adopter une section carrée sous-dimensionnée pour le recreusement d'un pré -chenal aux berges abruptes [la dynamique différenciera ensuite une rive abrupte, avec sous berge, et une rive douce].
3. Déterminer la largeur et la profondeur du recreusement par carottage et par calcul.
4. Éviter les protections de berge et les bourrelets sur les portions renaturées.

Tracé harmonieux des portions artificielles

1. Respecter les proportions reliant les paramètres déterminant la forme des méandres.
2. Caler les cotes et les niveaux avant travaux, en tenant compte de la nature des terrains.
3. Vérifier et ajuster ces cotes pendant ces travaux.
4. Déterminer la section en travers (cf. principes énoncés pour le lit originel).

Diversification ou protection ponctuelle

1. Limiter au maximum les protections de berges qui empêchent la recharge du transport solide, et les digues ou bourrelets qui favorise l'incision.
2. Choisir les techniques (végétales, minérales ou mixtes) en fonction de la configuration et de la quantité d'énergie à dissiper.
3. Calculer la meilleure forme possible, pour intégrer les éléments de protection ou de diversification au sein d'un profil d'équilibre.
3. Reculer les digues le plus loin possible du chenal et les rapprocher des infrastructure à protéger.
4. Façonner les pieds de berges du chenal suivant une pente abrupte (cf. § 2 du rajeunissement du lit) et au contraire en pente douce pour les bras morts recréés.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT (J.). 1959.- Plecoptera. Insecta Helvetica Fauna. Lausanne : 139 p.

BEAULAN (J.), LASSEVILS (J.F), LEROUX (V.), QUINT (V.), RODRIGUEZ (S.). 1992.- Diagnose écologique sur l'unité hydrogéologique des hauts bassins du Doubs, de la Loue et du Lison. Bilan de qualité générale - Analyse biocénotique générique (macrobenthos). Mém. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 85 p. + annexes.

BOUCHARD (S.), DUMONTIER (M), VIGILE (T.), 1993.- Etude des biocénoses benthiques des affluents du Doubs, des lacs de St-Point et Remoray – Bilan de qualité générale – Analyse biocénotique générique – Propositions méthodologiques. Mem. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 80 p. + annexes.

BOUISSET (S.), 1995.- Proliférations algales en rivière – Drugeon, été 1995. Mem. DUEHH, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 12 p. + annexes.

CSP DR 5, 1994.- Amtérations de la qualité physique du Doubs apical et de ses affluents – Approche expérimentale. 43 p. + annexes.

CSP DR 5, 1995.- Etude des peuplements piscicoles du Drugeon – Diagnose de l'état actuel à 2 échelles – Guides pour les modalités de restauration. 31p + annexes.

DECOURCIERE (H.), MARTIN (B.), 1998.- Situation Typologique et qualité écologique actuelles de l'hydrosystème Haute-Loue – Sites de Mouthier Haute Pierre, Maisière notre Dame, Ferme sansonnans, Syratus et Vau Narbey. Mem. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 37 p. + annexes.

DENISET (F.), PICHOT (V.), 1999.- Macrobenthos du Lison, de l'Archange et de la Goulue (affluents) – Typologie et aptitude biogène – Compléments sur les Heptagénéiidae et Hydropsychidae. Mem. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 45 p. + annexes.

DESPAX (R.). 1951.- Plécoptères. In faune de France, 55 : 280 p.

DIREN Franche-Comté, 1995.- Programme communautaire LIFE, sauvegarde de la richesse biologique du bassin du Drugeon – Etudes hydrologique, physico-chimique et hydrobiologique du Drugeon – Eléments guide pour le schéma de réhabilitation. 115p + annexes.

ECO EURO CONSEIL, ISL, 1995.- Etude de réhabilitation du Drugeon - Synthèse des interventions – Schéma de réhabilitation. Syndicat mixte d'étude pour l'aménagement du bassin de la Saône et du Doubs. 72p + annexes.

EDINGTON (J.M.), HILDREW (A.G.). 1981.-Caseless Caddis Larvae of the British Isles. Scient. Publ. Freswat. Biol. Ass., 43 : 1-91.

FAESSEL (B.). 1985.- Les trichoptères, données écologiques, éthologiques. Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France. Bull. Fr. Pêche Piscic., 299 : 1-41.

GILVEARD (D. J.), BRAVARD (J.P.). 1993. "Dynamique fluviale", *in Hydrosystèmes fluviaux*. p 61-82.

GLAIZAL (B.), SAGET (M.), BOISSET (S.), 1995.- Analyse comparative des biocénoses benthiques du Drugeon rectifié et de ses systèmes latéraux. Mém. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 28 p. + annexes.

HILDREW (A.G.), MORGAN (J.C.), 1974.- The taxonomy of the British Hydropsychidae (Trichoptera), J. Ent. (B) 43 (2), pp. 217-229, 51 figs.

ILLIES (J.). 1955.- Steinfliegen oder Plecoptera. Die Tierwelt Deutschlands, 43 : 1-150.

ILLIES (J.). 1978.- Limnofauna Europaea, 2nd édition. Gustav Fisher, Ed., Stuttgart, 521 p.

LEBRETON (J. c).1974. Dynamique fluviale. Éd. Eyrolles.

MAGNON (G.), 1999.- Suivi des aménagements de la Vallée du Drugeon, 12-16 Octobre 1998. Rapport de stage réalisé dans le cadre des formations du CSP, Syndicat Intercommunal du plateau de Frasne. Vallée du Drugeon, 11 p. + annexes.

MACAN (T.T.). 1961.- A key to the nymphes of British Ephemeroptera. Scient. Publ. Freshwat. Biol. Ass., 20 : 1-63.

MALICKY (H.) 1983.- Atlas of European Trichoptera. Dr Junk Publishers. The Hague-Boston-London. : 300 p.

MILLET (L.), 1998 – Les espèces d'Ephéméroptères, de Trichoptères et de Plécoptères de 8 émergences du réseau hydrographique du Doubs. Structuration des habitats, Evolution depuis 1973, Essai de typologie. Mem. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 38 p. + annexes.

MONNOT (A.), 1985.- Les macroinvertébrés des eaux douces. Guide pratique de détermination pour l'application de la méthode de l'indice biologique global normalisé. CSP.

MOUTHON (J.), 1982.- Les mollusques dulcicoles – données biologiques et écologiques – Clés de détermination des principaux genres de Bivalves et de Gastéropodes de France. Bull. Fr. Pêche Piscic., 27p.

MULLER-LIEBENAU (I.). 1969.- Revision der europaïschen Arten der Gattung Baetis Leach, 1815 (Insecta Ephemeroptera). Gew. Und Abw., 48-49 : 1-214.

PARMENTIER (E.), 1994 – Etude de la biocénose benthique du drugeon – Application d'un nouveau protocole d'échantillonnage – Bilan de qualité habitationnelle – Analyse biocénotique générique – Bilan de qualité faunistique. Mem. DUEHH, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 69 p. + annexes.

REDING (J.-P.), 1999.- L'évolution de la faune aquatique du Drain de la réserve naturelle du lac de Remoray après la remise en méandres. Maison de la réserve naturelle, 16p.

RICHARD (S.), 1999.- Analyse technique et scientifique de l'impact des travaux de reméandrement du Drugeon à l'aval de Vaux et Chantegrue. Syndicat mixte de la Vallée du Drugeon et du Plateau de Frasne. 16p+ annexes.

RICHOUX 5P.), 1982.- Coléoptères aquatiques. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises, AFL. 56p. Mem. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 80 p. + annexes.

ROBINEAU (G.), 1999.- restauration de la Haute Vallée du Drugeon – Evolution spatiale et temporelle de l'habitat aquatique et des biocénoses benthiques – Sites du Gué SNCF, de Pré Vaillon, de l'Isle Pernet et de St-Cyr. Mem. DESS Eaux Continentales, Lab. Hydrobiol. Univ. Fr. Comté, 32 p. + annexes.

STUDEMANN (D), LANDOLT (P), SARTORI (M), HEFTI (D), TOMKA (I). 1992.- Ephemeroptera. Insecta Helvetica Fauna ; tome 9. Société entomologique de Suisse. 172 p.

TACHET (H.), BOURNAUD (M.), RICHOUX (P.). 1987.- Introduction à l'étude des Macroinvertébrés des eaux douces. Systématique élémentaire et aperçu écologique. Ed. A.F.L., 155 p.

VERNEAUX (J). 1973.- Cours d'eaux de Franche-Comté. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs- Essai de biotypologie. Mém. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Besançon, 260 p.

VERNEAUX (J.), FAESSEL (B). 1976.- Larves du genre Hydropsyche (Trichoptères Hydropsychidae). Taxonomie, données biologiques et écologiques. Annls limnol. 12 (1) 1976 : 7-16.

WALLACE (I.D.), WALLACE (B.), PHILIPSON (G.N.). 1990.- A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Elliot ed. Scient. Publ. Freshwat. Biol. Ass., 51 : 1-237.

Glossaire

Antagonisme : interférences des propriétés chimiques de deux composés dont la présence simultanée se traduit par un effet toxique moins fort que la somme des deux effets élémentaires

Anthropique : d'origine humaine

Biocénose : 1/Ensemble des êtres vivants qui peuplent un même écosystème, et qui sont donc en interrelations

2/Synonyme de peuplement (cf. ce mot) ou de communauté

Biotypologie longitudinale : modèle décrivant la succession et les abondances optimales de 10 groupements d'espèces (pas forcément co-cénotiques, c. à d. ne vivant pas forcément ensemble) le long de la structure longitudinale d'un cours d'eau théorique, qui sert de référence (Verneaux 1973).

Chenalisation : transformation plus ou moins accentuée d'un cours d'eau en canal (creusement du lit, coupure des méandres, artificialisation des berges ...)

Communauté : cf. peuplement

Communauté benthique : ensemble des macro-invertébrés (cf. ce mot) peuplant les fonds d'une rivière ou d'un lac

Consommateurs : dans la chaîne alimentaire, ce terme désigne les animaux qui se nourrissent de végétaux (consommateurs primaires) ou d'autres animaux (consommateurs secondaires, tertiaires...).

Cycle de vie : succession des phases par lesquelles passe un organismes par exemple pour un insecte à larve aquatique : œufs, larve (plusieurs stades possibles, séparés par des mues, nymphes, pré-imago, imago (adulte ailé apte à se reproduire)

Détergents : produit servant à faire mousser l'eau, à la rendre plus pénétrante et plus nettoyante en abaissant ses forces tensioactives : elle devient plus "mouillable" (par exemple, lors d'une lessive avec détergents, les gouttes d'eau se glissent mieux dans le réseau des tissus) ; un grand nombre de composés chimiques plus ou moins efficaces et plus ou moins toxiques peuvent remplir ce rôle.

Diatomée : algues unicellulaires, isolées ou coloniales, possédant une paroi siliceuse en opale ornementée et pouvant être soit planctoniques, soit fixées aux fonds et aux supports (minéraux et végétaux) ; certaines diatomées sont impliquées dans les proliférations végétales intempestives dues aux excès de nutriments ("eutrophisation").

Drainage : assèchement des terrains humides à des fins agricoles

Épidémiologie : étude des différents facteurs géographiques, socio-économiques, techniques, écologiques, aux niveaux des causes premières, ainsi que biologique, physiologique cellulaire, au niveau des causes secondaires et des effets qui conditionnent la régression ou la disparition d'une espèce.

Étiage : basses eaux (en période sèche)

Euryècie : tolérance pour un grand nombre de paramètres de l'environnement

Eutrophisation : 1/stade trophique correspondant à une utilisation optimale de l'énergie et qui se traduit par une production biologique à la fois abondante et variée pour les consommateurs

2/par abus de langage, ce terme désigne désormais usuellement un syndrome de pollution dû à un excès de nutriments se traduisant entre autres par des proliférations végétales et par une réduction des biocénoses consommatrices les plus sensibles.

"Fertimieux" : programme de réduction des rejets de nutriments et de micropolluants d'origine agricole.

Fleur algale : prolifération soudaine et massive d'une espèce d'algue peu polluo-sensible ; les formes susceptibles de produire ce phénomène entretiennent généralement leur multiplication en émettant des toxines pour empoisonner les algues concurrentes et les consommateurs ; ce phénomène résulte d'une pollution par excès de nutriments se combinant avec une conjonction de facteurs hydro-climatiques favorables à l'algue proliférante.

Flux : quantité transitant dans un compartiment de l'écosystème par unité de temps.

Fongicides : pesticides contre l'attaque des champignons microscopiques s'attaquant aux cultures ou au bois d'œuvre.

Géomorphologie : étude de la modification du tracé, des fonds et des berges d'un cours d'eau au cours du temps

Glissement typologique : modification du spectre typologique d'un cours d'eau (cf. Verneaux 1973-1997) : par exemple une station abritant originellement un peuplement de type "eau vive, peu minéralisée et fraîche" n'abrite plus que des espèces affectionnant les eaux chaudes et fortement minéralisées.

Gravière : carrière de sable ou de gravier en plaine alluviale ; ces extractions créent généralement un plan d'eau qui perturbe les écoulements de nappe tout en augmentant les pertes hydriques du bassin versant par évaporation directe.

Herbicides : groupes de composés utilisés pour éliminer toute végétation jugée indésirable mais qui présentent aussi une toxicité pour certains animaux

Hydrodynamique fluviale : étude des mosaïques de faciès et d'habitats d'un cours d'eau et de leur évolution au cours du temps ou suite à des actions anthropiques.

Incision : érosion verticale du lit d'un cours d'eau qui s'enfonce donc entre ses berges ; ce phénomène peut être dû à des mécanismes naturels ou provoqué par des pressions anthropiques sur le lit majeur ou sur le bassin versant.

Indice : notation de qualité basée sur l'application d'une méthode de diagnose généralement simplifiée.

Indices biotiques : indices basés sur l'étude des biocénoses benthiques.

Inhibiteur : produit qui bride ou qui perturbe insidieusement une fonction physiologique dans un organisme ou le développement d'une espèce dans un peuplement.

Insecticides : produits utilisés contre les insectes et qui présentent généralement une forte toxicité ; ils comprennent trois grandes familles de composés de synthèses : les organochlorés, où les chaînes carbonées simples ou cycliques sont liées à du chlore (exemple : les PCB, le Lindane, le DDT), les organophosphorés, où elles sont liées à du phosphore (exemple : le Parathion) et enfin les carbamates, neurotoxiques puissants (ex : Carbaryle ou Sevin).

Latence : temps d'attente

Létal induisant la mort

Macro-invertébrés : ensemble d'invertébrés visibles à l'œil nu et qui peuplent le fond des cours d'eau et des lacs : ce groupe comprend des mollusques, des crustacés des sangsues, des vers, des insectes larvaires ou adultes ....

Macrophyte : par opposition aux microphytes qui désignent les algues, les macrophytes sont les végétaux de grande taille, à racine, avec ou sans fleur, comme les nénuphars ou les bryophytes aquatiques.

Mésologique : qui a rapport à l'environnement physique et chimique (par opposition à biologique).

Métabolisme : ensemble de mécanismes fonctionnels qui contrôlent et utilisent les flux d'énergie et de matière chez un organisme ou dans un écosystème.

Micro-organismes : bactéries et protozoaires.

Micropolluant : substance toxique à très petite dose ; il s'agit souvent de métaux lourds ou de composés organiques, c. à. d. issus de la chimie du carbone.

Morphodynamique : caractérisation de la forme du lit, de l'hétérogénéité des fonds et de la vitesse d'écoulement d'un cours d'eau, en rapport avec sa pente, sa largeur, sa profondeur...

Nutriment : éléments minéraux indispensables à la production végétale : dans le cas des systèmes aquatiques ce mot désigne généralement les différentes formes de phosphore et d'azote, minérales et organiques.

Oligochètes : vers rond, annelés, portant quelques soies.

Organo-stanniques : produits composés de chaînes carbonées reliées à des atomes d'étain : hautement toxiques, même à très petite dose.

Pesticide : ensemble de substances destinées à détruire les organismes jugés indésirables et regroupant, entre autres : herbicides, pesticides, fongicides ...

Peuplement : ensemble d'espèces vivant dans un même milieu et appartenant au même groupe taxonomique.

Phytosanitaires : pesticides garantissant la protection des cultures contre différents agresseurs.

Polluo-sensibilité :vulnérabilité à la pollution.

Rectification : coupure des méandres et des systèmes latéraux d'une rivière.

Réhabilitation : ré-aménagement d'un système perturbé de façon à reconstituer une partie de son potentiel sans qu'il soit possible de revenir à son niveau originel.

Rémanence : persistance d'un phénomène

Reméandrement : reconstitution de la sinuosité (originelle ou équivalente) d'un cours d'eau méandriforme jusque-là rectifié ou chenalisé.

Renaturation : à partir d'un système artificiel perturbé, retour à la configuration originelle

Restauration : à partir d'un système artificiel perturbé, aménagement d'une configuration différente de l'originelle, mais associée à un potentiel équivalent.

Ripisylve: végétation arbustive et arborescente de la plaine alluviale ou de la zone inondable d'un cours d'eau ; souvent restreinte à un cordon le long des berges.

Saprobie : affinité pour la matière organique ; méthode censée apprécier l'intensité des pollution organique à partir de la présence d'organismes liés à cette matière.

Standard : pour un protocole, désigne des modalités de prélèvement fixées de façon à être reproductibles, c. à d. dans le dessein d'exercer réellement le même effort d'échantillonnage, associé à une même efficacité et donc d'obtenir des images comparables dans toutes les situations ; l'uniformité absolue n'est donc pas la standardisation.

Syndrome : ensemble de paramètres et de mécanismes associés à un dysfonctionnement.

Synergie : interférences des propriétés chimiques de deux composés dont la présence simultanée se traduit par un effet toxique plus fort que la somme des deux effets élémentaires

Taxonomie: classification des êtres vivants en différents groupes (répondant à des critères à la fois morphologiques, génétiques et écologiques), selon des niveaux emboîtés (principalement, par ordre croissant : espèce, genre, famille, ordre classe, embranchement).

Toxine : substances toxiques d'origine naturelle, produites par un être vivant

Toxiques : substances affectant nettement une ou plusieurs fonctions physiologique chez un groupe d'organismes et pouvant entraîner leur mort.

Trophie : aptitude à nourrir.

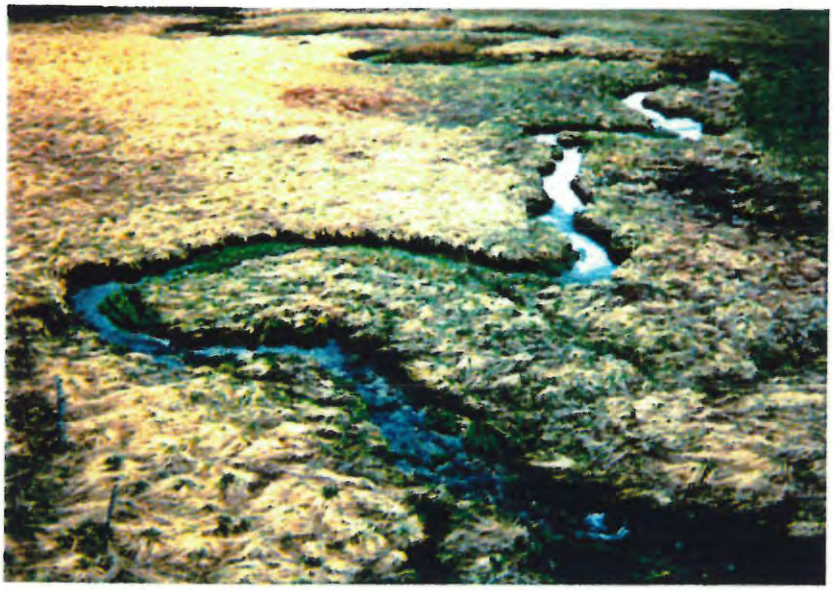
Variétés : formes différenciées d'une même espèce ; généralement issues d'un isolement spatial quand elles sont naturelles, elles peuvent présenter des caractéristiques morphologiques ou biologiques et des exigences écologiques différentes.

Vallée du Drugeon

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT
FRANCHE-COMTÉ

Agence de l'Eau
rhône méditerranée corse

SUIVI TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE DE L'IMPACT DES TRAVAUX DE RESTAURATION DU DRUGEON SUR SA QUALITÉ PHYSIQUE ET SES CAPACITÉS BIOGÈNES



PHOTOS ET ANNEXES

Étude réalisée pour le Syndicat Intercommunaldu Plateau de Frasne
Vallée du Drugeon

par TELEOS H. DECOURCIERE
F. DEGIORGI
J. P. GRANDMOTTET

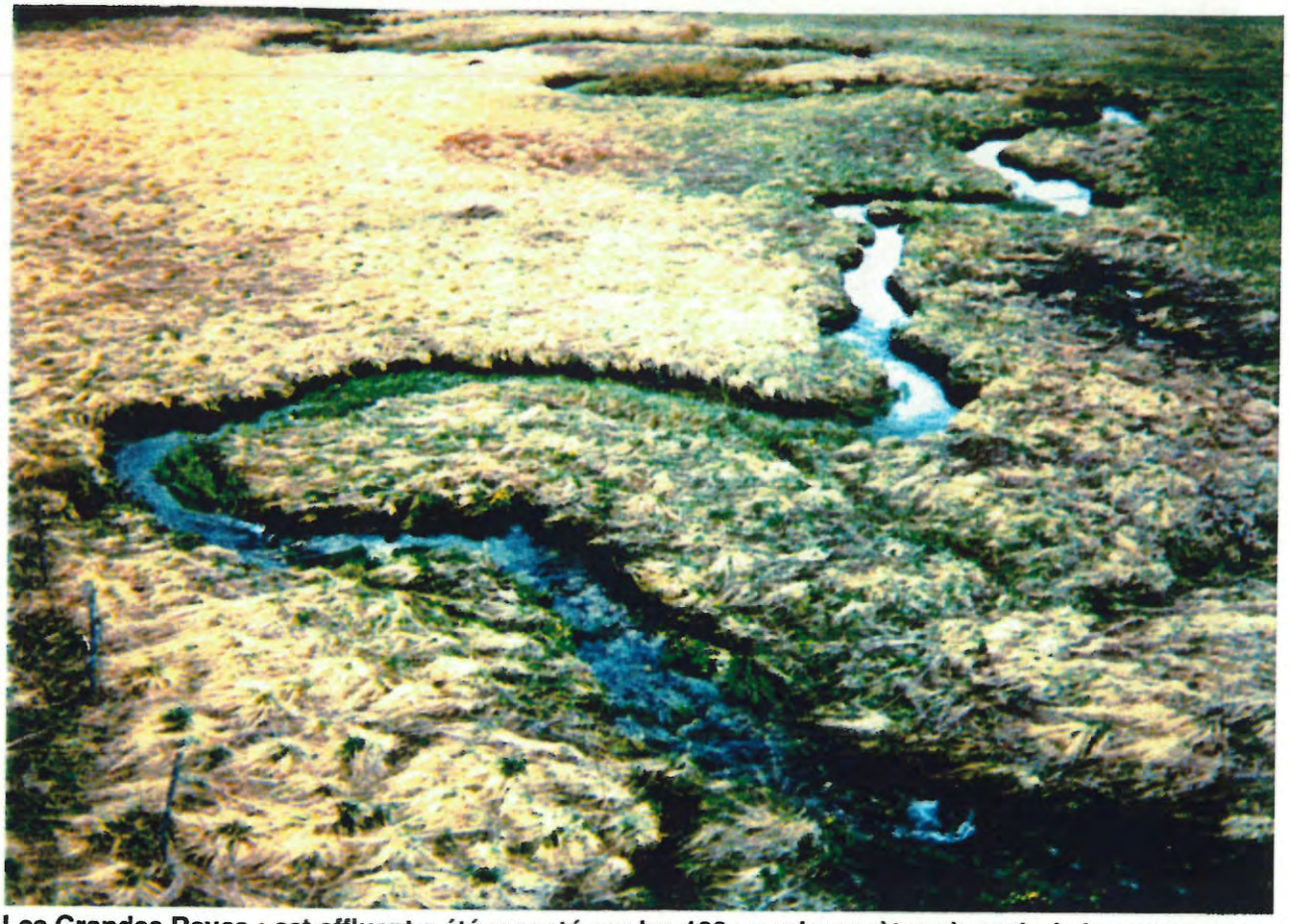
financée par : le Ministère de l'Environnement
l'Agence de l'Eau
le Syndicat Intercommunal du Plateau de Frasne

Mai 2000

PHOTOS

Photos 01/03	Grande Rayes et Bief Belin amont
Photos 04/07	Bief Belin apical et moyen
Photos 08/11	Bief Belin aval
Photos 12/14	Le Drugeon aux Martinets
Photos 15/17	Le Drugeon des Martinets au Gué SNCF
Photos 18/20	Le Drugeon au Gué SNCF
Photos 21/24	Le Drugeon du Pré Vaillon à l'Isle Pernet
Photos 25/27	Le Drugeon à l'amont de Jointes Noires
Photos 28/30	Le Drugeon à l'amont de Bonnevaux
Photos 31/35	Le Drugeon le long de l'Entonnoir
Photos 36/39	Le Drugeon à l'amont du Pont SNCF de Bouverans
Photos 40/43	Le Drugeon à l'amont de la Scierie de Bouverans
Photos 44/47	Le Drugeon à l'aval de la Rivière jusqu'à la STEP
Photos 48/52	Le Drugeon à l'amont du Pont de Bannans

Photos 1 à 3 : les Grande Reyes apicale et la partie moyenne du Bief Belin



Les Grandes Rayes : cet affluent a été repecté sur les 100 premiers mètres à partir de la source ; ces méandres prononcés donne une idée de ce qu'était originellement le Bief Belin



Uniformité globale du Bief Belin encaissé



La confluence avec les Gouttes d'Oı reste banalisée

Photos 4 à 7 : diversité locale et uniformité globale du Bief Belin rectifié



Seuil en bois installé sur le Bief Belin : diversification locale



La buse perchée, traversée d'une lame d'eau trop mince, fait obstacle en eaux basses et moyennes : 3 cm d'eau pour 5 m de portée et 20/25 cm de dénivelé

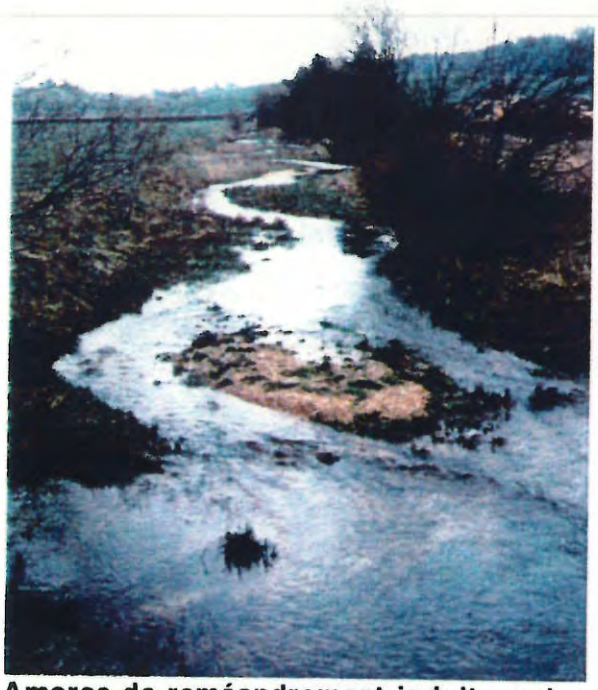


Le Bief Belin reste uniforme et fortement encaissé

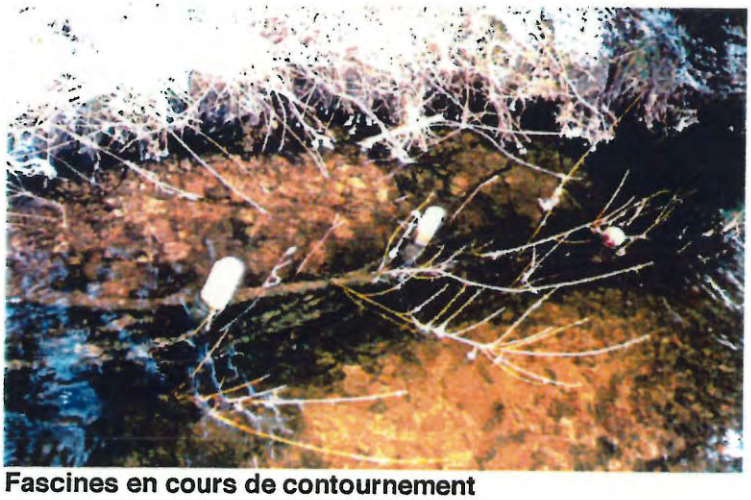


Frayère observée sur la partie aval du Bief Belin : aucune n'a pu être localisée sur la partie amont

Photos 8 à 11 : le Bief Belin aval et la confluence avec le Rû de Chantegrue



Amorce de reméandrement induit par les banquettes enfascines : le rayon de courbure et l'amplitude restent insuffisants ; l'altitude du fond n'a pas été rehaussé



Fascines en cours de contournement



Seuil réglable trop bas et contourné par la gauche



Le contournement s'accentue



Buse PVC en provenance de la scierie



Coloration suspecte provenant des suintements d'un dépôt de bois à proximité de la scierie



Amoncellement de bois et de sciure à proximité immédiate du Drugeon

Photos 15 à 17 : le DRUGEON entre les Martinets et le Gué SNCF



Exurgence karstiques (non pérenne) déconnectée



Enrochements intégrés en cours de végétalisation spontanée



Protections végétales en cours de déstabilisation

Photos 16 à 20 : le DRUGEON au Gué SNCF



La courbure trop réduite impose l'implantation de protections de berge ainsi que d'un seuil de fond



La diversité locale induite est tout de même excellente



L'ancien bourrelet conservé en rive gauche ralentit le réajustement



Reprise des méandres originels sans recreusement du lit : connectivité et hétérogénéité optimales



Confluence de la Combe Levier, surdimensionnée



Création de fosse par auto-ajustement du fond

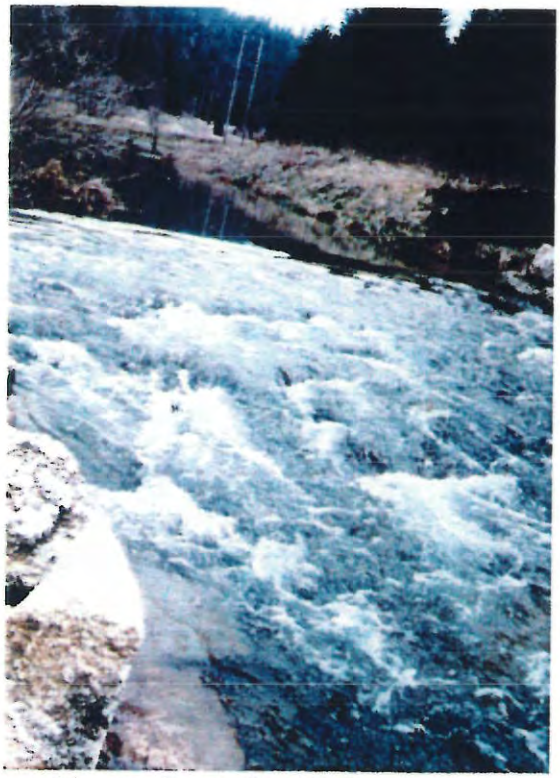


Formation de sous-berge par érosion latérale ménagée

Photos 25 à 27 : le DRUGEON à l'amont des Jointes Noires : jonction entre lit renaturé et lir rectifié



Le niveau originel est maintenu grâce à la rampe d'enrochement (en aval immédiat, cf. ci dessous) qui fait la jonction entre le lit originel au ras du terrain et le lit rectifié enfoncé de près de 2 mètres ; ce secteur particulier est associé à une bonne diversité due au dénivelé local et renforcé par la création d'un bras mort (en rive gauche sur la droite de la vue prise depuis l'aval)



Rampe d'enrochements non jointifs



Seuils des Jointes Noires induisant une diversité très ponctuelle

Photos 28 à 30 : le DRUGEON rectifié entre les Jointes Noires et Bonnevaux



A l'aval du deuxième seuil des Jointes Noires, le Drugeon rectifié n'a pu être renaturé



Le lit est homogène et inattractif, la lame d'eau d'étiage s'étale ; l'érosion latérale ne suffit pas à reconstituer un chenal diversifié



L'ancien corridor fluviatile, désormais déconnecté, est envahi de laiches et de saules : il n'est de toutes façons pas utilisable pour l'usage agricole

Photos 31 à 35 : le DRUGEON le long du Varot et de l'Entonnoir



Diversification des écoulements par resserrement ponctuel du chenal à l'aide de fascinages



Les fascines sont déstabilisées



Prise d'eau rustique pour l'Entonnoir : la partition des débits n'est pas régulée rigoureusement





Déstabilisation de la digue au droit de l'ancien lit qui se comporte en déversoir



Le comblement imparfait de l'ancien lit rectifié provoque des difficultés de ressuyage après les crues.



Une digue monumentale a été édifiée pour pallier à ce dysfonctionnement, mais comme l'alimentation se fait par la nappe, le problème n'est que très imparfaitement résolu.



Parallèlement, un drain a été recreusé et risque d'induire une érosion régressive qui amplifiera le problème en amplifiant la dépression.



Photos 40 a 43 : le Drugeon à l'amont de la Scierie de Bouverans



Le tracé artificiel compte un bras de moin que le lit originel ; surtout, les nouveaux méandres ne sont ni assez amples ni assez courbés : ces caractéristique provoque un début d'incision : l'érosion des fonds uniformise les habitats et déconnecte le chenal de sa zone d'incision du lit peu innondable







À l'amont immédiat de Bouverans un bras mort intéressant a été créé, mais ses berges sont trop abruptes.

Photos 44 à 47 : le Drugeon de l'aval de La Rivière Drugeon à la STEP



Une diguette ourle le lit mineur à l'aval immédiat du Pont SNCF de La Rivière.



Au droit de la STEP, le tracé peu harmonieux et l'édification de diguettes provoquent des érosion de berges qui déstabilisent les protections végétales.



A l'aval de la STEP, le chenal semble avoir été surdimensionné.



Le lit rectifié, surdimensionné, a été conservé comme chenal de crue ; la partition des débits à l'aide d'un *venturi* le laisse en eau plus de 10 mois par an : cette portion est particulièremetn inhospitalière.





À l'amont de ce secteur, des diguettes ont été édifiées à proximité immédiate du lit mineur.









À l'aval, la jonction entre le bief du Moulin, qui collecte désormais le débit moyen, et le lit rectifié, qui franchit le pont routier, est assurée par un seuil infranchissable ; la passe à poisson est légèrement sous dimensionnée. En outre l'appel peut être brouillé par l'ouverture intempestive de la vanne de décharge dont la maniplation fait aussi varier les débit qui transitent par la passe.

ANNEXES

ANNEXE 1 : listes faunistiques

ANNEXE 2 : analyse standard des mosaïques d'habitat (cartes)

ANNEXE 3 : mesure de la qualité physique à l'échelle du tronçon (tableaux)

ANNEXE 4 : morphologie du Drugeon

ANNEXE 1 : listes faunistiques

Sur les stations :

Pour le Bief Belin :
- des Gouttes d'Or
- des Arbey
- de la Scierie

Pour le Bief Belin :
- du Gué SNCF
- du Pré Vaillon
- de l'Isle Pernet
- du Pont SNCF

Listes faunistiques de la méthode à 20 prélèvements

Liste faunistique récapitulative des 7 stations 1999

Listes faunistiques des 8 prélèvements protocole IBGN et calcul des indices

Les données antérieures :
- 1973
- 1993
- 1994
- 1995
- 1997
- 1998

Tableau des limites des classes d'abondance

Liste faunistique en classe d'abondance des 7 stations 1997

Liste faunistique en classe d'abondance des 7 stations 1999

Liste des espèces identifiées en 1999

Listes d'espèces identifiées en 1997/1998 sur le Bief Belin Apical

LE BIEF BELIN
St 1 : Gouttes d'Or
18/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S9 V3 H2	S8 V2 H1	S7 V1 H2	S6 V3 H2	S5 V3 H1	S4 V2 H1	S3 V1 H1	S2 V1 H1	S9 V3 H1	S7 V1 H1	S6 V3 H3	S6 V2 H1	S6 V2 H2	S6 V1 H1	S5 V2 H1	S5 V1 H2	S4 V1 H1	S3 V2 H2	S2 V2 H2	S1 V3 H1		
PLECOPTERES	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla				1							1				1						3	3
	LEUCTRIDAE	Leuctra	1	3	2	14	23	1	1	1			12	21	26	16	13	7	1		1		143	143
	NEMOURIDAE	Amphinemura	1					3															4	51
		Nemoura		8	4	1		1	1		21	5		3			1		2				47	
	PERLODIDAE	Perlodes				2							2		1	1							6	6
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	6	7		24	22	39	1		6	2	26	2	86	20	37	2			8	4	292	354
		Centroptilum			14				6	15	2	1		4				8	10		2		62	
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	10	5			4				5	2	1	1	1	1	1						31	31
	HEPTAGENIIDAE	Rhithrogena	1			10	8						13		24	6	3						65	65
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	2	6	23		1	1			32		1	14	4	3		8	30		1		126	126
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo					1								1								2	2
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	1		2																		3	212
		Chaetopteryx	10	14	32		1	9	1	1	26	9		12	4		2	2	27	1	3		154	
		Drusus	1			1	7	5					9				4				1		28	
		Halesus			3							1											4	
		Limnephilus		1							5								1				7	
		Melampophylax					3			5			1	2		2	2				1		16	
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	1										1										2	2
	POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia	1	4		1			1		9	2							5				23	23
HETEROPTERES	CORIXIDAE	Corixia										1											1	1
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Curculuionidae																	2				2	15
		Copelatus		1							4								6				11	
		Potamonectes																1		1			2	
	ELMIDAE	Elmis	423	14		1	4	18			280		3	2	25	2						1	773	801
		Esolus				1							1										2	
		Normandia									1												1	
		Oulimnius		1				3			6												10	
		Riolus	12										2			1							15	
	HALIPLIDAE	Brychius								1							1						2	12
		Haliplus			1				1		5							1		1	1		10	
	HELODIDAE	Helodes									1												1	1
	HYDRAENIDAE	Hydraena					1						2	1									4	4
DIPTERES	ANTHOMYIDAE		2																				2	2
	CERATOPOGONIDAE		1	1				2			1			2				6	2				15	15
	CHIRONOMIDAE		1030	1401	444	506	320	725	2221	1807	1523	122	448	257	411	502	751	397	1375	1728	226	345	16539	16539
	EMPIDIDAE																		1		1		2	2
	LIMONIIDAE			3	2	3	21	7		4	1		5		2	6	14			1	32		101	101
	PSYCHODIDAE		2																				2	2
	SIMULIDAE		22			14		603	1				1			18					1	1	661	661
	STRATIOMYIDAE		1					1		1	1												4	4
	TABANIDAE			1	1			1						1					1				5	5
	TIPULIDAE								1										2				3	3
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis							1								1						2	2
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		563	168	113	2	18	28	58	56	700	54	29	42	17	35	291	31	65	4	28		2302	2302
ISOPODES	ASELLIDAE			1																			1	1
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea					2											2					4	4
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium		8					3	4	1						1	2	14	2	5		40	40
OLIGOCHETES			9	2	4	3	39	11	1		7	2	24	39	11	8	7	146	20	1	1		335	335
ACHETES	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia																	2				2	2
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	2					4			1				1								8	8
HYDRACARIENS			1							1	1				1								4	4
	Abondance		2103	1649	645	584	475	1462	2298	1896	2639	201	582	403	615	621	1130	613	1566	1739	312	351	21884	
	Abondance relative		9,6%	7,5%	2,9%	2,7%	2,2%	6,7%	10,5%	8,7%	12,1%	0,9%	2,7%	1,8%	2,8%	2,8%	5,2%	2,8%	7,2%	7,9%	1,4%	1,6%	100,0%	
	Variété		23	19	13	15	16	18	14	11	23	11	19	15	15	14	16	13	18	8	15	4	51	37
	Variété relative		45,1%	37,3%	25,5%	29,4%	31,4%	35,3%	27,5%	21,6%	45,1%	21,6%	37,3%	29,4%	29,4%	27,5%	31,4%	25,5%	35,3%	15,7%	29,4%	7,8%		

LE BIEF BELIN
Station 2 : Les Arbey
23/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0	S8	S6	S6	S6	S6	S5	S5	S4	S3	S2	S2		
			V3	V1	V3	V3	V2	V1	V1	V3	V3	V1	V3	V2	V2	V1	V2	V1	V3	V2	V3	V2		
			H2	H2	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H1	H1	H1	H1	H2	H3	H1	H2	H1	H3	H2	H1		
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra	5	11	15	6	28						23	6	38	1	1	23	8		1	1	167	167
	NEMOURIDAE	Amphinemura	9		2	1	2												8				22	48
		Nemoura	1				2					3		1				2	5				14	
		Protonemura	6																6				12	
	PERLODIDAE	Isoperla	2										1		1								4	7
		Perlodes			1								2										3	
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	130	1	185	214	1	1		4	12	6	93		4	9	1	1	105		1	2	770	774
		Centroptilum										2								2			4	
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	126	3	7	15	16		1	3	3	18	11	4	2	4		22	41			1	277	277
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus					2							1	1		1			1			6	22
		Rhithrogena			8	4									3				1				16	
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia		10			6			3		3		11	1	3	2						39	39
TRICHOPTERES	LIMNEPHILIDAE	Allogamus															1						1	301
		Anabolia		1																			1	
		Chaetopteryx	25	65	1	5	45		3		1	10	4	6	6		10	5	9	13	1	14	223	
		Drusus			2	2								1							1		6	
		Halesus	2	1										1				2	2				8	
		Limnephilus					6					3	1				1		2	1			14	
		Melampophylax	1	3	1	21	1						2		8	6		4			1		48	
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila											4										4	4
	POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia					1																1	1
HETEROPTERES	APHELOCHERIDAE	Aphelocheirus					1																1	1
	CORIXIDAE	Corixia																		1		14	15	15
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Curculuionidae					1																1	6
		Copelatus										3											3	
		Ilybius										1											1	
		Potamonectes						1															1	
	ELMIDAE	Elmis	31		7	6	8				5	3	23	5	2	2		4	95				191	211
		Esolus			5	6									4				3				18	
		Oulimnius					1														1		2	
	HALIPLIDAE	Brychius		2					3						3	3	1	1	1			1	15	19
		Haliplus					1					1					1			1			4	
	HYDRAENIDAE	Hydraena			2										1				1				4	4
DIPTERES	ANTHOMYIDAE										2												2	2
	CERATOPOGONIDAE						1				4												5	5
	CHIRONOMIDAE		1624	27	64	165	102	1633	87	36	264	436	177	48	111	341	293	162	258	999	61	695	7583	7583
	LIMONIIDAE			8	14	33	3	2	13	1	13	1	12		4	4	5	17	17		20	2	169	169
	SIMULIDAE		1782		53	21			1	48	10	5	4		4	15			1198		1		3142	3142
	TABANIDAE												1							1			2	2
	TIPULIDAE										14												14	14
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis																		1			1	1
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		86	5	1	8	79		4			16	5	1	4	1	8	6	35	1			260	260
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea		3						19			1										23	23
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	5	7			1	8				2							1	24		5	53	53
OLIGOCHETES				51	25	19	121	9	34		4		3	51	11	101	51	12	17	10	46	100	665	665
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella					1																1	1
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis											1										1	1
NEMATHELMINTHES	NEMATODES						2																2	2
HYDRACARIENS																						1	1	1

Abondance	3835	198	393	526	432	1654	146	114	332	513	368	136	208	490	376	261	1813	1055	134	836	13820	
Abondance relati	27,7%	1,4%	2,8%	3,8%	3,1%	12,0%	1,1%	0,8%	2,4%	3,7%	2,7%	1,0%	1,5%	3,5%	2,7%	1,9%	13,1%	7,6%	1,0%	6,0%	100,0%	
Variété	15	15	17	15	24	6	8	7	11	16	18	12	18	12	13	13	20	12	10	11	49	32
Variété relative	30,6%	30,6%	34,7%	30,6%	49,0%	12,2%	16,3%	14,3%	22,4%	32,7%	36,7%	24,5%	36,7%	24,5%	26,5%	26,5%	40,8%	24,5%	20,4%	22,4%		

LE BIEF BELIN
Station 3 : Sclerie
23/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	19	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	3	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S0	S8	S7	S6	S6	S5	S5	S4	S4	S2	S2	S6	S6		
			V3	V2	V3	V2	V2	V1	V2	V3	V1	V1	V2	V1	V3	V1	V3	V1	V3	V1	V3	V2		
			H2	H1	H1	H2	H2	H3	H2	H2	H2	H2	H2	H3	H2	H1	H2	H3	H2	H2	H2	H3		
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra			2								1										3	3
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	1	2	43		2	1	1		1	2			1		73	1			47		175	175
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	15	13	6	1	23				2	2	1	1	4		34	1			2	2	107	107
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus			1								2	7							1		11	16
		Rhithrogena			3												1				1		5	
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia		1								2		3	1			2	1				10	10
TRICHOPTERES	LIMNEPHILIDAE	Allogamus																				1	1	313
		Anabolia		3								3											6	
		Chaetopteryx	9	54	1	3	5	1	1		8	93	3	4	3	3	2	17		9		1	217	
		Drusus							2		1								1		1		5	
		Halesus		12						1		16	1	1				1					32	
		Limnephilus		1		2	2	3	3		1	5		1				1					19	
		Melampophylax		1	1	9						5	2	3	2	1	1		3			3	31	
		Potamophylax										2											2	
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila			2									1									3	3
COLEOPTERES	DRYOPIDAE	Helichius		1																			1	1
	DYTISCIDAE	Copelatus		3														2					5	5
	ELMIDAE	Elmis		74	3		7		1	2	2	6	3	5	1		19	5				1	129	140
		Esolus			2												1						3	
		Oulimnius		3						1											1		5	
		Riolus		3																			3	
	HALIPLIDAE	Brychius	2				1						1										4	7
		Haliplus		2														1					3	
	HELOPHORIDAE	Helophorus										1											1	1
	HYDRAENIDAE	Hydraena	1														3						4	4
	HYDROPHILIDAE	Laccobius		1			1								1								3	3
	CERATOPOGONIDAE			12			1		1	8													22	22
	CHIRONOMIDAE		1733	593	206	586	1273	1216	459	1262	1207	115	323	73	249	216	1292	248	192	378	280	105	12006	12006
	LIMONIIDAE						1		12						1		1		6				21	21
	SIMULIDAE		2	6	11	2											1389				14		1424	1424
	TIPULIDAE									2					1						1		4	4
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		1	57	2		2			5		17	2	4			12				1	1	104	104
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea		1	1	1	2		1		5		4	4	1	1		2				1	24	24
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium						1												2			3	3
OLIGOCHETES				1	2	118	9	217	15	1	2	12	4	11	215	112	6	3	2	27	1	88	846	846
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	1	5	2	3	14	23	5	3	4	6	6		3	8		5	1	5	13	7	114	114
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia										1			1								2	15
		Helobdella			4			1	1		2	2	1		1					1			13	
HYDRACARIENS			1					1	1		2							1					6	6

Abondance	1766	849	292	725	1343	1464	503	1285	1237	290	354	118	485	341	2834	290	206	422	363	210	15377	
Abondance relati	11,5%	5,5%	1,9%	4,7%	8,7%	9,5%	3,3%	8,4%	8,0%	1,9%	2,3%	0,8%	3,2%	2,2%	18,4%	1,9%	1,3%	2,7%	2,4%	1,4%	100,0%	
Variété	10	22	17	9	14	9	13	9	12	17	14	13	15	6	13	14	7	6	12	10	39	26
Variété relative	25,6%	56,4%	43,6%	23,1%	35,9%	23,1%	33,3%	23,1%	30,8%	43,6%	35,9%	33,3%	38,5%	15,4%	33,3%	35,9%	17,9%	15,4%	30,8%	25,6%		

LE DRUGEON
Station 1 - Gué SNCF
18/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S9	S8	S7	S6	S5	S2	S1	S6	S8	S6	S6	S6	S6	S5	S5	S5	S1	S1	S2	S1		
			V3	V1	V1	V3	V2	V1	V3	V1	V1	V1	V2	V4	V3	V1	V3	V3	V4	V1	V1	V2		
			H2	H3	H3	H2	H2	H2	H2	H3	H2	H2	H3	H2	H2	H3	H2	H2	H1	H3	H1	H3		
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra								1			1										2	2
	NEMOURIDAE	Nemoura											1										1	1
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	38			5			15			4		9	15		2	1	5				94	94
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	36			14	4		5		1	9		12	5	9	2	7		1	1	1	107	107
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia			4								1			3				2		1	11	11
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	1																				1	1
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		2	45					4	3				1			2		3			60	877
		Anabolia		3	1																		4	
		Chaetopteryx		9	5			1			4												19	
		Halesus		7	51		1		1														60	
		Limnephilus		5	2																		7	
		Melampophylax	6	26	97	12	4	2	21	40	53	32	7	3	38	32	9	73		102	2	6	565	
		Potamophylax		2	136				1	1										22			162	
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes								1		1											2	2
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	1						3														4	4
COLEOPTERES	ELMIDAE	Elmis	21		3						1	3		2	1	1		3					35	38
		Esolus														1							1	
		Limnius				1																	1	
		Riolus	1																				1	
	HALIPLIDAE	Brachius														1							1	14
		Haliplus		1							7										5		13	
	HYDRAENIDAE	Hydraena				1																	1	1
DIPTERES	CERATOPOGONIDAE													1		1		1					3	3
	CHIRONOMIDAE		495	1	24	192	5	57	327	5	15	11	2	108	220	4	40	46	250	5	18	6	1831	1831
	EMPIDIDAE		3									3			1			1					8	8
	LIMONIIDAE														1						1		2	2
	PSYCHODIDAE		1																				1	1
	SIMULIDAE		210						77					1	3				11				302	302
	TIPULIDAE									1							1				3		5	5
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		2		7	1				5									4				19	19
ISOPODES	ASELLIDAE				8														2				10	10
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba			1						3				1					1	1		7	8
		Radix																			1		1	
	PLANORBIIDAE	Bathyomphalus																		1			1	1
OLIGOCHETES			3		3		18	79		2	81	4	11	6		28		16	7		21		279	279
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	3	1	6		4	1		3		2	2		2	1		6	1		3		35	35
PLANAIRES	PLANARIIDAE	Polycelis																		2			2	2
HYDRACARIENS			3								6			11	3	6		1		3	1	28	62	62

Abondance	824	57	393	226	36	140	450	63	174	69	25	153	291	87	54	157	280	142	57	42	3720	
Abondance relati	22,2%	1,5%	10,6%	6,1%	1,0%	3,8%	12,1%	1,7%	4,7%	1,9%	0,7%	4,1%	7,8%	2,3%	1,5%	4,2%	7,5%	3,8%	1,5%	1,1%	100%	
Variété	15	10	15	7	6	5	8	10	10	9	7	9	12	11	5	11	7	10	10	5	38	27
Variété relative	39,5%	26,3%	39,5%	18,4%	15,8%	13,2%	21,1%	26,3%	26,3%	23,7%	18,4%	23,7%	31,6%	28,9%	13,2%	28,9%	18,4%	26,3%	26,3%	13,2%	100%	

LE DRUGEON
Station 2 - Pré Vaillon
24/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S9	S8	S7	S6	S6	S5	S5	S4	S6	S6	S7		
			V3	V3	V1	V3	V2	V1	V1	V2	V3	V2	V2	V2	V2	V1	V3	V1	V3	V3	V2	V1		
			H2	H2	H2	H2	H1	H1	H2	H1	H2	H2	H2	H3	H2	H3	H1	H1	H2	H2	H2	H2		
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra																		1			1	1
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	7	6		1		1			7	1					9			5	1		38	38
	CAENIDAE	Caenis	1																	2	1		4	4
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	50	48		13	4	5				59	9	19	7	3	4		2	3	10		236	236
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia				1									1	10				2			14	14
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo								1	1							1		1	1		5	5
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	2	1				2				7	1	2			2				6		23	706
		Anabolia			2																		2	
		Chaetopteryx		1	17			7	2	11			3									1	42	
		Halesus	1	17	26	2		7	1	2	2		14	23	1	1			3		1	1	102	
		Limnephilus	2	1	1			1	1	1		2	2		1								12	
		Melampophylax	6	70	14	14	8	78	2	15	13	45	14		63	44	26	12	12	34	51	1	522	
		Potamophylax							1		2												3	
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum								3													3	3
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila													1								1	1
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Potamonectes			1																		1	1
	ELMIDAE	Elmis	9			2		2			1			1	1		1		2	2	2		23	23
	HALIPLIDAE	Haliplus			2				1														3	3
	HYDRAENIDAE	Hydraena	1				1																2	2
DIPTERES	CHIRONOMIDAE		137	389	7	39	6	43	35	16	41	101	14	85	1	6	40		28	6	2	142	1138	1138
	EMPIDIDAE							1															1	1
	LIMONIIDAE																			1			1	1
	SIMULIDAE			2							4												6	6
	TABANIDAE									1													1	1
	TIPULIDAE									1						1	1						3	3
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		4	1								1		4					1		1		12	12
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba		1					1	3													5	5
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium								1													1	1
OLIGOCHETES					51	1		1	11	135		8		4	3	3	14	144		22		11	408	408
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	11	1	14	4	10	2	1	11		2	1	3	9	1	5	19	5	3	4	4	110	110
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia							2									1					3	3
PLANAIRES	PLANARIIDAE	Polycelis								1													1	1
HYDRACARIENS			93	93	1	3				3	1	4	57						10	1			266	266

Abondance	324	631	136	80	29	150	58	205	72	230	115	141	88	69	102	177	63	83	80	160	2993	
Abondance relati	10,8%	21,1%	4,5%	2,7%	1,0%	5,0%	1,9%	6,8%	2,4%	7,7%	3,8%	4,7%	2,9%	2,3%	3,4%	5,9%	2,1%	2,8%	2,7%	5,3%	100%	
Variété	13	13	11	10	5	12	11	15	9	10	9	8	10	8	9	5	8	13	11	6	33	27
Variété relative	39,4%	39,4%	33,3%	30,3%	15,2%	36,4%	33,3%	45,5%	27,3%	30,3%	27,3%	24,2%	30,3%	24,2%	27,3%	15,2%	24,2%	39,4%	33,3%	18,2%	100%	

LE DRUGEON
Station 3 - L'Isle Pernet
24/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S9	S8	S8	S7	S6	S6	S6	S5	S5	S5	S4		
			V3	V3	V1	V3	V3	V1	V1	V1	V3	V2	V2	V1	V2	V3	V2	V1	V3	V2	V1	V2		
			H2	H2	H2	H2	H2	H2	H3	H2	H2	H3	H2	H3	H2	H3	H3	H2	H3	H3	H2	H2		
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra					1										2						3	3
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	19	19		32	8				34	2	19			26	4	1	11		2		177	177
	CAENIDAE	Caenis	2				2					4				2		1		1			12	12
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	214	184	2	13	29	4			12	92	22	8	1	14	10	8	10	13	10	9	655	655
	EPHEMERIDAE	Ephemera			2		1	2		6					2	1			1	4	3	2	24	24
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus														1							1	1
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	1								2	3				1	16	4		1			28	28
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo				1	2				1					1	14	1	2	2		2	26	26
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche		2		1					3					1							7	7
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		2	1	1				1				1		1				1			8	688
		Anabolia						2						4									6	
		Chaetopteryx			8							1	1		1								11	
		Halesus	1	1	6		2	7	5			2		11	1	2			7	2		5	52	
		Limnephilus													1				1				2	
		Melampophylax	9	104	33	1	68	3	1	1	15	12	37	21	10	6	14	12	81	71	19	76	594	
		Potamophylax	1	1			3		1		2		1						6				15	
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila				8					1					2	6	6					23	23
	SERICOSTOMATIDAI	Sericostoma			1																		1	1
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Copelatus						1															1	1
	ELMIDAE	Elmis	228	38	1	19	4	1			18	137	2	2	2	53	5	30	6	12	1	5	564	567
		Oulimnius																1		1			2	
		Riolus															1						1	
	HYDRAENIDAE	Hydraena			1		2																3	3
DIPTERES	ANTHOMYIDAE										1					1							2	2
	ATHERICIDAE						3					2			1								6	6
	CHIRONOMIDAE		240	87	24	17	3	7	266	6	120	31	25	7	5	11	17	6	1	24	3	4	904	904
	DOLICHOPODIDAE						1																1	1
	EMPIDIDAE															3	1		2				6	6
	LIMONIIDAE							1									1				6		8	8
	SIMULIDAE		116	6		392	1				292	1	2			5	1		1	1			818	818
	TABANIDAE									3													3	3
	TIPULIDAE																		1				1	1
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis			1				3														4	4
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		19				1													1		1	22	22
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea	10	1	20			22	7	6		1		5	3	1		2	3	3	1	1	86	86
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium			16		2	12							2					1	1		34	34
OLIGOCHETES					20		21	2	9	52		4			8		3	3	29	122	6	5	284	284
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	4		2		5	6	2	2		3					1	5	4	6		2	42	42
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia			6		1	3	1	1				1	3		1	1	1	3			22	22
HYDRACARIENS			300	46	3	2	9	11	4			284	68	49	2	6		8		3	3	9	807	807

Abondance	1164	491	147	487	169	84	299	78	501	579	177	109	42	138	97	89	167	272	55	121	5266	
Abondance relativ	22,1%	9,3%	2,8%	9,2%	3,2%	1,6%	5,7%	1,5%	9,5%	11,0%	3,4%	2,1%	0,8%	2,6%	1,8%	1,7%	3,2%	5,2%	1,0%	2,3%	100%	
Variété	14	12	17	11	21	15	10	9	12	15	9	10	14	19	16	15	17	19	11	12	40	32
Variété relative	35,0%	30,0%	42,5%	27,5%	52,5%	37,5%	25,0%	22,5%	30,0%	37,5%	22,5%	25,0%	35,0%	47,5%	40,0%	37,5%	42,5%	47,5%	27,5%	30,0%	100%	

LE DRUGEON
Station 4 - Pont SNCF
24/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL genres	TOTAL familles
			S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S8	S8	S7	S7	S6	S6	S5	S5	S5	S4	S4	S3		
			V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1		
			H3	H4	H4	H4	H3	H3	H3	H4	H4	H3	H4	H3	H3	H3	H4	H3	H4	H3	H2	H3		
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	1									1											2	2
	CAENIDAE	Caenis			1	2									1			2					6	6
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	47	13	6	2	7	1				3	3	4	2	2	22	8	1	1	2		124	124
	EPHEMERIDAE	Ephemera		8	1	3			5				1			1	1	9				3	32	32
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia		1		1							1		1								4	4
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo		1		1																	2	2
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	1												3		1	2	1	1			9	317
		Anabolia										1								1			2	
		Chaetopteryx		1									8	5									14	
		Halesus		12	1				1		2		40	4	1	2		3		3	2		71	
		Limnephilus		8					1			1		3		1		3	1	1			19	
		Melampophylax	6	45	8	21			5				13		14	3	36	18	10	1			180	
		Potamophylax		1		1	2								18								22	
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes			3																		3	4
		Metalype														1							1	
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Platambus																						
	ELMIDAE	Elmis		4	1		1			1					11	1	3	1		1	1		2	2
	HALIPLIDAE	Brychius						2												1	1		25	25
		Haliplus	2									7		1						1	1		2	14
DIPTERES	CERATOPOGONIDAE					1												1					12	
	CHIRONOMIDAE		44	57	59	100	55	408	19		4	18	26	104	2	41	172	37	20	18	15	95	2	2
	LIMONIIDAE								1														1294	1294
	SIMULIDAE		1																				1	1
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis		2	1	1		1														3	1	1
AMPHIPODES	GAMMARIDAE								1				5		1								8	8
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium						12															7	7
OLIGOCHETES				22	65	176	2	17	84		1	5	15	88	1	8	118	87	66	4		46	12	12
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella		13	9	11	20	2	2		2		2	14	14	2	5	17	9	14	12	1	805	805
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia		2	2	10		2						2	1	6	1	3		1			149	149
		Helobdella							1	4						3	2	1					30	41
HYDRACARIENS			97	2			2	4			4	24	2								1		11	
																							136	136

Abondance	199	192	157	330	89	449	120	5	13	60	116	225	70	71	361	192	108	48	35	148	2988	
Abondance relativ	6,7%	6,4%	5,3%	11,0%	3,0%	15,0%	4,0%	0,2%	0,4%	2,0%	3,9%	7,5%	2,3%	2,4%	12,1%	6,4%	3,6%	1,6%	1,2%	5,0%	100%	
Variété	8	16	12	13	7	9	10	2	5	8	11	9	13	12	10	14	7	13	8	5	31	22
Variété relative	25,8%	51,6%	38,7%	41,9%	22,6%	29,0%	32,3%	6,5%	16,1%	25,8%	35,5%	29,0%	41,9%	38,7%	32,3%	45,2%	22,6%	41,9%	25,8%	16,1%	100%	

LISTE FAUNISTIQUE DES 7 STATIONS DU BIEF BELIN / DRUGEON 1999

ORDRE	FAMILLE	GENRE	Les Goutles d'Or BB1	Les Arbey BB2	Sclarie BB3	BIEF BELIN TOTAL	Gué SNCF D1	Pré Vallon D2	L'Isle Perre D3	Pont SNCF D4	DRUGEON TOTAL	BIEF BELIN + DRUGEON TOTAL
PLECOPTERES	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla	3			3						3
	LEUCTRIDAE	Leuctra	143	167	3	313	2	1	3		6	319
	NEMOURIDAE	Amphinemura	4	22		26						26
		Nemoura	47	14		61	1				1	62
		Protonemura	6	12		18						
	PERLODIDAE	Isoperla		4		4						4
		Perlodes		3		3						3
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	292	770	175	1237	94	38	177	2	311	1548
		Centroptilum	62	4		66						66
	CAENIDAE	Caenis						4	12	6	22	22
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	31	277	107	415	107	236	655	124	1122	1537
	EPHEMERIDAE	Ephemera							24	32	56	56
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus		6	11	17			1		1	18
		Rhithrogena	65	16	5	86						86
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	126	39	10	175	11	14	28	4	57	232
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	2			2	1	5	28	2	34	36
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche							7		7	
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	3	1	1	5	60	23	8	9	100	105
		Anabolia		1	6	7	4	2	6	2	14	21
		Chaetopteryx	154	223	217	594	19	42	11	14	86	680
		Drusus	28	6	5	39						39
		Halesus	4	8	32	44	60	102	52	71	285	329
		Limnephilus	7	14	19	40	7	12	2	19	40	80
		Melampophylax	16	48	31	95	565	522	594	180	1861	1956
		Potamophylax			2	2	162	3	15	22	202	204
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum						3			3	3
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes					2			3	5	5
		Metalype								1	1	1
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	2	4	3	9	4	1	23		28	37
	POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia	23	1		24						24
	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma							1		1	1
HETEROPTERES	APHELOCHERIDAE	Aphelocheirus		1		1						1
	CORIXIDAE	Corixia	1	15		16						16
COLEOPTERES	DRYOPIDAE	Helichius			1	1						1
	DYTISCIDAE	Curculuionidae	2	1		3						3
		Copelatus	11	3	5	19			1		1	20
		Ilybius		1		1						1
		Platambus								2	2	2
		Potamonectes	2	1		3		1			1	4
	ELMIDAE	Elmis	773	191	129	1093	35	23	564	25	647	1740
		Esolus	2	18	3	23	1				1	24
		Limnius					1				1	1
		Normandia	1			1						1
		Oulimnius	10	2	5	17			2		2	19
		Riolus	15		3	18	1		1		2	20
	HALIPLIDAE	Brychius	2	15	4	21	1			2	3	24
		Haliplus	10	4	3	17	13	3		12	28	45
	HELODIDAE	Helodes	1			1						1
	HELOPHORIDAE	Helophorus			1	1						1
	HYDRAENIDAE	Hydraena	4	4	4	12	1	2	3		6	18
	HYDROPHILIDAE	Laccobius			3	3						3
DIPTERES	ANTHOMYIDAE		2	2		4			2		2	6
	ATHERICIDAE								6		6	6
	CERATOPOGONIDAE		15	5	22	42	3			2	5	47
	CHIRONOMIDAE		16539	7583	12006	36128	1831	1138	904	1294	5167	41295
	DOLICHOPODIDAE								1		1	1
	EMPIDIDAE		2			2	8	1	6		15	17
	LIMONIIDAE		101	156	21	278	2	1	8	1	12	290
	PSYCHODIDAE		2			2	1				1	3
	SIMULIDAE		681	3142	1424	5227	302	6	818	1	1127	6354
	STRATIOMYIDAE		4			4						4
	TABANIDAE		5	2		7		1	3		4	11
	TIPULIDAE		3	14	4	21	5	3	1		9	30
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis	2	1		3			4	8	12	15
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		2302	260	104	2666	19	12	22	7	60	2726
ISOPODES	ASELLIDAE		1			1	10				10	11
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba					7	5			12	12
		Lymnaea	4	23	24	51			86		86	137
		Radix					1				1	1
	PLANORBIIDAE	Bathyomphalus					1				1	1
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	40	53	3	96		1	34	12	47	143
OLIGOCHETES			335	665	846	1846	279	408	284	805	1776	3622
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	2	1	114	117	35	110	42	149	336	453
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia			2	2		3	22	30	55	57
		Helobdella			13	13				11	11	24
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	8	1		9	2	1			3	12
NEMATHELMINTHES	NEMATODES			2		2						2
HYDRACARIENS			4	1	6	11	62	266	807	136	1271	1282

Abondance	21884	13807	15377	51068	3720	2993	5266	2988	14967	66010
Abond relative	42,85%	27,04%	30,11%	100,00%	24,85%	20,00%	35,18%	19,96%	100,00%	
Abond relative tot	33,15%	20,92%	23,29%	77,36%	5,64%	4,53%	7,98%	4,53%	22,67%	100%
Variété	51	49	39	64	37	33	40	31	58	76
Variété relative	79,69%	76,56%	60,94%		63,79%	56,90%	68,97%	53,45%		
Variété relative tot	67,11%	64,47%	51,32%	84,21%	48,68%	43,42%	52,63%	40,79%	76,32%	100%

LE BIEF BELIN
Station 3 : Scierie
23/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	19	4	5	6	7	8	TOTAL familles IBGN
			8	7	6	5	4	3	2	0	
			5	3	5	3	3	1	3	5	
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra			2						2
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	1	2	43		2	1	1		113
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	15	13	6	1	23				58
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus			1						4
		Rhithrogena			3						
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia		1							1
TRICHOPTERES	LIMNEPHILIDAE	Allogamus									114
		Anabolia		3							
		Chaetopteryx	9	54	1	3	5	1	1		
		Drusus							2		
		Halesus		12						1	
		Limnephilus		1		2	2	3	3		
		Melampophylax		1	1	9					
		Potamophylax									
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila			2						2
COLEOPTERES	DRYOPIDAE	Helichius		1							1
	DYTISCIDAE	Copelatus		3							3
	ELMIDAE	Elmis		74	3		7		1	2	96
		Esolus			2						
		Oulimnius		3						1	
		Riolus		3							
	HALIPLIDAE	Brychius	2				1				5
		Haliplus		2							
	HELOPHORIDAE	Helophorus									0
	HYDRAENIDAE	Hydraena	1								1
	HYDROPHILIDAE	Laccobius		1			1				2
	CERATOPOGONIDAE			12			1		1	8	22
	CHIRONOMIDAE		1733	593	206	586	1273	1216	459	1262	7328
	LIMONIIDAE						1		12		13
	SIMULIDAE		2	6	11	2					21
	TIPULIDAE									2	2
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		1	57	2		2			5	67
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea		1	1	1	2		1		6
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium						1			1
OLIGOCHETES				1	2	118	9	217	15	1	363
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	1	5	2	3	14	23	5	3	56
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia									6
		Helobdella			4			1	1		
HYDRACARIENS			1					1	1		3
Abondance			1766	849	292	725	1343	1464	503	1285	8227
Abondance relati			21,5%	10,3%	3,5%	8,8%	16,3%	17,8%	6,1%	15,6%	100,00%
Variété			10	22	17	9	14	9	13	9	25
Variété relative			40,0%	88,0%	68,0%	36,0%	56,0%	36,0%	52,0%	36,0%	

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Heptageneidae* GI=5
variété taxonomique : 25
IBGN = 12/20

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Limnephilidae* GI=3
robustesse IBGN =10/20

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=25
donc **Indice variété : Iv=5,50**

nombre total de taxons indicateurs : n=17
nombre de taxons indicateurs retenus : k=5
Heptageneidae i=7
Haliplidae i=6
Elmidae i=5
Ceratopogonidae i=5
Limoniidae i=5

donc **Indice nature : In=6,78**

Cb2 = Iv + In = 12,28/20

LE BIEF BELIN
Station 1 : Gouttes d'Or
19/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1 9 5	2 8 3	3 7 1	4 6 5	5 5 5	6 4 3	7 3 1	8 2 1	TOTAL familles IBGN
PLECOPTERES	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla				1					1
	LEUCTRIDAE	Leuctra	1	3	1	14	23	1	1	1	46
	NEMOURIDAE	Amphinemura	1					3			19
		Nemoura		8	4	1		1	1		
	PERLODIDAE	Perlodes				2					2
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	6	7		24	22	39	1		134
		Centroptilum			14				6	15	
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	10	5			4				19
	HEPTAGENIIDAE	Rhithrogena	1			10	8				19
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	2	6	23		1	1			33
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo					1				1
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	1		2						97
		Chaetopteryx	10	14	32		1	9	1	1	
		Drusus	1			1	7	5			
		Halesus			3						
		Limnephilus		1							
		Metampophylax					3			5	
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	1								1
	POLYCENTROPODIDA	Plectrocnemia	1	4		1			1		7
HETEROPTERES	CORIXIDAE	Corixia									
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Curculuionidae									1
		Copelatus		1							
		Potamonectes									
	ELMIDAE	Elmis	423	14		1	4	18			477
		Esolus				1					
		Normandia									
		Oulimnius		1				3			
		Riolus	12								
	HALIPLIDAE	Brychius								1	3
		Haliplus			1				1		
	HELODIDAE	Helodes									
	HYDRAENIDAE	Hydraena					1				1
DIPTERES	ANTHOMYIDAE		2								2
	CERATOPOGONIDAE		1	1				2			4
	CHIRONOMIDAE		1030	1401	444	506	320	725	2221	1807	8454
	EMPIDIDAE										
	LIMONIIDAE			3	2	3	21	7		4	40
	PSYCHODIDAE		2								2
	SIMULIDAE		22			14		603	1		640
	STRATIOMYIDAE		1					1		1	3
	TABANIDAE			1	1			1			3
	TIPULIDAE								1		1
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis							1		1
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		563	168	113	2	18	28	58	56	1006
ISOPODES	ASELLIDAE			1							1
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea					2				2
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium		8					3	4	15
OLIGOCHETES			9	2	4	3	39	11	1		69
ACHETES	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia									
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	2					4			6
HYDRACARIENS			1							1	2

Abondance	2103	1649	645	584	475	1462	2298	1896	11112
Abondance relati	18,9%	14,8%	5,8%	5,3%	4,3%	13,2%	20,7%	17,1%	100,0%
Variété	23	19	13	15	16	18	14	11	33
Variété relative	69,7%	57,6%	39,4%	45,5%	48,5%	54,5%	42,4%	33,3%	

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Leuctridae* GI=7
variété taxonomique : 33
IBGN = 16/20

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Leptophlebiidae* GI=7
robustesse IBGN =16/20

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=33
donc indice variété : Iv=7,26

nombre total de taxons indicateurs : n=20
nombre de taxons indicateurs retenus : k=5
Heptageneidae : i=7
Leuctridae i=6
Nemouridae i=6
Leptophlebiidae i=6
Haliplidae i=6

donc indice nature : In=7,50

Cb2 = Iv + In = 14,76/20

LE BIEF BELIN
Station 2 : Les Arbey
23/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1 8 5	2 7 1	3 6 5	4 5 5	5 4 3	6 3 1	7 2 1	8 1 5	TOTAL familles IBGN
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra	5	11	15	6	28				65
	NEMOURIDAE	Amphinemura	9		2	1	2				23
		Nemoura	1				2				
		Protonemura	6								
	PERLODIDAE	Isoperla	2								3
		Perlodes			1						
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	130	1	185	214	1	1		4	536
		Centroptilum									
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	126	3	7	15	16		1	3	171
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus					2				14
		Rhithrogena			8	4					
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia		10			6			3	19
TRICHOPTERES	LIMNEPHILIDAE	Allogamus									185
		Anabolia		1							
		Chaetopteryx	25	65	1	5	45		3		
		Drusus			2	2					
		Halesus	2	1							
		Limnephilus					6				
		Melampophylax	1	3	1	21	1				
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila									
	POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia					1				1
HETEROPTERES	APHELOCHERIDAE	Aphelocheirus					1				1
	CORIXIDAE	Corixia									
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Curculuionidae					1				2
		Copelatus									
		Ilybius									
		Potamonectes						1			
	ELMIDAE	Elmis	31		7	6	8				64
		Esolus			5	6					
		Oulimnius					1				
	HALIPLIDAE	Brychius		2					3		6
		Haliplus					1				
	HYDRAENIDAE	Hydraena			2						2
DIPTERES	ANTHOMYIDAE										
	CERATOPOGONIDAE						1				1
	CHIRONOMIDAE		1624	27	64	165	102	1633	87	36	3738
	LIMONIIDAE			8	14	33	3	2	13	1	74
	SIMULIDAE		1782		53	21			1	48	1905
	TABANIDAE										
	TIPULIDAE										
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis									
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		86	5	1	8	79		4		183
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea		3						19	22
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	5	7			1	8			21
OLIGOCHETES				51	25	19	121	9	34		259
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella					1				1
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis									
NEMATHELMINTHES	NEMATODES						2				2
HYDRACARIENS											

Abondance	3835	198	393	526	432	1654	146	114	7298
Abondance relative	52,5%	2,7%	5,4%	7,2%	5,9%	22,7%	2,0%	1,6%	100,00%
Variété	15	15	17	15	24	6	8	7	24
Variété relative	62,5%	62,5%	70,8%	62,5%	100,0%	25,0%	33,3%	29,2%	

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Perlodidae* GI=9
variété taxonomique : 24
IBGN = 15/20

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Leptophlebiidae* GI=7
robustesse IBGN =13/20

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=24
donc indice variété : Iv=5,28

nombre total de taxons indicateurs : n=17
nombre de taxons indicateurs retenus : k=5
Perlodidae i=9
Heptageneidae i=7
Leuctridae i=6
Nemouridae i=6
Leptophlebiidae i=6

donc indice nature : In=6,2

Cb2 = Iv + In = 13,5/20

LE DRUGEON
Station 1 - Gué SNCF
18/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL genres	TOTAL familles
			9	8	7	6	5	2	1	6		
			5	1	1	5	3	1	5	1		
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra								1	1	1
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	38			5			15		58	58
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	36			14	4		5		59	59
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia			4						4	4
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	1								1	1
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		2	45					4	51	485
		Anabolia		3	1						4	
		Chaetopteryx		9	5			1			15	
		Halesus		7	51		1		1		60	
		Limnephilus		5	2						7	
		Melampophylax	6	26	97	12	4	2	21	40	208	
		Potamophylax		2	136				1	1	140	
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes								1	1	1
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	1						3		4	4
COLEOPTERES	ELMIDAE	Elmis	21		3						24	26
		Limnius				1					1	
		Riolus	1								1	
	HALIPLIDAE	Haliplus		1							1	1
	HYDRAENIDAE	Hydraena				1					1	1
DIPTERES	CHIRONOMIDAE		495	1	24	192	5	57	327	5	1106	1106
	EMPIDIDAE	Hemerodrominae	3								3	3
	PSYCHODIDAE		1								1	1
	SIMULIDAE		210						77		287	287
	TIPULIDAE									1	1	1
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		2		7	1				5	15	15
ISOPODES	ASELLIDAE				8						8	8
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba			1						1	1
OLIGOCHETES			3		3		18	79		2	105	105
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	3	1	6		4	1		3	18	18
HYDRACARIENS			3								3	3

Abondance	824	57	393	226	36	140	450	63	2189	2189
Abondance relati	37,6%	2,6%	18,0%	10,3%	1,6%	6,4%	20,6%	2,9%		100%
Variété	14	4	9	7	5	4	6	8	30	22
Variété relative	63,6%	18,2%	40,9%	31,8%	22,7%	18,2%	27,3%	36,4%		100%

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Leptophlebiidae* GI=7
variété taxonomique : 22
IBGN = 13

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Rhyacophilidae* GI=4
robustesse IBGN = 10

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=22
donc **Indice variété : Iv=4,9**

nombre total de taxons indicateurs : n=13
nombre de taxons indicateurs retenus : k=4
Empididae : i=7
Leptophlebiidae : i=6
Rhyacophilidae : i=6
Elmidae : i=5
donc **Indice nature : In=7,3**

Cb2 = Iv + In = 12,2

LE DRUGEON
Station 2 - Pré Vaillon
24/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL genres	TOTAL familles
			9	8	7	6	5	4	3	2		
			5	5	1	5	3	1	1	3		
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	7	6		1		1			15	15
	CAENIDAE	Caenis	1								1	1
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	50	48		13	4	5			120	120
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia				1					1	1
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo								1	1	1
	LIMNEPHILIDAE	Anabolia			2						2	316
		Allogamus	2	1				2			5	
		Chaetopteryx		1	17			7	2	11	38	
		Halesus	1	17	26	2		7	1	2	56	
		Limnephilus	2	1	1			1	1	1	7	
		Melampophylax	6	70	14	14	8	78	2	15	207	
		Potamophylax							1		1	
	ODONTOCERIDAE	**Odontocerum**								**3**	3	3
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Potamonectes			1						1	1
	ELMIDAE	Elmis	9			2		2			13	13
	HALIPLIDAE	Haliplus			2				1		3	3
	HYDRAENIDAE	Hydraena	1				1				2	2
DIPTERES	CHIRONOMIDAE		137	389	7	39	6	43	35	16	672	672
	EMPIDIDAE							1			1	1
	SIMULIDAE			2							2	2
	TABANIDAE									1	1	1
	TIPULIDAE									1	1	1
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		4	1							5	5
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba		1					1	3	5	5
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium								1	1	1
OLIGOCHETES					51	1		1	11	135	199	199
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	11	1	14	4	10	2	1	11	54	54
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia							2		2	2
PLANAIRES	PLANARIIDAE	Polycelis								1	1	1
HYDRACARIENS			93	93	1	3				3	193	193

Abondance	324	631	136	80	29	150	58	205	1613	1613
Abondance relati	20,1%	39,1%	8,4%	5,0%	1,8%	9,3%	3,6%	12,7%		100%
Variété	10	9	7	9	5	8	7	12	30	24
Variété relative	41,7%	37,5%	29,2%	37,5%	20,8%	33,3%	29,2%	50,0%		100%

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Odontoceridae* GI=8
variété taxonomique : 24
IBGN = 14

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Limnephilidae* GI=3
robustesse IBGN = 9

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=24
donc **Indice variété : Iv=5,3**

nombre total de taxons indicateurs : n=11
nombre de taxons indicateurs retenus : k=3
Odontoceridae: i=7
Haliplidae : i=6
Elmidae : i=5
donc **Indice nature : In=7,3**

Cb2 = Iv + In = 12,6

LE DRUGEON
Station 3 - L'Isle Pernet
24/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1 9 5	2 8 5	3 7 1	4 6 5	5 5 5	6 4 1	7 3 1	8 2 1	TOTAL genres	TOTAL familles
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra					1				1	1
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	19	19		32	8				78	78
	CAENIDAE	Caenis	2				2				4	4
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	214	184	2	13	29	4			446	446
	EPHEMERIDAE	Ephemera			2		1	2		6	11	11
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	1								1	1
TRICHOPTERES	**GOERIDAE**	**Silo**				1	2				3	3
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche		2		1					3	3
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		2	1	1				1	5	263
		Anabolia						2			2	
		Chaetopteryx			8						8	
		Halesus	1	1	6		2	7	5		22	
		Melampophylax	9	104	33	1	68	3	1	1	220	
		Potamophylax	1	1			3		1		6	
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila				8					8	8
	SERICOSTOMATIDAI	Sericostoma			1						1	1
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Copelatus						1			1	1
	ELMIDAE	Elmis	228	38	1	19	4	1			291	291
	HYDRAENIDAE	Hydraena			1		2				3	3
DIPTERES	ATHERICIDAE						3				3	3
	CHIRONOMIDAE		240	87	24	17	3	7	266	6	650	650
	DOLICHOPODIDAE						1				1	1
	LIMONIIDAE							1			1	1
	SIMULIDAE		116	6		392	1				515	515
	TABANIDAE									3	3	3
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis			1				3		4	4
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		19				1				20	20
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea	10	1	20			22	7	6	66	66
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium			16		2	12			30	30
OLIGOCHETES					20		21	2	9	52	104	104
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	4		2		5	6	2	2	21	21
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia			6		1	3	1	1	12	12
HYDRACARIENS			300	46	3	2	9	11	4		375	375

Abondance	1164	491	147	487	169	84	299	78	2919	2919
Abondance relativ	39,9%	16,8%	5,0%	16,7%	5,8%	2,9%	10,2%	2,7%		100%
Variété	12	9	14	10	19	13	8	8	33	28
Variété relative	42,9%	32,1%	50,0%	35,7%	67,9%	46,4%	28,6%	28,6%		100%

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Goeridae* GI=7
variété taxonomique : 28
IBGN = 14

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Ephemeridae* GI=4
robustesse IBGN = 12

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=28
donc **Indice variété : Iv=6,2**

nombre total de taxons indicateurs : n=21
nombre de taxons indicateurs retenus : k=6
Goeridae : i=8
Ephemeridae : i=7
Athericidae : i=6
Rhyacophilidae : i=6
Hydraenidae : i=5
Elmidae : i=5
donc **Indice nature : In=7,5**

Cb2 = Iv + In = 13,7

LE DRUGEON
Station 4 - Pont SNCF
24/06/99

ORDRE	FAMILLE	GENRE	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL genres	TOTAL familles
			8	7	6	5	4	3	2	1		
			1	1	1	1	1	1	1	1		
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	1								1	1
	CAENIDAE	Caenis			1	2					3	3
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	47	13	6	2	7	1			76	76
	EPHEMERIDAE	Ephemera		8	1	3			5		17	17
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia		1		1					2	2
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo		1		1					2	2
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	1								1	114
		Chaetopteryx		1							1	
		Halesus		12	1				1		14	
		Limnephilus		8					1		9	
		Melampophylax	6	45	8	21			5		85	
		Potamophylax		1		1	2				4	
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes			3						3	3
COLEOPTERES	ELMIDAE	Elmis		4	1		1			1	7	7
	HALIPLIDAE	Brychius						2			2	4
		Haliplus	2								2	
DIPTERES	CERATOPOGONIDAE					1					1	1
DIPTERES	CHIRONOMIDAE		44	57	59	100	55	408	19		742	742
	LIMONIIDAE								1		1	1
	SIMULIDAE		1								1	1
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis		2	1	1		1			5	5
AMPHIPODES	GAMMARIDAE								1		1	1
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium						12			12	12
OLIGOCHETES				22	65	176	2	17	84		366	366
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella		13	9	11	20	2	2		57	57
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia		2	2	10		2			16	21
		Helobdella							1	4	5	
HYDRACARIENS			97	2			2	4			105	105

Abondance	199	192	157	330	89	449	120	5	1541	1541
Abondance relati	12,9%	12,5%	10,2%	21,4%	5,8%	29,1%	7,8%	0,3%		100%
Variété	7	12	11	12	7	9	8	2	28	21
Variété relative	33,3%	57,1%	52,4%	57,1%	33,3%	42,9%	38,1%	9,5%		100%

Calcul IBGN :
taxon indicateur: *Ephemeridae* GI=6
variété taxonomique : 21
IBGN = 12

Calcul de robustesse :
taxon indicateur : *Psychomyidae* GI=4
robustesse IBGN = 10

Calcul Cb2 :

variété taxonomique : N=21
donc **Indice variété : Iv=4,7**

nombre total de taxons indicateurs : n=13
nombre de taxons indicateurs retenus : k=4
Ephemeridae : i=7
Psychomyidae : i=6
Haliplidae : i=6
Elmidae : i=5
donc **Indice nature : In=7,3**

Cb2 = Iv + In = 12,0

Verneaux
1973

Données antérieures 1973

ORDRE	FAMILLE	GENRE	ESPECE	S36 Source	36 Vaux & Chant.	37 Jointes Noires
PLECOPTERES	NEMOURIDAE	Amphinemura	sulcicollis	3	2	1
			triangularis			1
		Nemoura	avicularis	2	1	
			cinerea	5	2	
			marginata		2	3
			mortoni		2	1
		Nemurella	picteti	4	2	
		Protonemura	nitida		1	2
			praecox		4	2
	LEUCTRIDAE	Leuctra	albida		3	2
			meridionalis		1	
	CAPNIIDAE	Capnia	nigra	2		
	PERLODIDAE	Perlodes	jurassica		2	2
		Isoperla	rivulorum	1	3	2
			oxylepis			1
	PERLIDAE	Perla	bipunctata		1	1
	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla	torrentium		5	3
EPHEMEROPTERES	EPHEMERIDAE	Ephemera	danica		1	1
	SIPHLONURIDAE	Siphlonurus	aestivalis	2	1	3
	BAETIDAE	Baetis	alpinus		1	3
			niger	1	1	2
			muticus		1	1
			rhodani		1	2
		Centroptilum	luteolum	1		
	HEPTAGENEIDAE	Epeorus	assimilis		1	1
		Ecdyonurus	venosus		2	2
			ferruginea	1	2	2
			picteti		3	2
	LEPTOPHLEBIIDAE	Paraleptophlebia	submarginata		2	1
		Habroleptoïdes	modesta	3	2	
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	ignita		1	1
TRICHOPTERES	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	pubescens		2	1
			tristis	1	4	2
			vulgaris	1	2	3
	HYDROPTILIDAE	Hydroptila	vectis		2	
	PHILOPOTAMIDAE	Wormaldia	occipitalis		2	1
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	pellucidula		1	1
	POLYCENTROPODIDAE	Neureclipsis	bimaculata		2	
		Plectrocnemia	geniculata	2		
	BRACHYCENTRIDAE	Brachycentrus	montanus			1
	LIMNEPHILIDAE	Drusus	annulatus		3	2
			mixtus		2	
		Limnephilus	centralis	2		
			lumatus	2		
		Anabolia	nervosa	1	1	1
		Rhadicoleptus	spinifer	5	2	
		Potamophylax	cingulatus		2	2
		Melampophylax	mucoreus	1	5	2
		Halesus	radiatus		1	1
		Allogamus	auricollis		3	2
		Chaetopterygopsis	maclachlani		2	1
	GOERIDAE	Silo	nigricornis		1	
	LEPIDOSTOMATIDAE	Crunoecia	irrorata	2		
	LEPTOCERIDAE	Adicila	filicornis			1
	SERICOSTOMATIDAE	Notidobia	ciliaris	2		
		Sericostoma	personatum		2	1
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum	albicorne			1

Données antérieures 1993

26/07/93 — **8 prélèvements par station**

Bouchard Dumontier Vigile

ORDRE	FAMILLE	GENRE	DGO Le Martinet
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra	38
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	500
	CAENIDAE	Caenis	47
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	1423
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus	52
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	3
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	8
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	42
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	2
		Chaetopteryx	1
		Melampophylax	127
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	7
COLEOPTERES	ELMIDAE	Elmis	213
DIPTERES	CERATOPOGONIDAE		1
	CHIRONOMIDAE		885
	PSYCHODIDAE		1
	SIMULIDAE		638
AMPHIPODES	GAMMARIDAE	Gammarus	928
ISOPODES	ASELLIDAE	Asellus	2
OLIGOCHETES			73
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	21
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia	2
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	1
	DENDROCOELIDAE	Dendrocoelum	1
NEMATHELMINTHES	NEMATODES		2
HYDRACARIENS			2

Abondance	5020
Variété	26

Varité taxo	24
Taxon indic	Leuctridae (7)
IBGN	13

Iv	5,3
In	8,2
Cb2	13,5

Parmentier
10-11-15 / 05 /94

20 prélèvements par station

Données antérieures 1994

ORDRE	FAMILLE	GENRE	Affl Rive Droite Grdes Rayes	Bief Belin Gouttes d'Or	Bief Belin Les Arbey	Drugeon Saint Cyr
PLECOPTERES	CAPNIIDAE	Capnia	1	8	15	2
	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla		220	275	8
	LEUCTRIDAE	Leuctra	1	1443	777	839
	NEMOURIDAE	Amphinemura	660	14	1015	
		Nemoura	706	285	320	1
		Nemurella	128	98	23	1
		Protonemura	204	7	108	
	PERLODIDAE	Isoperla		16	30	7
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	1426	1494	1067	285
		Centroptilum	32	54	49	1
	CAENIDAE	Caenis				23
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella		1	4	5155
	EPHEMERIDAE	Ephemera				14
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus				45
		Rhithrogena	120	55	44	9
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	4	81	18	39
		Leptophlebia			1	
		Paraleptophlebia		11	129	1
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	128	2		177
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche				1
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		2	8	2
		Anabolia				52
		Chaetopteryx	35	49	76	15
		Drusus	68	38	10	
		Halesus	2		15	25
		Limnephilus	4	2	9	12
		Melampophylax	9	32	13	162
		Potamophylax	1	4	6	2
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	15	56	26	20
	POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia	93	28	9	
		Polycentropus		1		
	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	1			1
HETEROPTERES	VELIIDAE	Velia			2	
COLEOPTERES	DRYOPIDAE	Dryops		1		1
	DYTISCIDAE	Agabus	3	7	1	
		Potamonectes				4
	ELMIDAE	Elmis	37	31	855	249
		Esolus	1	3	3	10
		Limnius				5
		Oulimnius			6	6
	HALIPLIDAE	Brychius			1	5
		Haliplus				8
	HELODIDAE	Helodes	4	18		
	HELOPHORIDAE	Helophorus	1			
	HYDRAENIDAE	Hydraena		7	14	4
		Ochtebius		1		
	SPHAERIDIDAE	Coelostoma	1			
DIPTERES	ANTHOMYIDAE				5	
	CERATOPOGONIDAE		5	7	2	5
	CHIRONOMIDAE		6696	1976	2434	1417
	DIXIDAE		1			
	EMPIDIDAE					7
	LIMONIIDAE		16	65	51	9
	PSYCHODIDAE		6			1
	SIMULIDAE		388	4	24	
	STRATIOMYIDAE		4	8	1	
	TABANIDAE				1	
	TIPULIDAE				5	1
AMPHIPODES	GAMMARIDAE	Gammarus	4676	623	673	152
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea	3		2	20
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	7			1
OLIGOCHETES			488	585	529	1416
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella				267
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia				12
TRICLADES	DUGESIIDAE	Dugesia			1	1
NEMATHELMINTHES	NEMATODES					4
HYDRACARIENS			4			19

Abondance	15979	7335	8657	10523
Diversité familiale	28	25	29	36
Diversité generique	38	39	44	51

Variété taxo.	21	21	25	28
Taxon indiv	Goeridae (7)	Chloroper (9)	Chloroper (9)	Chloroper (9)
IBGN	13/20	15/20	16/20	16/20

Iv	4,62	4,62	5,5	6,2
In	7	8,95	9,43	9,5
Cb_	11,62	13,57	14,93	15,7

Station : L'Isle Pernet 1995
Glaizal-Saget-Bouisset
20 prélèvements par station

Données antérieures 1995

ORDRE	FAMILLE	GENRE	27/06/95	31/07/95
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra	111	189
	NEMOURIDAE	Amphinemura	1	
	PERLODIDAE	Isoperla	1	
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	227	922
		Centroptilum		17
	CAENIDAE	Caenis	7	102
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	6016	2909
	EPHEMERIDAE	Ephemera	2	1266
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus	26	71
		Rhithrogena	1	
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	14	6
	SIPHLONURIDAE	Siphlonurus		18
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	6	13
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	2	
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	10	1
		Anabolia	1	
		Chaetopteryx	17	7
		Halesus	13	3
		Limnephilus	5	
		Melampophylax	34	23
		Potamophylax	12	1
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	28	364
HETEROPTERES	GERRIDAE	Gerris		9
	MESOVELLIDAE	Mesovelia		2
	VELIIDAE	Microvelia		1
		Velia		1
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Ilybius		80
		Potamonectes		1
	ELMIDAE	Elmis	1440	1280
		Esolus	4	24
		Oulimnius	8	15
		Riolus		1
	HALIPLIDAE	Haliplus		17
	HYDRAENIDAE	Hydraena	8	24
	HYDROPHYLIDAE	Helocares		2
		Laccobius		5
DIPTERES	ANTHOMYIDAE			4
	ATHERICIDAE			1
	CERATOPOGONIDAE		2	11
	CHIRONOMIDAE		30822	84268
	DOLICOPODIDAE			25
	EMPIDIDAE		10	54
	LIMONIIDAE		28	38
	PSYCHODIDAE		4	1
	SIMULIDAE		7618	17928
	TIPULIDAE		1	35
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis		6
AMPHIPODES	GAMMARIDAE	Gammarus	317	269
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea	1	3
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	1	5
OLIGOCHETES			1091	480
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	84	89
	GLOSSIPHONIDAE	Hellobdella	1	1
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	6	9
NEMATHELMINTHES	NEMATODES		1	34
HYDRACARIENS			137	159
HYDROZOAIRES	HYDRIDAE	Hydra		35

Abondance	48118	110838
Variété	40	53
Varité taxo	25	37
Taxon indic	Leuctridae (7)	Leuctridae (7)
IBGN	14	17
Iv	5,5	8,2
In	8,3	8,5
Cb2	13,8	16,7

Richard
27/08/97

Données antérieures 1997

ORDRE	FAMILLE	GENRE	D1 Gué SNCF	D2 Pré Vaillon	D3 l'Isle pernet	D4 Pont SNCF	TOTAL
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra	3	44	70	16	133
	NEMOURIDAE	Nemoura		1		10	11
	PERLIDAE	Perla		1			1
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	178	705	218	9	1110
		Centroptilum		1		9	10
	CAENIDAE	Caenis	1	7	18	14	40
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	14	436		83	533
	EPHEMERIDAE	Ephemera				4	4
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus			7	1	8
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	1	4	2	1	8
TRICHOPTERES	BERAEIDAE	Beraeodes			6		6
		Beraeodina			1		1
	GLOSSOSOMATIDAE	Glossosoma		1			1
	GOERIDAE	Silo			7	10	17
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche		1			1
	HYDROPTILIDAE	ni	1				1
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		1		2	3
		Anabolia					
		Chaetopteryx		4		5	9
		Drusus		1			1
		Melampophylax	1			37	38
		Potamophylax					
		Tr. Stenophylacini			29		29
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum				1	1
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	3	4	1		8
		Hyporhyacophyla	1	3			4
HETEROPTERES	MESOVELIIDAE	Mesovelia		1			1
	SALDIDAE					2	2
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Ilybius	1	2		1	4
		Laccophilus		1			1
		Platambus			1		1
	ELMIDAE	Elmis	21	362	288	1293	1964
		Esolus	1	2	3	34	40
		Limnius				4	4
		Oulimnius			4		4
	HALIPLIDAE	Brychius				10	10
		Haliplus			3	100	103
	HYDRAENIDAE	Hydraena		7	24	3	34
DIPTERES	ANTHOMYIDAE			6			6
	ATHERICIDAE					1	1
	CERATOPOGONIDAE		1	2	5	8	16
	CHIRONOMIDAE		15013	24894	2978	26374	69259
	DIXIDAE				1	2	3
	DOLICHOPODIDAE				2		2
	EMPIDIDAE		6	22	13	43	84
	LIMONIIDAE			5	2		7
	PSYCHODIDAE		5	1			6
	SIMULIDAE		143	477	56	2	678
	SYRPHIDAE		2				2
	TABANIDAE			1		1	2
	TIPULIDAE		1	6	1	17	25
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis			16	19	35
AMPHIPODES	GAMMARIDAE	Gammarus	28	366	234	171	799
ISOPODES	ASELLIDAE	Asellus				1	1
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea			9	23	32
	PLANORBIDAE	Bathyomphius			1		1
		Gyraulus			3		3
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium		14	39	1	54
OLIGOCHETES			5145	1185	569	1225	8124
ACHETES	ERPOBDELLIDAE			3		76	79
	GLOSSIPHONIDAE	Helobdella			3	4	7
		Glossiphonia	1		1	16	18
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis		3	7	6	16
NEMATHELMINTHES	NEMATODES		6				6
HYDRACARIENS			6	78	184	438	706
HYDROZOAIRES	HYDRIDAE	Hydra			2		2

Abondance	20594	28672	5023	30091	84380
Abond. Relative	24,41%	33,98%	5,95%	35,66%	100%
Diversité familiale	22	30	32	35	49
Div. Fam. relative	44,90%	61,22%	65,31%	71,43%	
Diversité generique	24	36	37	41	64
Div. gen. relative	37,50%	56,25%	57,81%	64,06%	

Varité taxo	15	23	24	28
Taxon indic	Baetidae (2)	Leuctridae (7)	Leuctridae (7)	Leuctridae (7)
IBGN	6	13	13	14

Iv	3,3	5,06	5,28	6,16
In	4,84	6,96	6,96	8
Cb	8,14	12,02	12,24	14,16

13/10/98
Stagiaires CSP 8 prélèvements par station

Données antérieures 1998

ORDRE	FAMILLE	Grdes Rayes	Pré Vaillon	l'Isle Pernet	Jointes Noires
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE		33	2	3
	NEMOURIDAE	491			2
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE		28	7	8
	EPHEMERELLIDAE		3	1	4
	EPHEMERIDAE				3
	HEPTAGENIIDAE				4
	LEPTOPHLEBIIDAE				3
TRICHOPTERES	BERAEIDAE	2			
	GOERIDAE	3	2	2	2
	HYDROPSYCHIDAE				1
	LIMNEPHILIDAE	4	26	78	5
	POLYCENTROPODIDAE	8			16
	ODONTOCERIDAE		1	1	23
	RHYACOPHILIDAE	6	2	6	5
	SERICOSTOMATIDAE			3	
COLEOPTERES	DYTISCIDAE		1	3	
	ELMIDAE	13	25	177	167
	HALIPLIDAE		1	2	3
	HELODIDAE	18			
	HYDRAENIDAE	14		1	
	HYDROPHILIDAE			1	1
DIPTERES	ANTHOMYIDAE		8		
	ATHERICIDAE				3
	CERATOPOGONIDAE	1	1		
	CHIRONOMIDAE	57	636	721	164
	LIMONIIDAE	11		4	1
	MUSCIDAE				3
	PSYCHODIDAE		4	6	11
	SIMULIDAE	39	20	7	
	TABANIDAE				1
	TIPULIDAE	1	50	23	13
MEGALOPTERES	SIALIDAE		2	5	2
AMPHIPODES	GAMMARIDAE	527	5	21	502
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE		11	149	16
	PHYSIDAE		1		
	PLANORBIDAE		1		
	BITHYMIIDAE			2	
BIVALVES	SPHAERIIDAE		4	3	
OLIGOCHETES		120	25	28	41
ACHETES	ERPOBDELLIDAE		25	29	17
	GLOSSIPHONIDAE		1	5	3
NEMATHELMINTHES	NEMATODES		2		
HYDRACARIENS			45	5	5

Abondance	1315	963	1292	1032
Varité taxo	16	27	27	30
Taxon indic	Goeridae (7)	Leuctidae (7)	Sericostomatidae (6)	Odontoceridae (8)
IBGN	11	14	13	16

Iv	3,52	6	5,94	6,6
In	7,86	7,7	7	7,9
Cb_	11,38	13,7	12,94	14,5

LIMITES DES CLASSES D'ABONDANCE
D'APRES VERNEAUX 1973

ORDRE	FAMILLE	GENRE	Limites entre classes 1/2	2/3	3/4	4/5
PLECOPTERES	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla	5	25	50	100
	LEUCTRIDAE	Leuctra	5	25	100	500
	NEMOURIDAE	Amphinemura	5	25	100	500
		Nemoura	5	25	100	500
		Protonemura	5	25	100	500
	PERLODIDAE	Isoperla	5	25	50	100
		Perlodes	5	25	50	100
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	50	100	500	1000
		Centroptilum	50	100	500	1000
	CAENIDAE	Caenis	50	100	500	1000
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	50	100	500	1000
	EPHEMERIDAE	Ephemera	5	10	50	100
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus	10	50	100	250
		Rhithrogena	10	50	100	250
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	5	25	50	100
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	5	10	50	500
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	50	100	500	1000
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	25	50	100	500
		Anabolia	25	50	100	500
		Chaetopteryx	25	50	100	500
		Drusus	25	50	100	500
		Halesus	25	50	100	500
		Limnephilus	25	50	100	500
		Melampophylax	25	50	100	500
		Potamophylax	25	50	100	500
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum	50	100	250	500
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes	5	25	50	100
		Metalype	5	25	50	100
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	5	20	50	100
	POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia	10	50	100	250
	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	5	10	50	100
HETEROPTERES	APHELOCHERIDAE	Aphelocheirus	5	25	100	500
	CORIXIDAE	Corixia	5	20	50	100
COLEOPTERES	DRYOPIDAE	Helichius	5	20	50	100
	DYTISCIDAE	Curculuionidae	5	25	100	500
		Copelatus	5	25	100	500
		Ilybius	5	25	100	500
		Platambus	5	25	100	500
		Potamonectes	5	25	100	500
	ELMIDAE	Elmis	50	100	500	1000
		Esolus	50	100	500	1000
		Limnius	50	100	500	1000
		Normandia	50	100	500	1000
		Oulimnius	50	100	500	1000
		Riolus	50	100	500	1000
	HALIPLIDAE	Brychius	5	20	50	100
		Haliplus	5	20	50	100
	HELODIDAE	Helodes	5	20	50	100
	HELOPHORIDAE	Helophorus	5	20	50	100
	HYDRAENIDAE	Hydraena	5	20	50	100
	HYDROPHILIDAE	Laccobius	5	20	50	100
DIPTERES	ANTHOMYIDAE		5	25	100	500
	ATHERICIDAE		5	25	100	500
	CERATOPOGONIDAE		5	20	50	100
	CHIRONOMIDAE		50	100	500	1000
	DOLICHOPODIDAE		5	25	100	500
	EMPIDIDAE		5	25	100	500
	LIMONIIDAE		5	25	100	500
	PSYCHODIDAE		5	20	50	100
	SIMULIDAE		5	20	50	100
	STRATIOMYIDAE		5	25	100	500
	TABANIDAE		5	25	100	500
	TIPULIDAE		5	20	50	100
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis	5	25	100	500
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		50	100	500	1000
ISOPODES	ASELLIDAE		50	100	500	1000
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba	5	20	50	100
		Lymnaea	5	20	50	100
		Radix	5	20	50	100
	PLANORBIIDAE	Bathyomphalus	5	20	50	100
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	5	20	50	100
OLIGOCHETES			50	100	500	1000
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	5	20	50	100
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia	5	25	100	500
		Helobdella	5	25	100	500
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	5	20	50	100
NEMATHELMINTHES	NEMATODES		5	25	100	500
HYDRACARIENS			5	20	50	100

LISTE FAUNISTIQUE EN CLASSES D'ABONDANCE DES 4 STATIONS DRUGEON EN 97

Richard
27/08/97

ORDRE	FAMILLE	GENRE	D1	D2	D3	D4
PLECOPTERES	LEUCTRIDAE	Leuctra	1	3	3	2
	NEMOURIDAE	Nemoura		1		2
	PERLIDAE	Perla		1		
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	3	4	3	1
		Centroptilum		1		1
	CAENIDAE	Caenis	1	1	1	1
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	1	3		2
	EPHEMERIDAE	Ephemera				1
	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus			1	1
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	1	1	1	1
TRICHOPTERES	BERAEIDAE	Beraeodes			1	
		Beraeodina			1	
	GLOSSOSOMATIDAE	Glossosoma		1		
	GOERIDAE	Silo			2	3
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche		1		
	HYDROPTILIDAE	ni	1			
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus		1		1
		Anabolia				
		Chaetopteryx		1		1
		Drusus		1		
		Melampophylax	1			2
		Potamophylax				
		Tr. Stenophylacini			2	
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum				1
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	1	1	1	
		Hyporhyacophyla	1	1		
HETEROPTERES	MESOVELIIDAE	Mesovelia		1		
	SALDIDAE					1
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Ilybius	1	1		1
		Laccophilus		1		
		Platambus			1	
	ELMIDAE	Elmis	1	3	3	5
		Esolus	1	1	1	1
		Limnius				1
		Oulimnius			1	
	HALIPLIDAE	Brychius				2
		Haliplus			1	5
	HYDRAENIDAE	Hydraena		2	3	1
DIPTERES	ANTHOMYIDAE			2		
	ATHERICIDAE					1
	CERATOPOGONIDAE		1	1	2	2
	CHIRONOMIDAE		5	5	5	5
	DIXIDAE				1	1
	DOLICHOPODIDAE				1	
	EMPIDIDAE		2	2	2	3
	LIMONIIDAE			2	1	
	PSYCHODIDAE		2	1		
	SIMULIDAE		5	5	4	1
	SYRPHIDAE		1			
	TABANIDAE			1		1
	TIPULIDAE		1	2	1	2
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis			2	2
AMPHIPODES	GAMMARIDAE	Gammarus	1	3	3	3
ISOPODES	ASELLIDAE	Asellus				1
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Lymnaea			2	3
	PLANORBIDAE	Bathyomphlus			1	
		Gyraulus			1	
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium		2	3	1
OLIGOCHETES			5	5	4	5
ACHETES	ERPOBDELLIDAE			1		4
	GLOSSIPHONIDAE	Helobdella			1	1
		Glossiphonia	1		1	2
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis		1	2	2
NEMATHELMINTHES	NEMATODES		2			
HYDRACARIENS			2	4	5	5
HYDROZOAIRES	HYDRIDAE	Hydra			1	

LISTE FAUNISTIQUE EN CLASSES D'ABONDANCE DES 7 STATIONS DU BIEF BELIN / DRUGEON

ORDRE	FAMILLE	GENRE	Les Gouttes d'Or BB1	Les Arbey BB2	Scierie BB3	Gué SNC D1	Pré Vell. D2	L'Isle Pet. D3	Pont SNCF D4
PLECOPTERES	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla	1						
	LEUCTRIDAE	Leuctra	4	4	1	1	1	1	
	NEMOURIDAE	Amphinemura	1	2					
		Nemoura	3	2		1			
		Protonemura	2	2					
	PERLODIDAE	Isoperla		1					
		Perlodes		1					
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Baetis	3	4	3	2	1	3	1
		Centroptilum	2	1					
	CAENIDAE	Caenis					1	1	1
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	1	3	3	3	3	4	3
	EPHEMERIDAE	Ephemera						3	3
	HEPTAGENIIDAE	Eodyonurus		1	2			1	
		Rhithrogena	3	2	1				
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	5	3	2	2	2	3	1
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo	1			1	2	3	1
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche						1	
	LIMNEPHILIDAE	Allogamus	1	1	1	3	1	1	1
		Anabolia		1	1	1	1	1	1
		Chaetopteryx	4	4	4	1	2	1	1
		Drusus	2	1	1				
		Halesus	1	1	2	3	4	3	3
		Limnephilus	1	1	1	1	1	1	1
		Melampophyla	1	2	2	5	5	5	4
		Potamophylax			1	4	1	1	1
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum					1		
	PSYCHOMYIDAE	Tinodes				1			1
		Metalype							1
	RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	1	1	1	1	1	3	
	POLYCENTROPOD	Plectrocnemia	2	1					
	SERICOSTOMATID	Sericostoma						1	
HETEROPTERES	APHELOCHERIDAE	Aphelocheirus		1					
	CORIXIDAE	Corixia	1	2					
COLEOPTERES	DRYOPIDAE	Helichlus			1				
	DYTISCIDAE	Curculuionidae	1	1					
		Copelatus	2	1	2			1	
		Ilybius		1					
		Platambus							1
		Potamonectes	1	1			1		
	ELMIDAE	Elmis	4	3	3	1	1	4	1
		Esolus	1	1	1	1			
		Limnius				1			
		Normandia	1						
		Oulimnius	1	1	1			1	
		Riolus	1		1	1		1	
	HALIPLIDAE	Brychius	1	2	1	1			1
		Haliplus	2	1	1	2	1		2
	HELODIDAE	Helodes	1						
	HELOPHORIDAE	Helophorus			1				
	HYDRAENIDAE	Hydraena	1	1	1	1	1	1	
	HYDROPHILIDAE	Laccobius			1				
DIPTERES	ANTHOMYIDAE		1	1				1	
	ATHERICIDAE							2	
	CERATOPOGONIDAE		2	2	3	1			1
	CHIRONOMIDAE		5	5	5	5	5	4	5
	DOLICHOPODIDAE							1	
	EMPIDIDAE		1			2	1	2	
	LIMONIIDAE		4	4	2	1	1	2	1
	PSYCHODIDAE		1			1			
	SIMULIDAE		5	5	5	5	2	5	1
	STRATIOMYIDAE		1						
	TABANIDAE		2	1			1	1	
	TIPULIDAE		1	2	1	2	1	1	
MEGALOPTERES	SIALIDAE	Sialis	1	1				1	2
AMPHIPODES	GAMMARIDAE		5	3	3	1	1	1	1
ISOPODES	ASELLIDAE		1			1			
GASTEROPODES	LYMNAEIDAE	Galba				2	2		
		Lymnaea	1	3	3			4	
		Radix				1			
	PLANORBIIDAE	Bathyomphalu				1			
BIVALVES	SPHAERIIDAE	Pisidium	3	4	1		1	3	2
OLIGOCHETES			3	4	4	3	3	3	4
ACHETES	ERPOBDELLIDAE	Erpobdella	1	1	5	3	5	3	5
	GLOSSIPHONIDAE	Glossiphonia			1		1	2	3
		Helobdella			2				2
TRICLADES	PLANARIIDAE	Polycelis	2	1		1	1		
NEMATHELMINTHE	NEMATODES			1					
HYDRACARIENS			1	1	2	4	5	5	5

Liste des taxons des 3 ordres identifiés à l'espèce
sur les 3 stations du Bief Belin et les 4 du Drugeon en 1999.

				Drugeon	Bief Belin
PLECOPTERES	CHLOROPERLIDAE	Chloroperla torrentium	(PICTET 1842)		X
	PERLODIDAE	Isoperla rivulorum (?)	(PICTET 1841)		X
		Perlodes jurassicus	(AUBERT, 1946)		X
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	Centroptilum luteolum	(MULLER, 1776)		X
	EPHEMERELLIDAE	Ephemerella ignita	(PODA, 1761)	X	X
	EPHEMERIDAE	Ephemera danica	(MULLER, 1764)	X	
	HEPTAGENEIDAE	Ecdyonurus groupe torrentis-macani		X	X
		Rhithrogena iridina	(KOLENATI, 1839)		X
	LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia lauta	(EATON, 1884)	X	X
		Habrophlebia fusca	(CURTIS, 1834)		X
TRICHOPTERES	GOERIDAE	Silo nigricornis	(PICTET, 1834)	X	X
	HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche siltalai	(DOHLER, 1963)	X	
	LIMNEPHILIDAE	Anabolia nervosa	(CURTIS, 1834)	X	X
		Melampophylax mucoreus	(HAGEN, 1861)	X	X
		Allogamus auricollis	(PICTET, 1834)	X	X
		Limnephilus flavicornis	(FABRICIUS, 1798)	X	X
		Chaetopteryx villosa	(FABRICIUS, 1798)	X	X
	ODONTOCERIDAE	Odontocerum albicorne	(SCOPOLI, 1763)	X	
	PSYCHOMYIDAE	Metalype fragilis	(PICTET, 1834)	X	
	SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma personatum	(KIRBY &SPENCE, 1862)	X	

Données antérieures
1998

Millet
Source Drugeon Bief Belin
1997-1998

Baetis alpinus	2
Centoptilum luteolum	1
Ecdyonurus venosus	1
Rhithrogena iridina	3
Leptophlebia marginata	1
Habrophlebia fusca	1
Habroleptoides confusa	1
Nemura cinerea	4
Nemura marginata	3
Leuctra albida	2
Capnia nigra	1
Perlodes jurassicus	1
Isoperla rivulorum	1
Rhyacophila septentrionis	2
Agapetus fuscipes	1
Plectrocnemia geniculata	2
Drusus annulatus	1
Limnephilus ignavus	1
Limnephilus nigricseps	1
Potamophylax cingulatus	1
Chaetopteryx villosa	2
Notidobia ciliaris	1
Odontocerum albicorne	1
Beraeodes minutus	1

ANNEXE 2 : analyse standard des mosaïques d'habitat

Cartes des substrats/supports des hauteurs d'eau 10 stations :

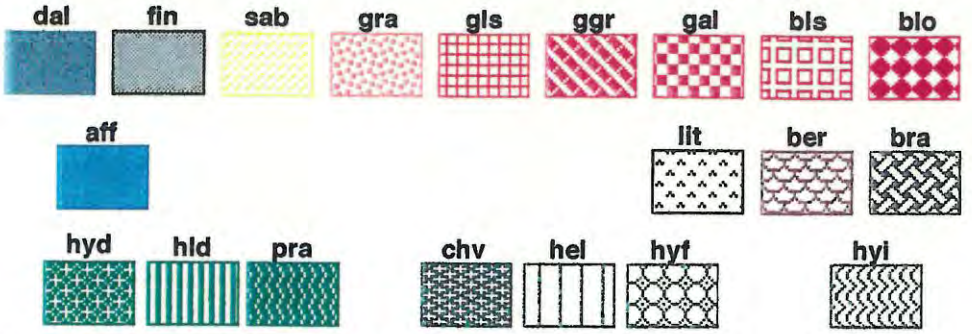
Pour le Bief Belin :
- des Gouttes d'Or
- des Arbey
- de la Scierie

Pour le Bief Belin :
- du Gué SNCF
- du Pré Vaillon
- de l'Isle Pernet
- du Pont SNCF
- des Jointes Noires (amont et aval) 1999
- des Elayes 1999
- des Chasaux 1999

Tableau des mesures stationnelles de 1994

Codes cartographiques

Légende des substrats-supports



En cas de substrat/support composite, le figuré désigne l'élément dominant, tandis que la couleur indique l'élément secondaire. Par exemple, des blocs couverts de bryophytes sont représentés de la façon suivante : blo (chv)



Classes de hauteurs d'eau en cm



Classes de vitesses de courant en cm/s

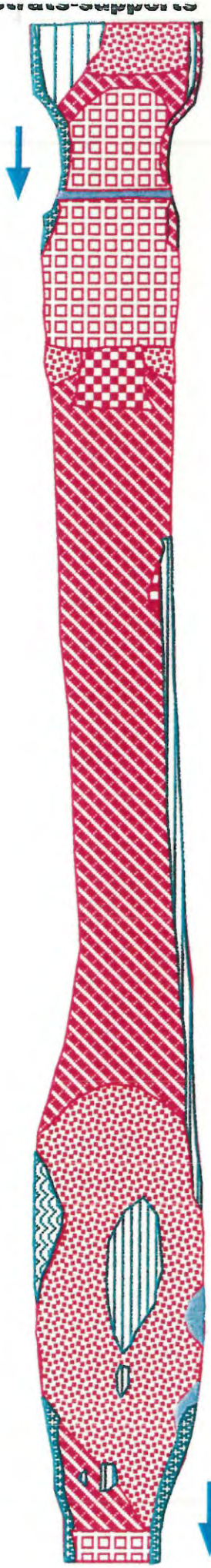


Liste des substrats-supports

- **dal :** dalles ou surfaces planes indurées
- **fin :** limons (éléments trés fins Ø < 0,2 mm)
- **sab :** sables (0,2 mm < Ø < 2 mm)
- **gra :** graviers (2 mm < Ø < 20 mm)
- **gal :** galets (2 cm < Ø < 2 0 cm)
- **gls :** galets pavés, sans interstices
- **ggr :** galets et graviers
- **blo :** blocs (20 cm < Ø < 2 m)
- **bls :** blocs ne ménageant pas d'anfractuosités
- **lit :** litière (éléménts organiques grossiers)
- **chv :** chevelu (bryophytes, petites racines ...)
- **pra :** végétation herbacées drue inondée
- **hld :** hélophytes très denses ou colmatés
- **hyd :** hydrophytes proliférants ou colmatés
- **hel :** hélophytes
- **hyi :** hydrophytes immergés
- **ber :** sousberges, caches ...
- **bra :** branchages et grosses racines
- **aff :** affluents, sources ...

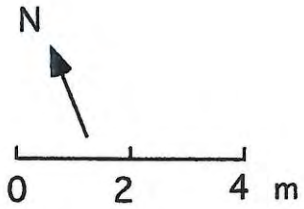
Teleos

LE BIEF BELIN : LES GOUTTES D'OR le 07/10/99



Hauteurs d'eau





- GGR 51,72%
- GRA 15,41%
- BLS 13,3%
- HEL 10,44%
- CHV 4,55%
- GAL 1,85%
- HYI 1,57%
- DAL 0,68%
- FIN 0,48%

< 5 cm	15,43 %
6 à 20 cm	58,01 %
21 à 70 cm	26,57 %
71 à 150 cm	0 %
> 151 cm	0 %

LE BIEF BELIN : LES GOUTTES D'OR le 07/10/99



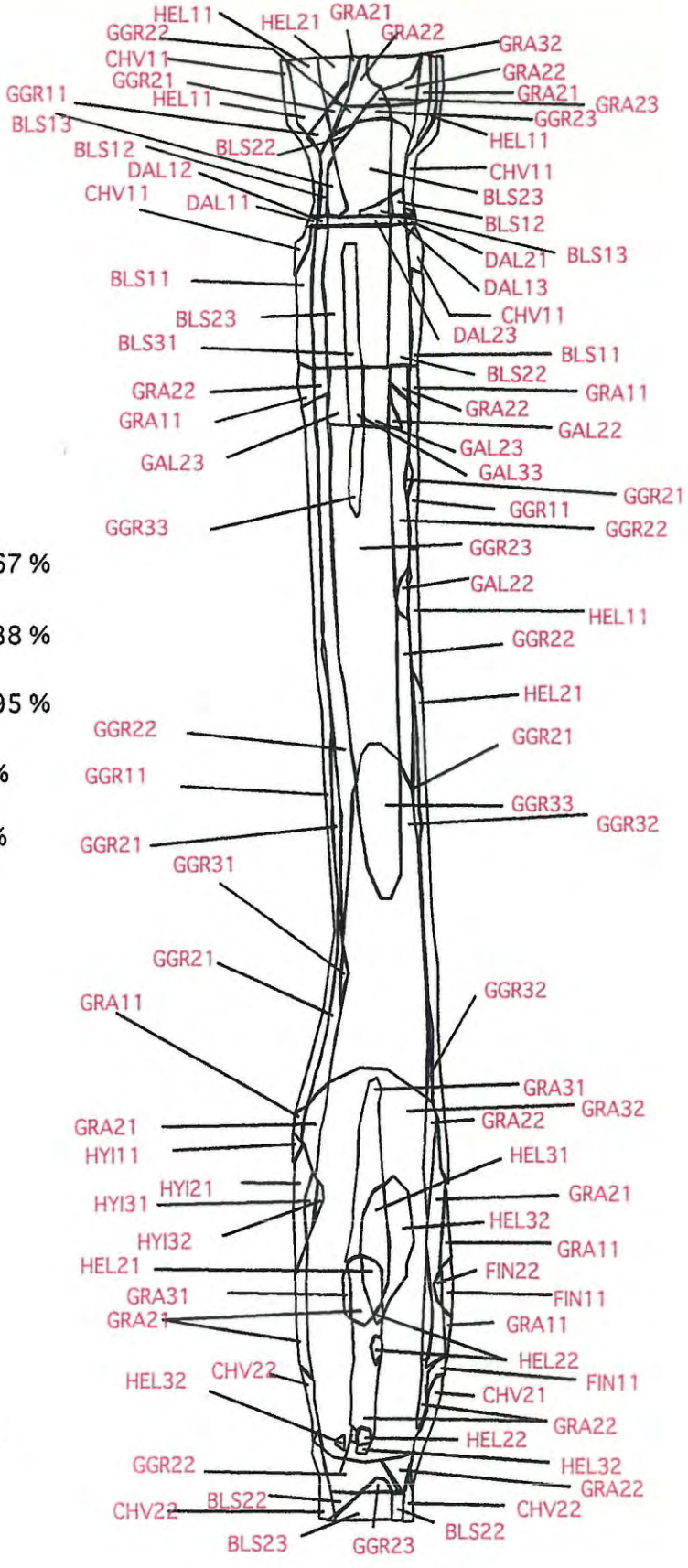
Substrats-supports

	< 10 cm/s	32,67 %
	11 à 40 cm/s	37,38 %
	41 à 80 cm/s	29,95 %
	81 à 150 cm/s	0 %
	> 151 cm/s	0 %

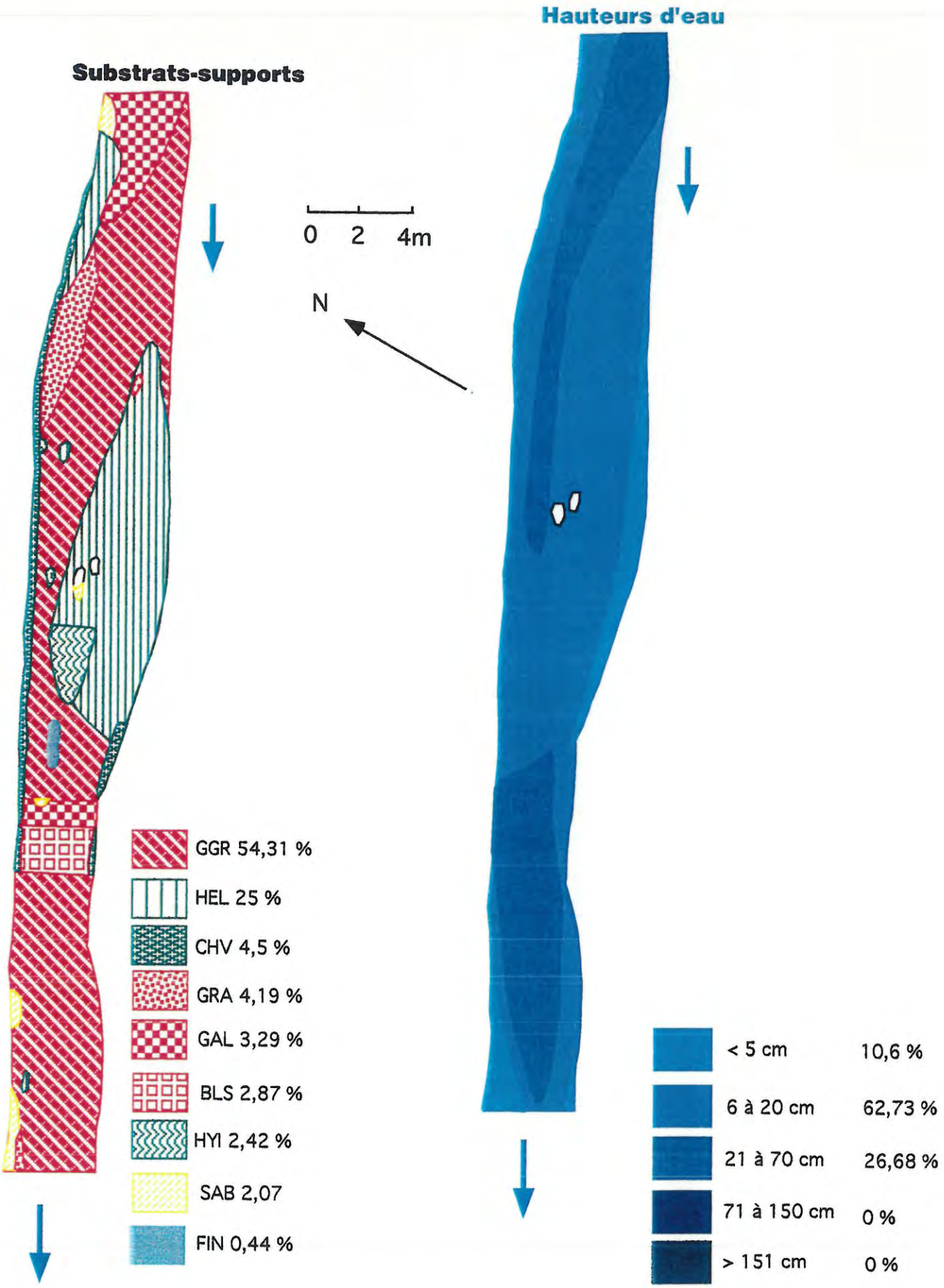
N

0 2 4 m

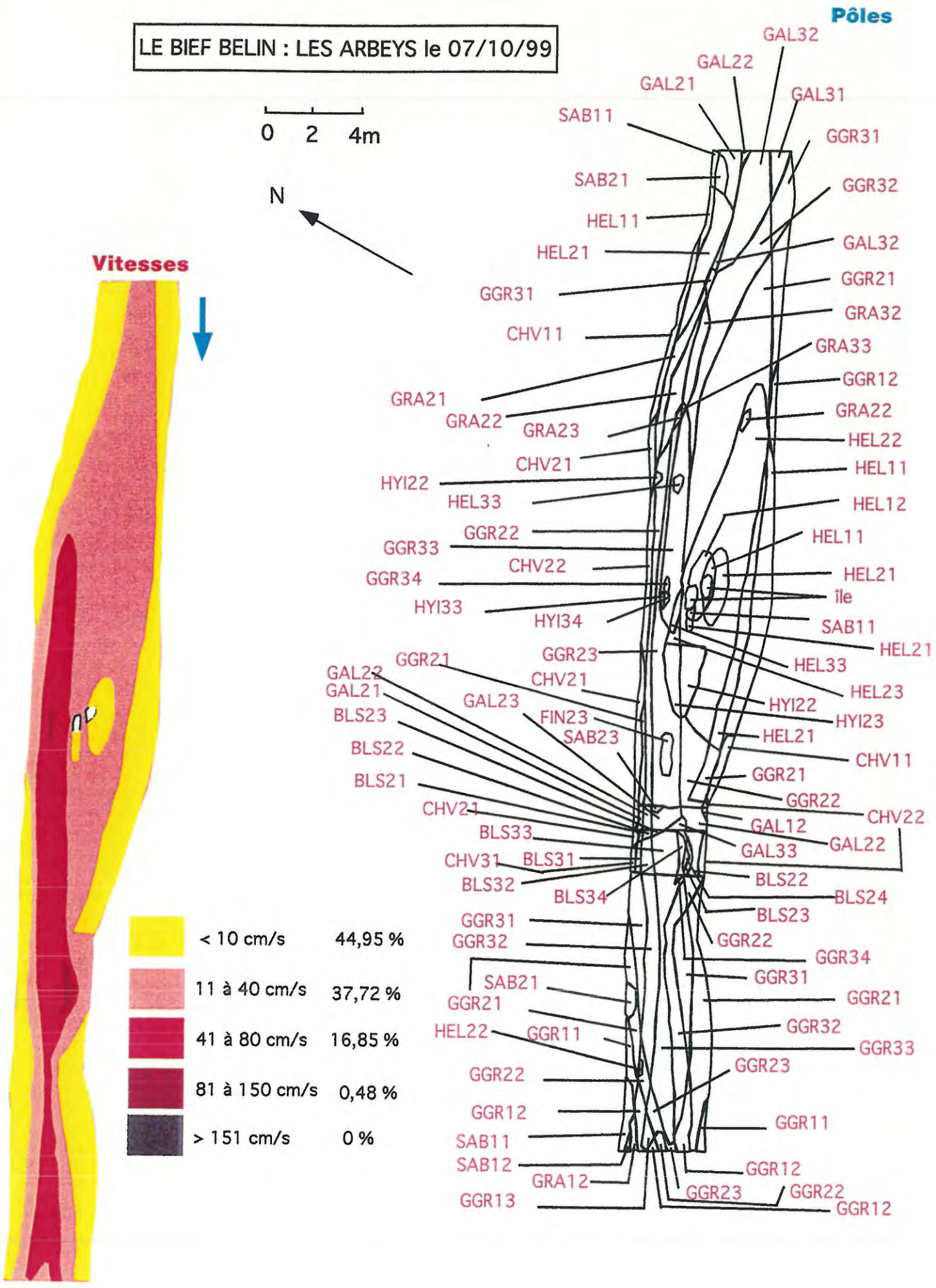
Hauteurs d'eau



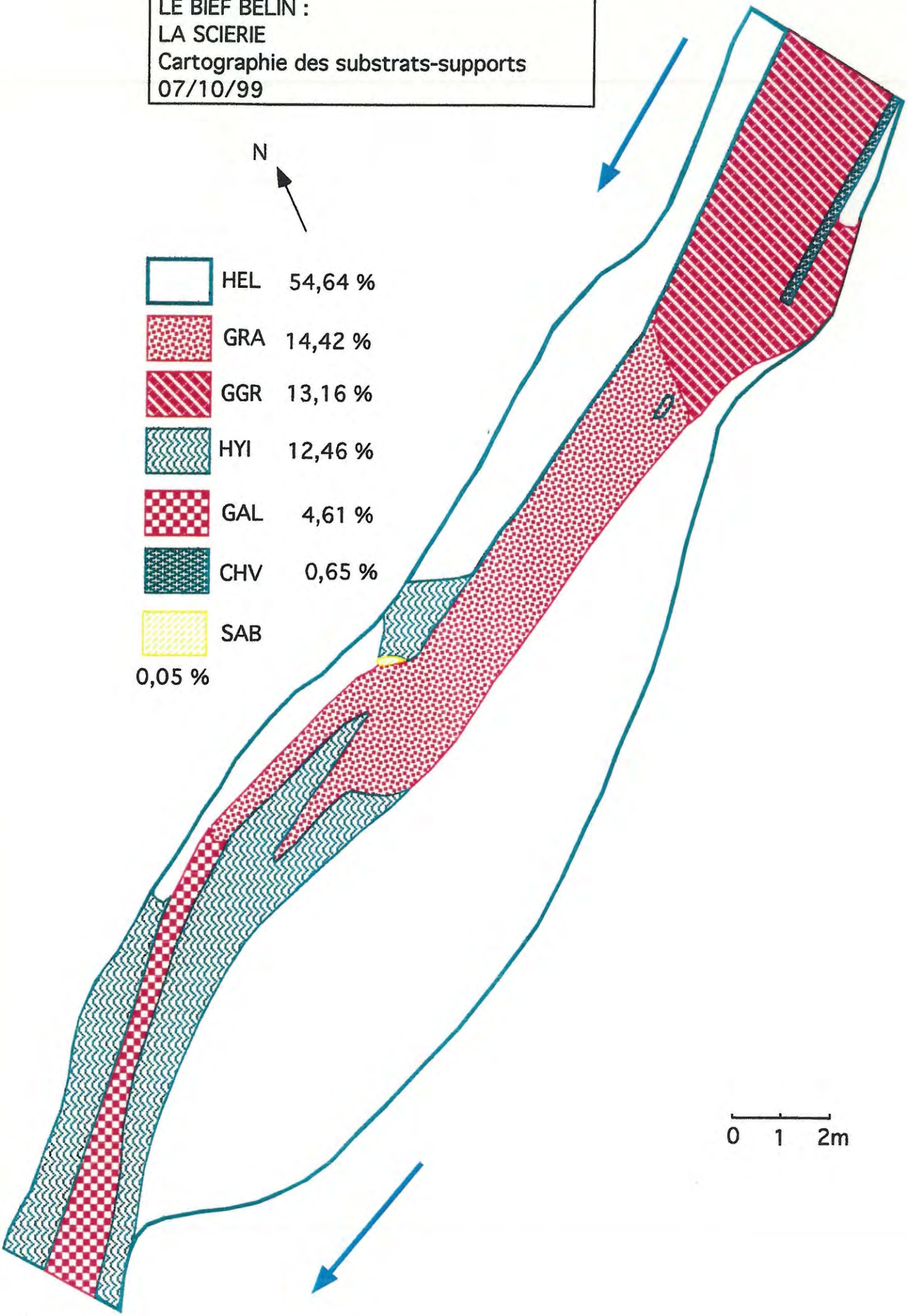
LE BIEF BELIN : LES ARBEYS le 07/10/99



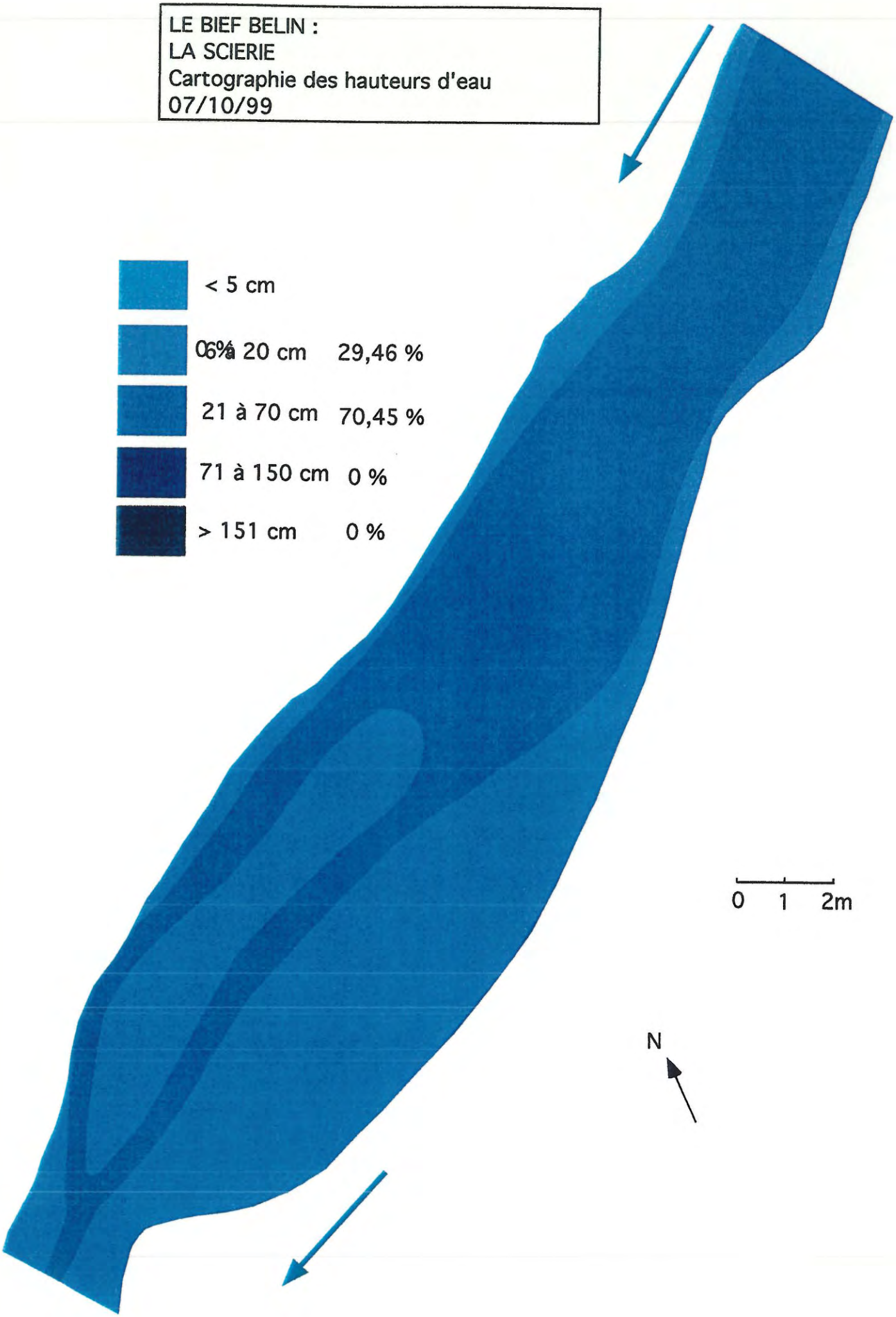
LE BIEF BELIN : LES ARBEYS le 07/10/99



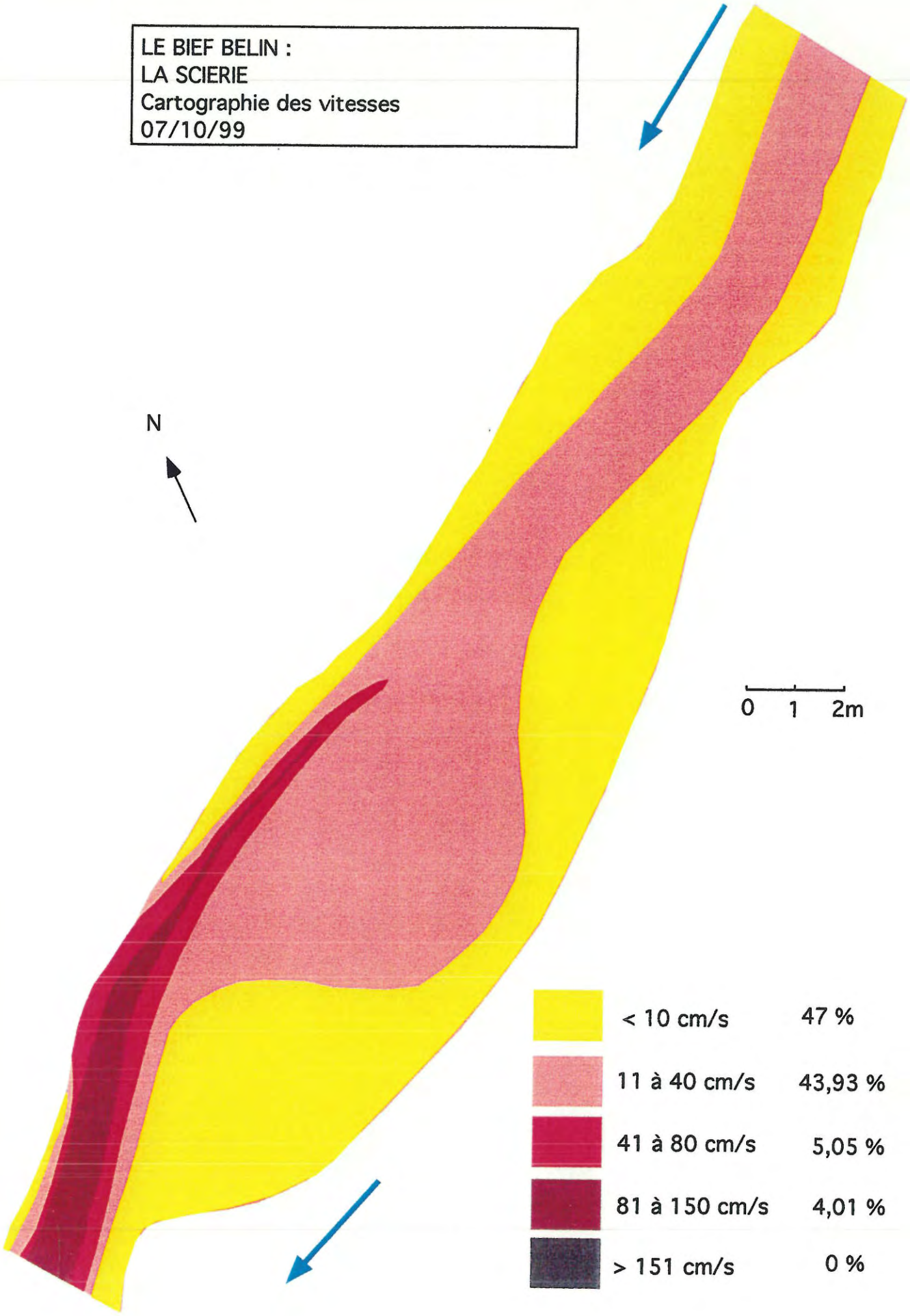
LE BIEF BELIN :
LA SCIERIE
Cartographie des substrats-supports
07/10/99



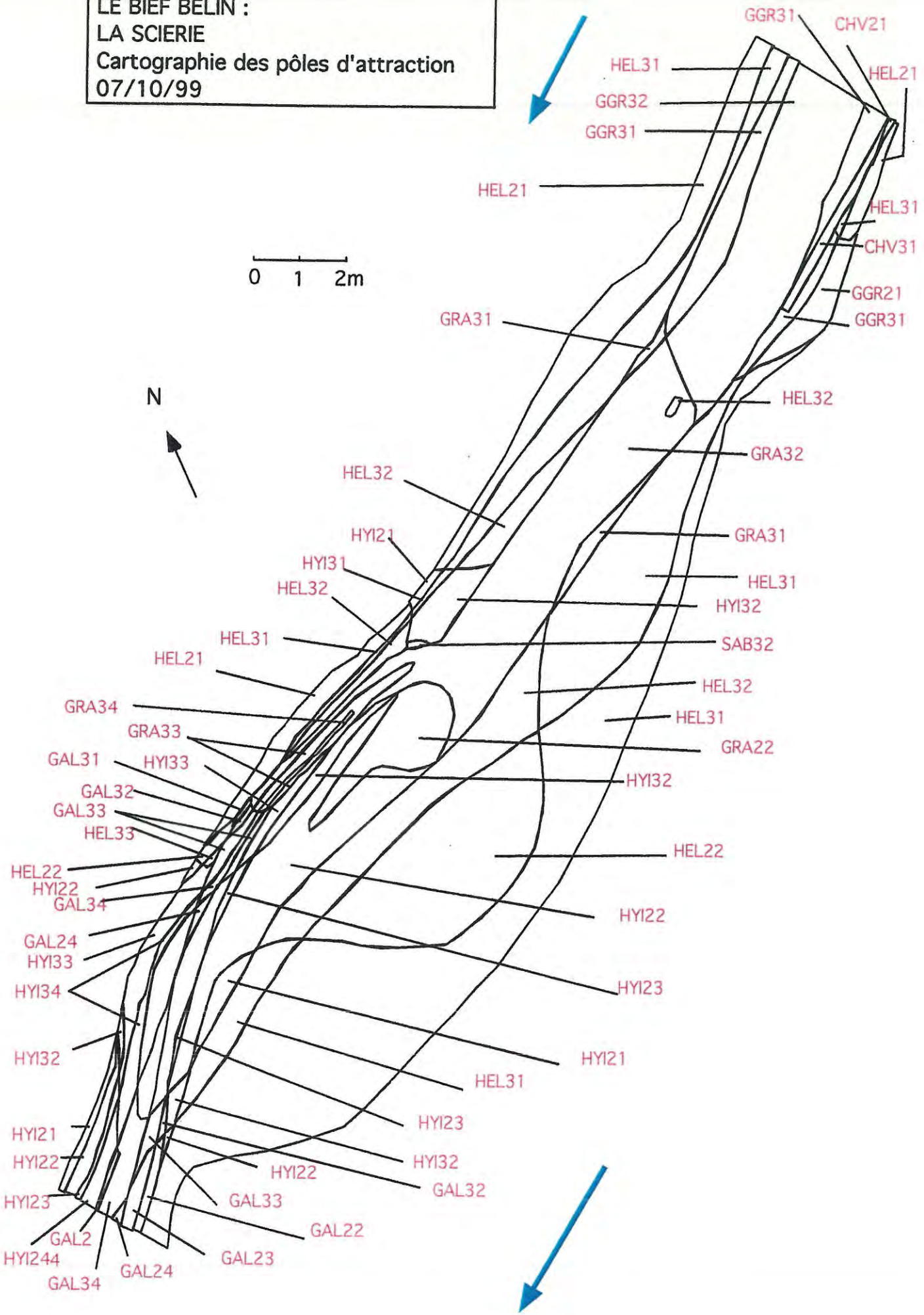
LE BIEF BELIN :
LA SCIERIE
Cartographie des hauteurs d'eau
07/10/99



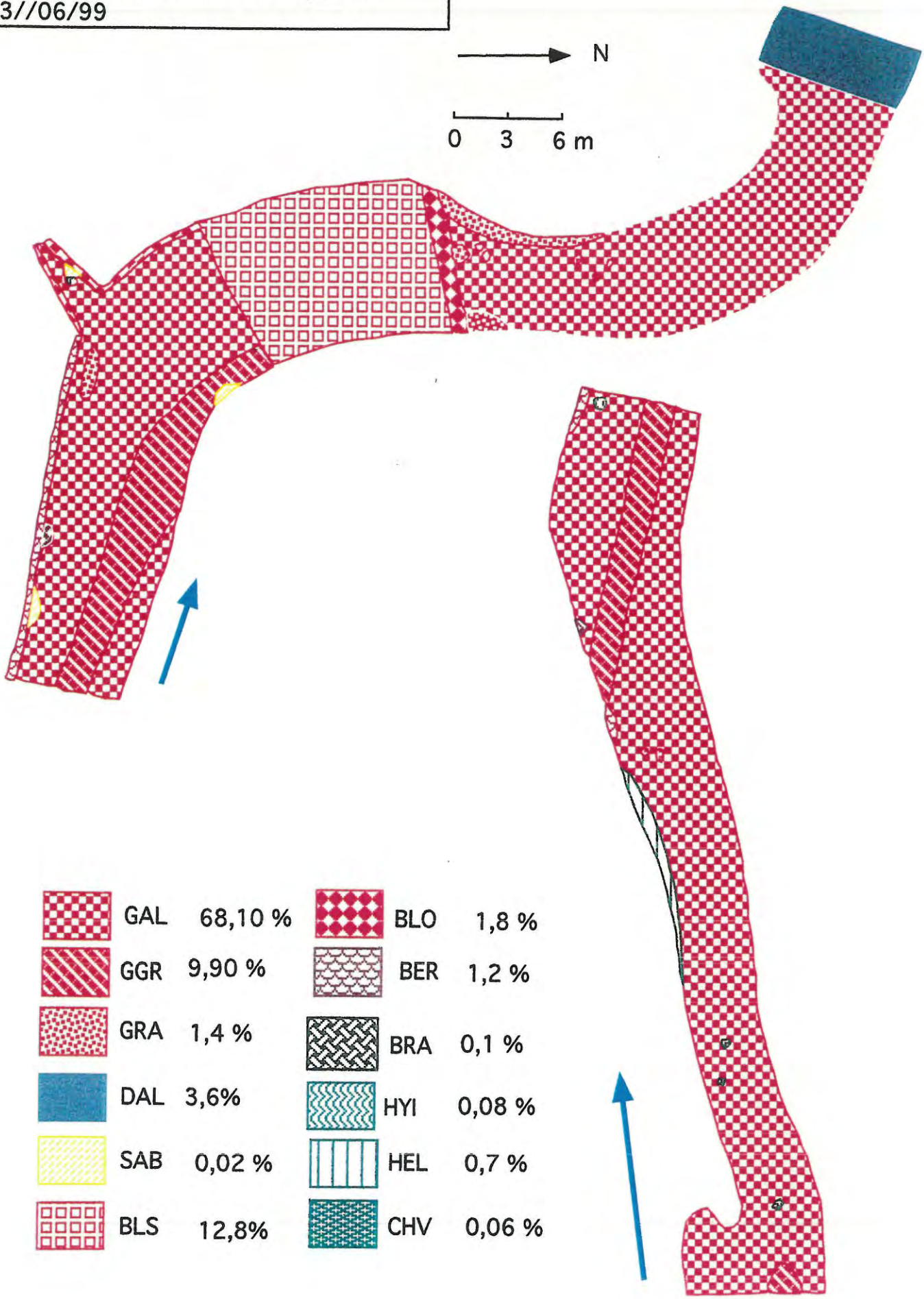
LE BIEF BELIN :
LA SCIERIE
Cartographie des vitesses
07/10/99



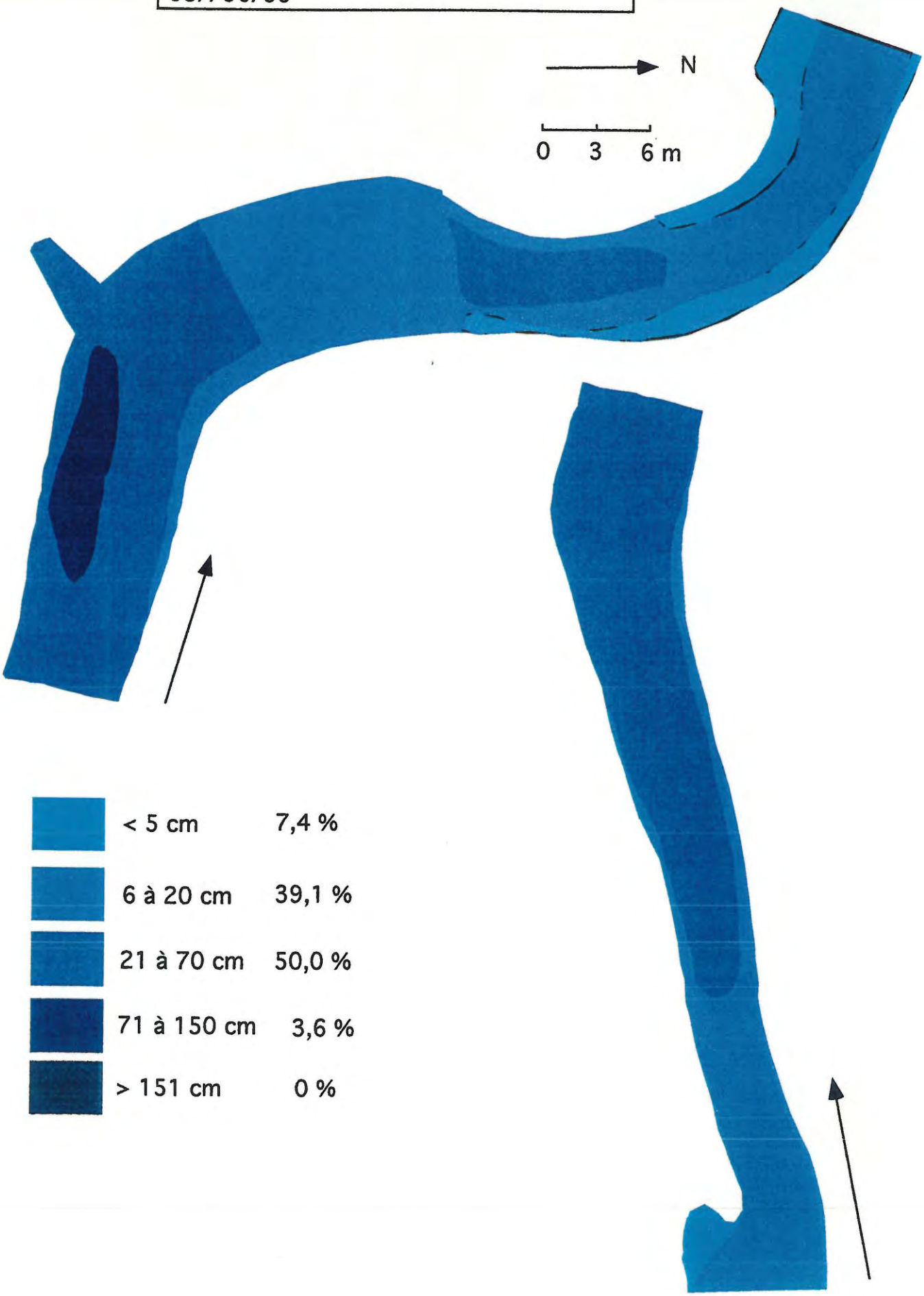
LE BIEF BELIN :
LA SCIERIE
Cartographie des pôles d'attraction
07/10/99



LE DRUGEON :
LE GUE SNCF
Cartographie des substrats-supports
03//06/99



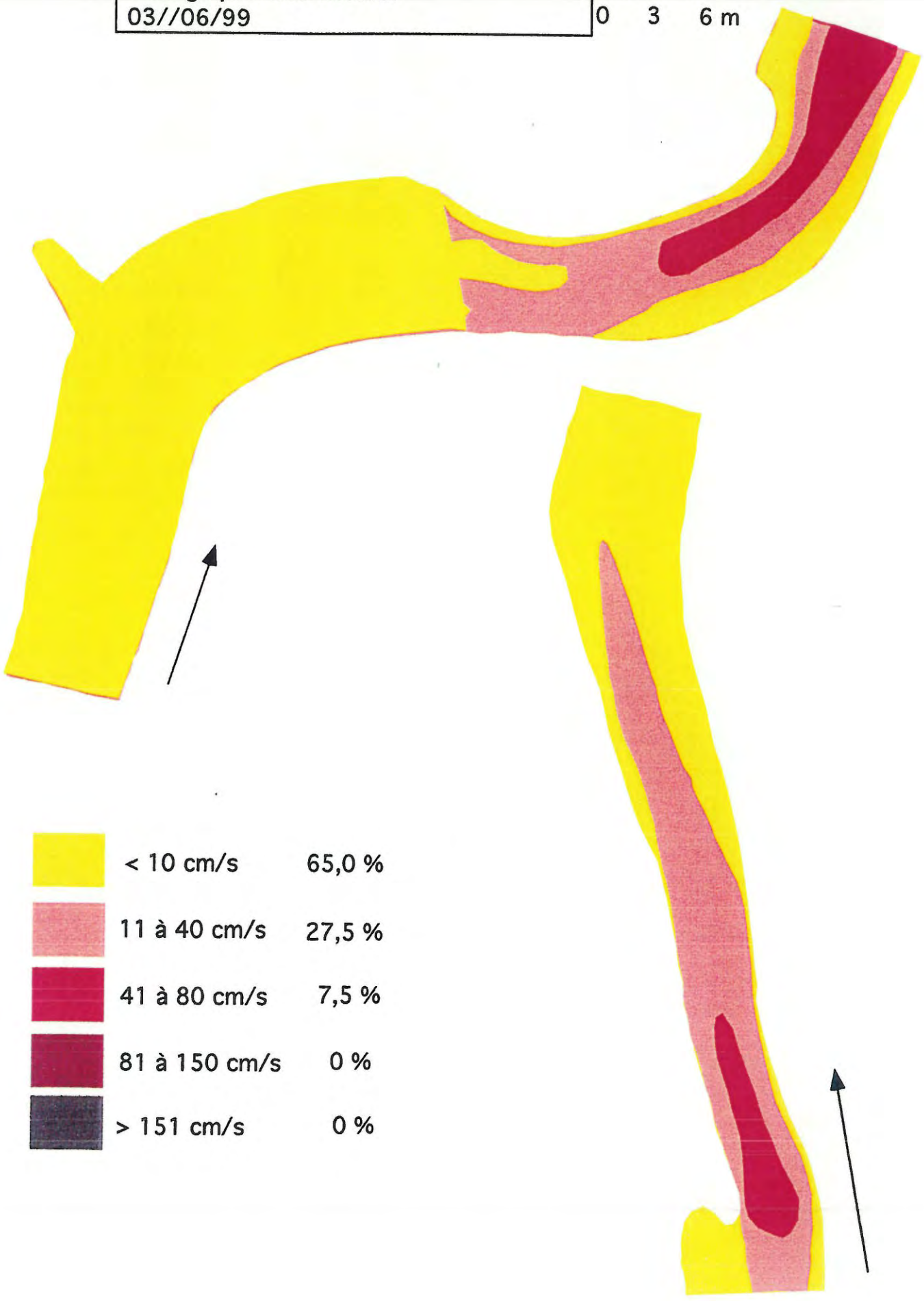
LE DRUGEON :
LE GUE SNCF
Cartographie des hauteurs d'eau
03//06/99



LE DRUGEON :
LE GUE SNCF
Cartographie des vitesses
03//06/99

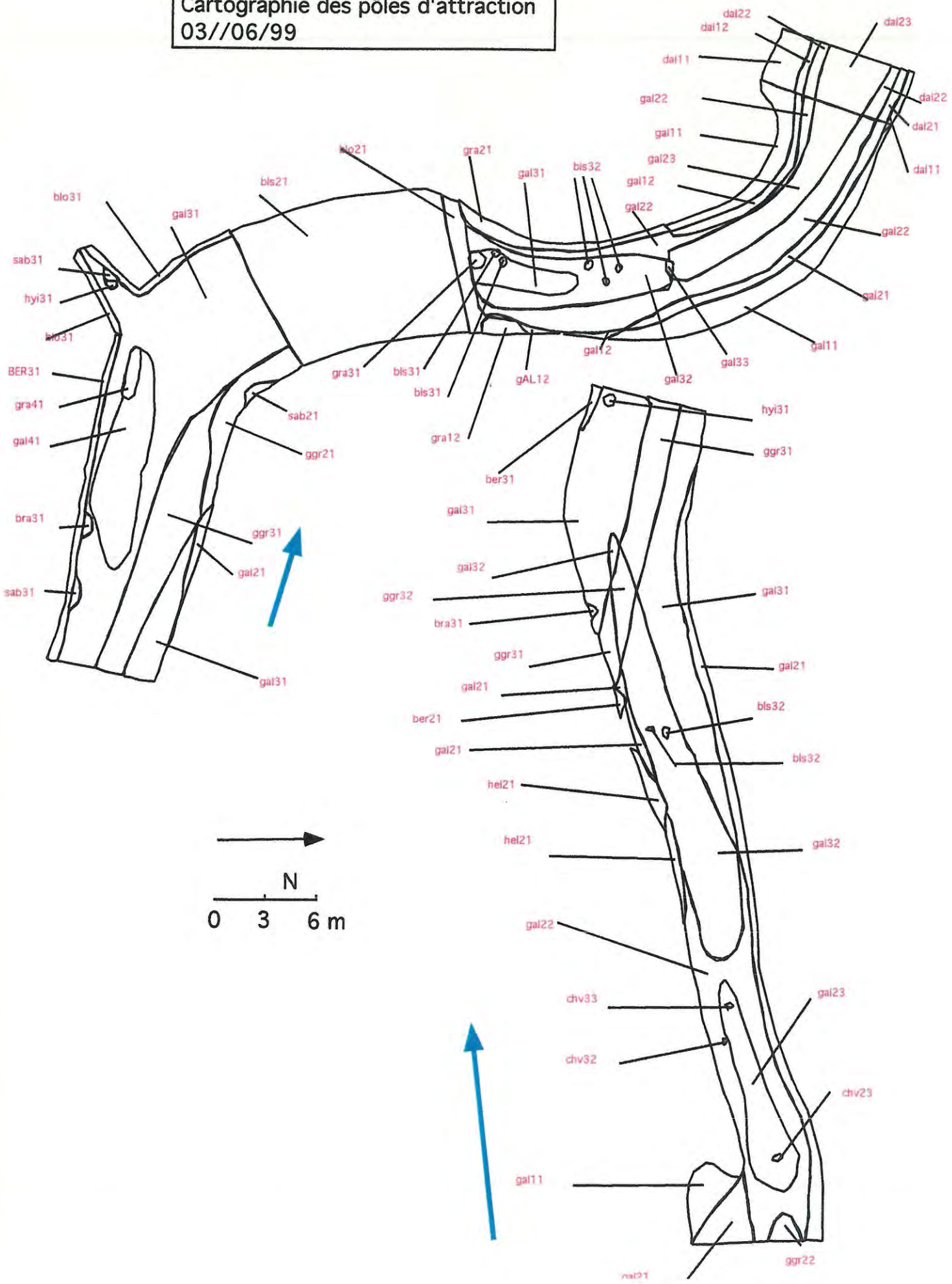
N

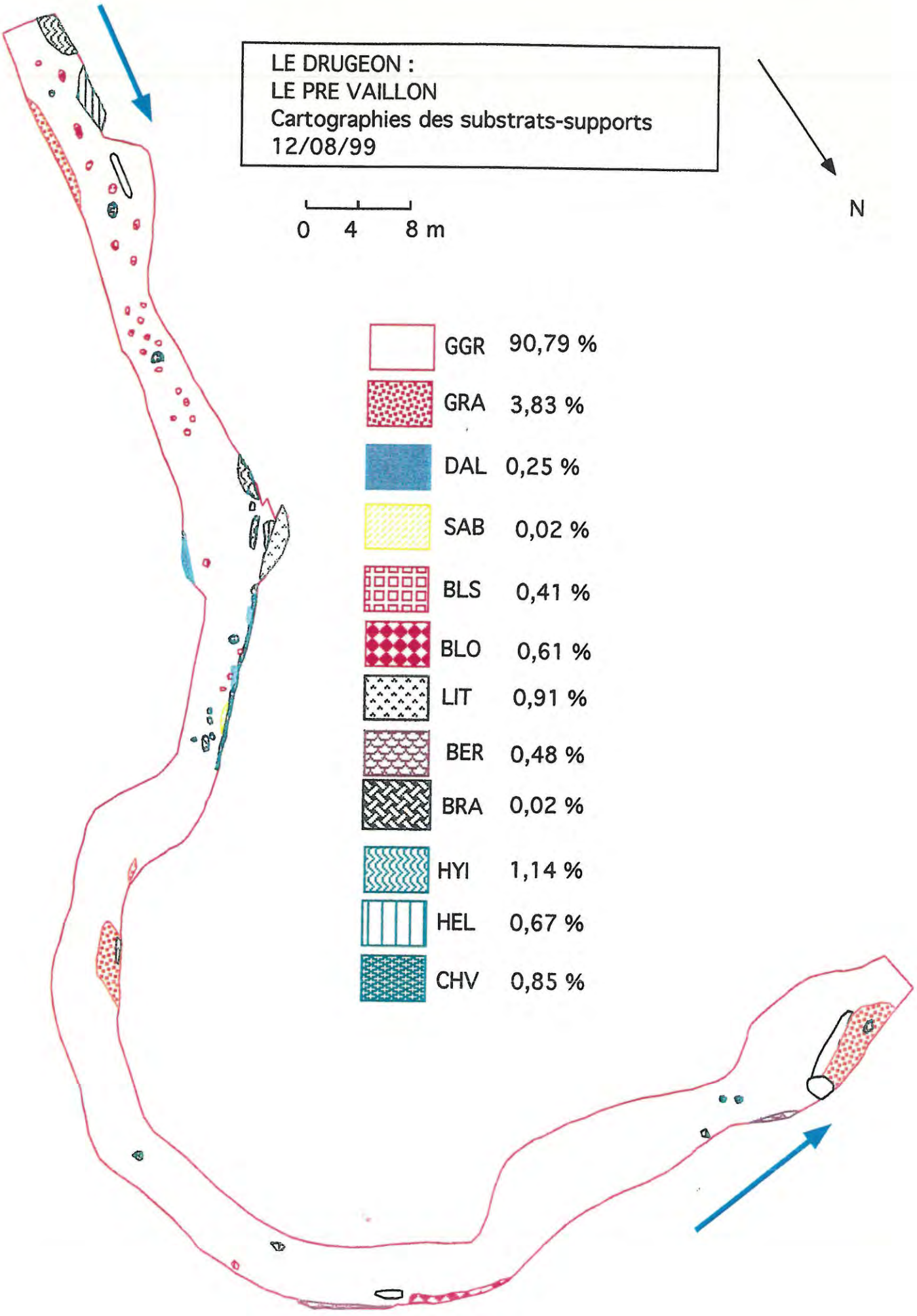
0 3 6 m



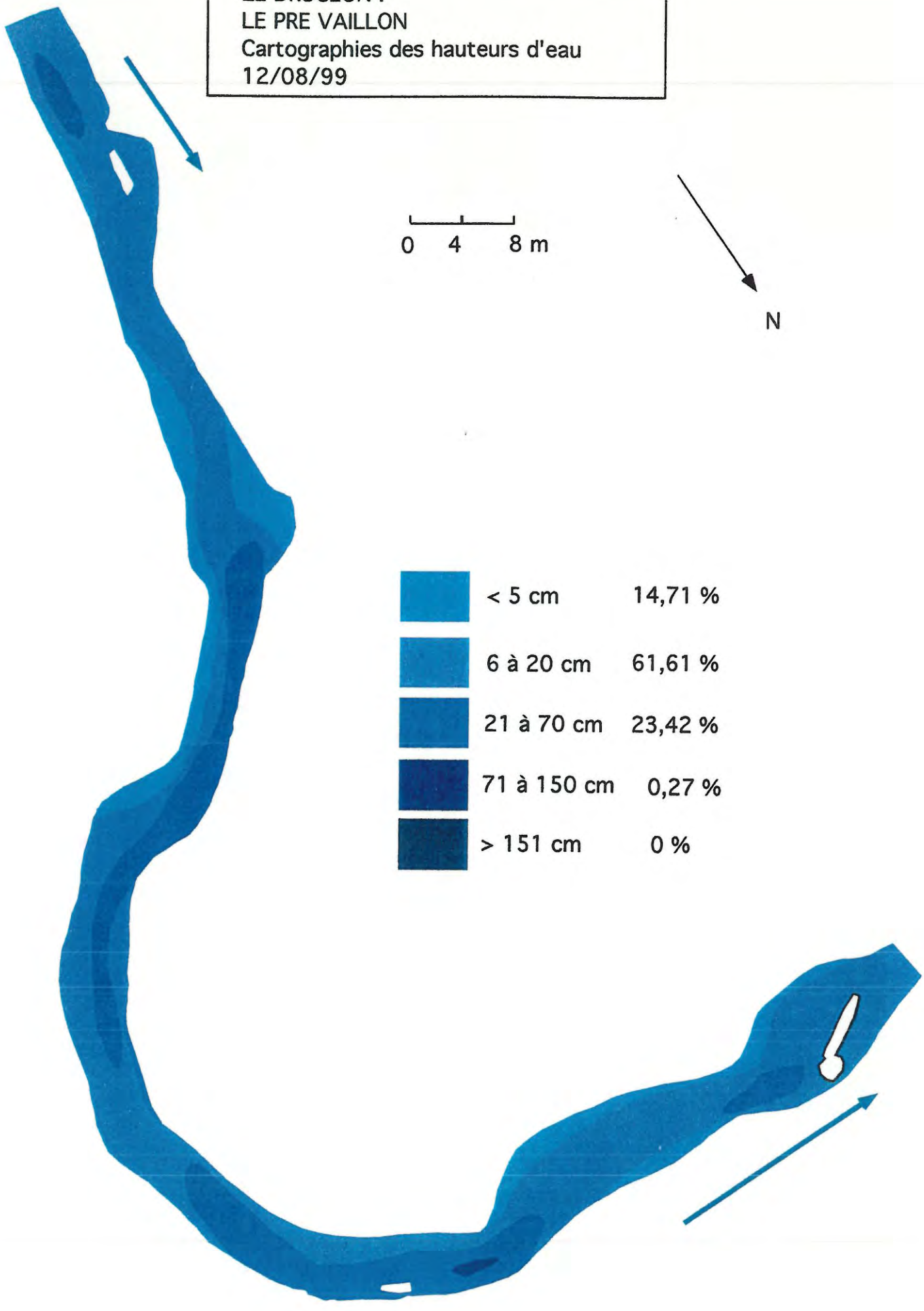
	< 10 cm/s	65,0 %
	11 à 40 cm/s	27,5 %
	41 à 80 cm/s	7,5 %
	81 à 150 cm/s	0 %
	> 151 cm/s	0 %

LE DRUGEON :
LE GUE SNCF
Cartographie des pôles d'attraction
03//06/99

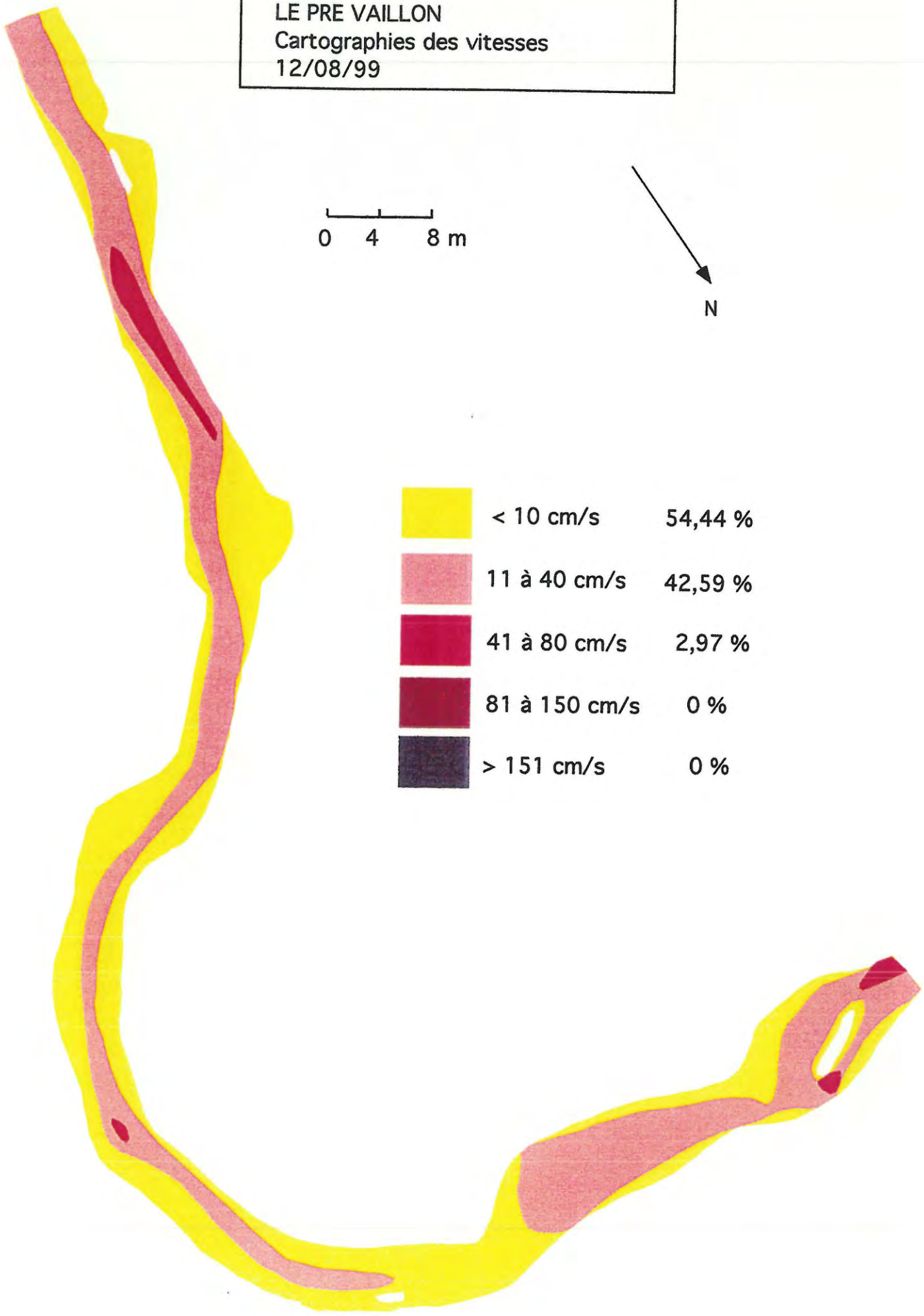


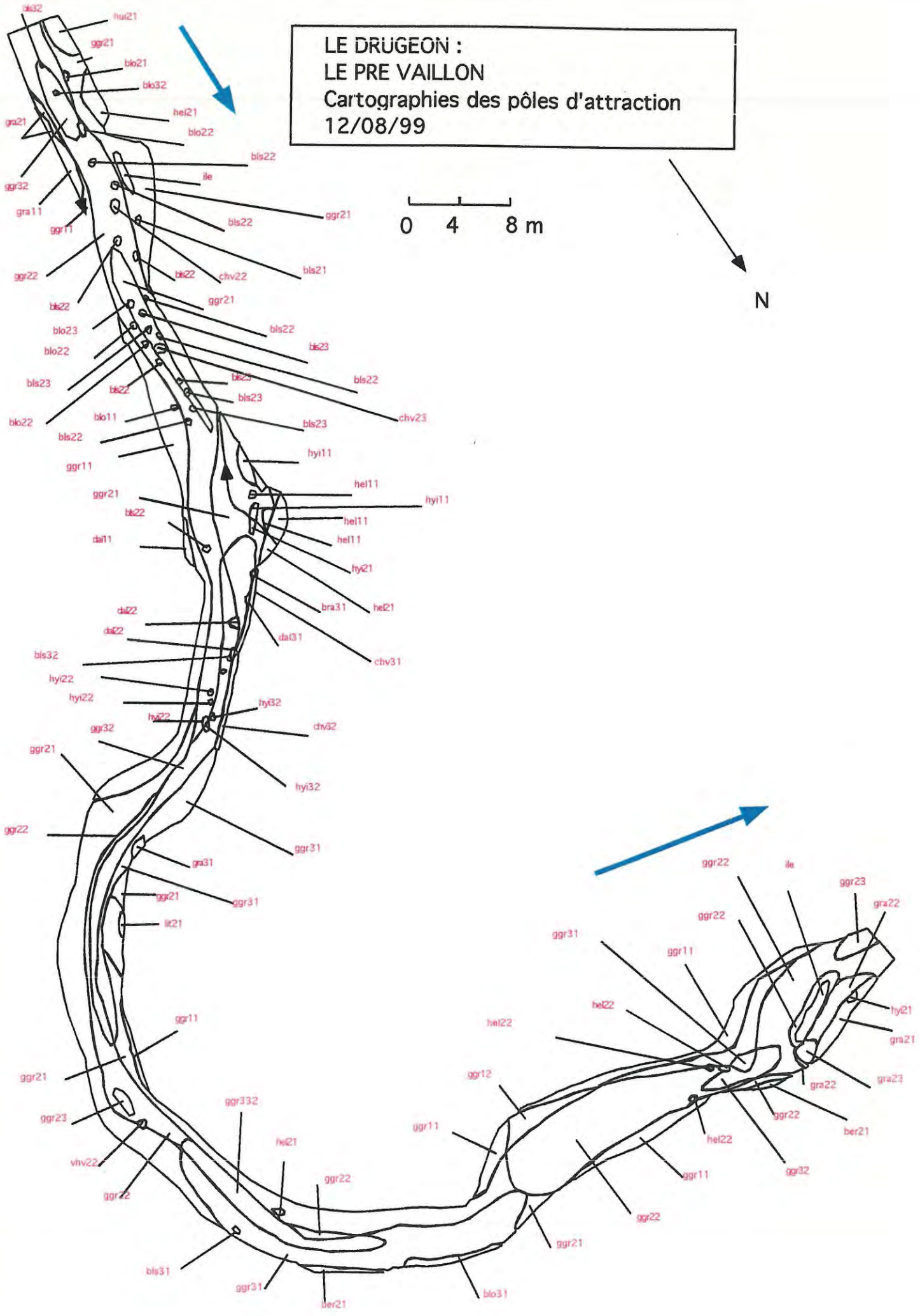

LE DRUGEON :
LE PRE VAILLON
Cartographies des substrats-supports
12/08/99
0 4 8 m
N
GGR 90,79 %
GRA 3,83 %
DAL 0,25 %
SAB 0,02 %
BLS 0,41 %
BLO 0,61 %
LIT 0,91 %
BER 0,48 %
BRA 0,02 %
HYI 1,14 %
HEL 0,67 %
CHV 0,85 %

LE DRUGEON :
LE PRE VAILLON
Cartographies des hauteurs d'eau
12/08/99



LE DRUGEON :
LE PRE VAILLON
Cartographies des vitesses
12/08/99

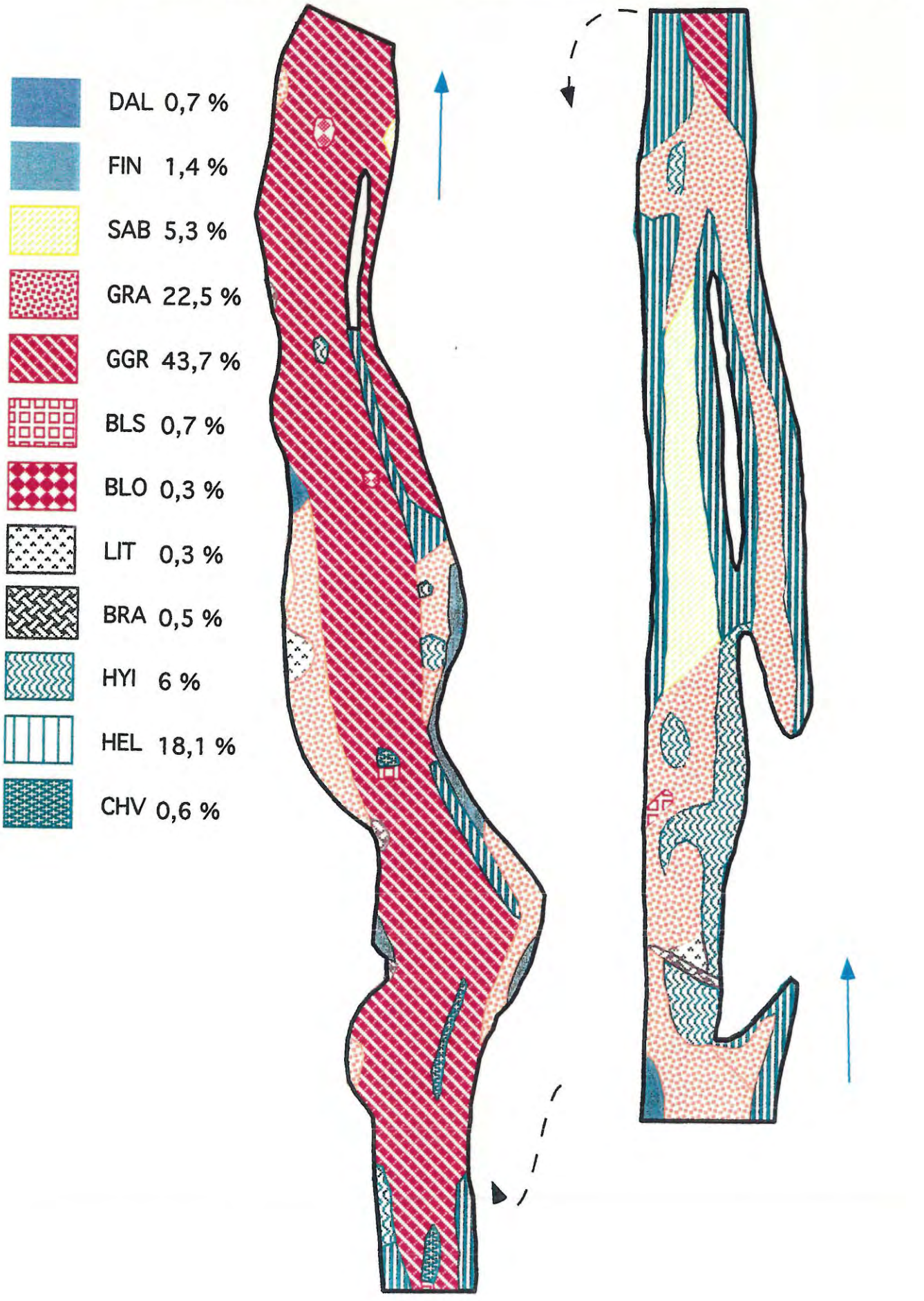



LE DRUGEON :
LE PRE VAILLON
Cartographies des pôles d'attraction
12/08/99
0 4 8 m
N
bls32
hui21
ggr21
blo21
blo32
hel21
gra21
blo22
bls22
ile
ggr32
gra11
ggr11
ggr22
chv22
bls21
blo23
blo22
bls23
chv23
hyi11
hel11
hyi11
hel11
hel11
dal11
hyi21
bra31
hel21
dal22
dal31
chv31
bls32
hyi22
hyi32
chv32
ggr32
ggr31
gra31
lit21
ggr12
hel22
gra22
gra23
ber21
ggr332
vhv22
bls31
ber21
blo31

LE DRUGEON:
L'ISLE PENET
Cartographie des substrats-supports
13/08/99

N

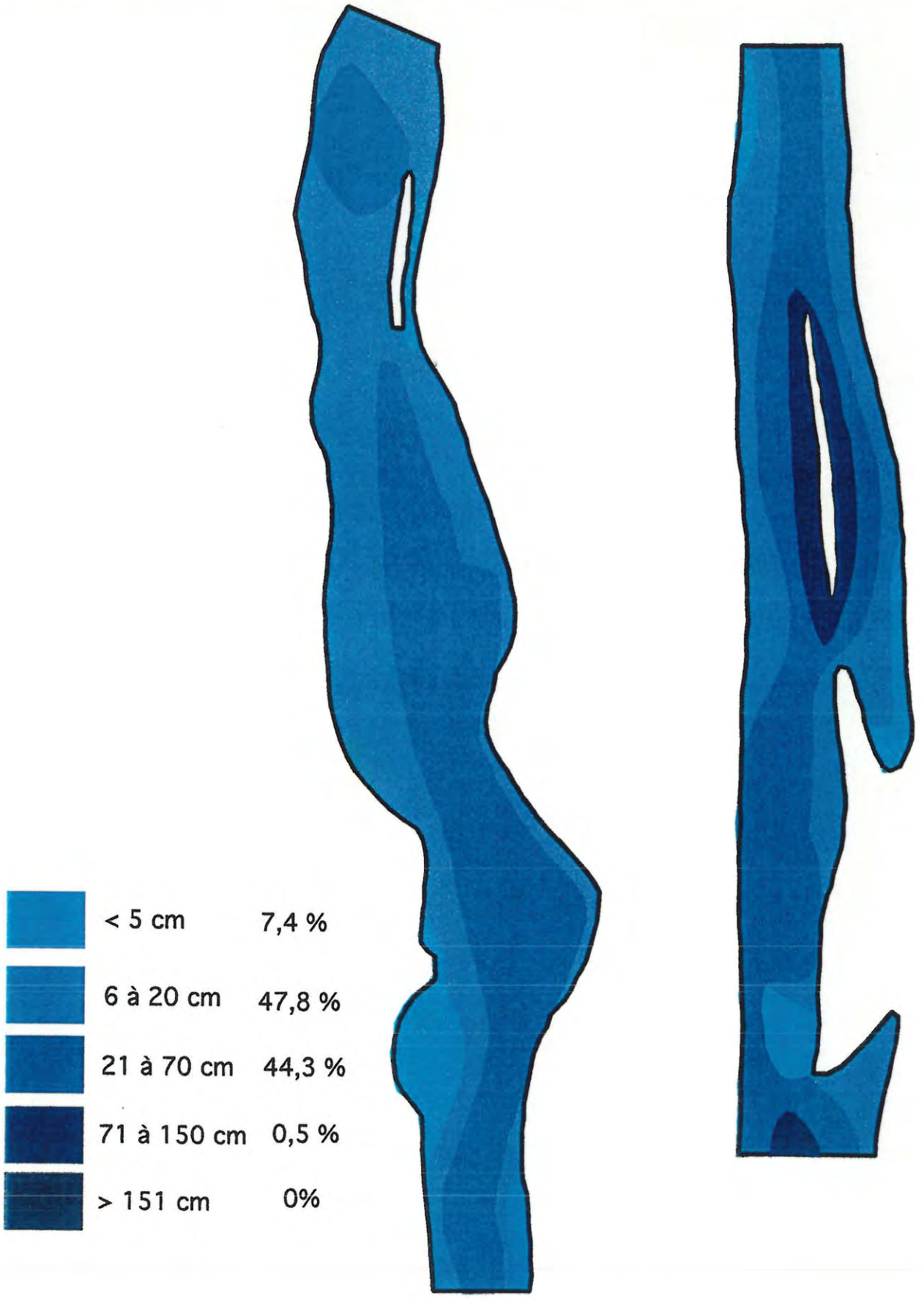
0 2 4 m



LE DRUGEON:
L'ISLE PENET
Cartographie des hauteurs d'eau
13/08/99

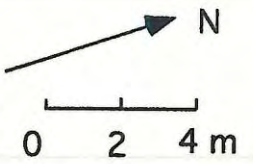
N

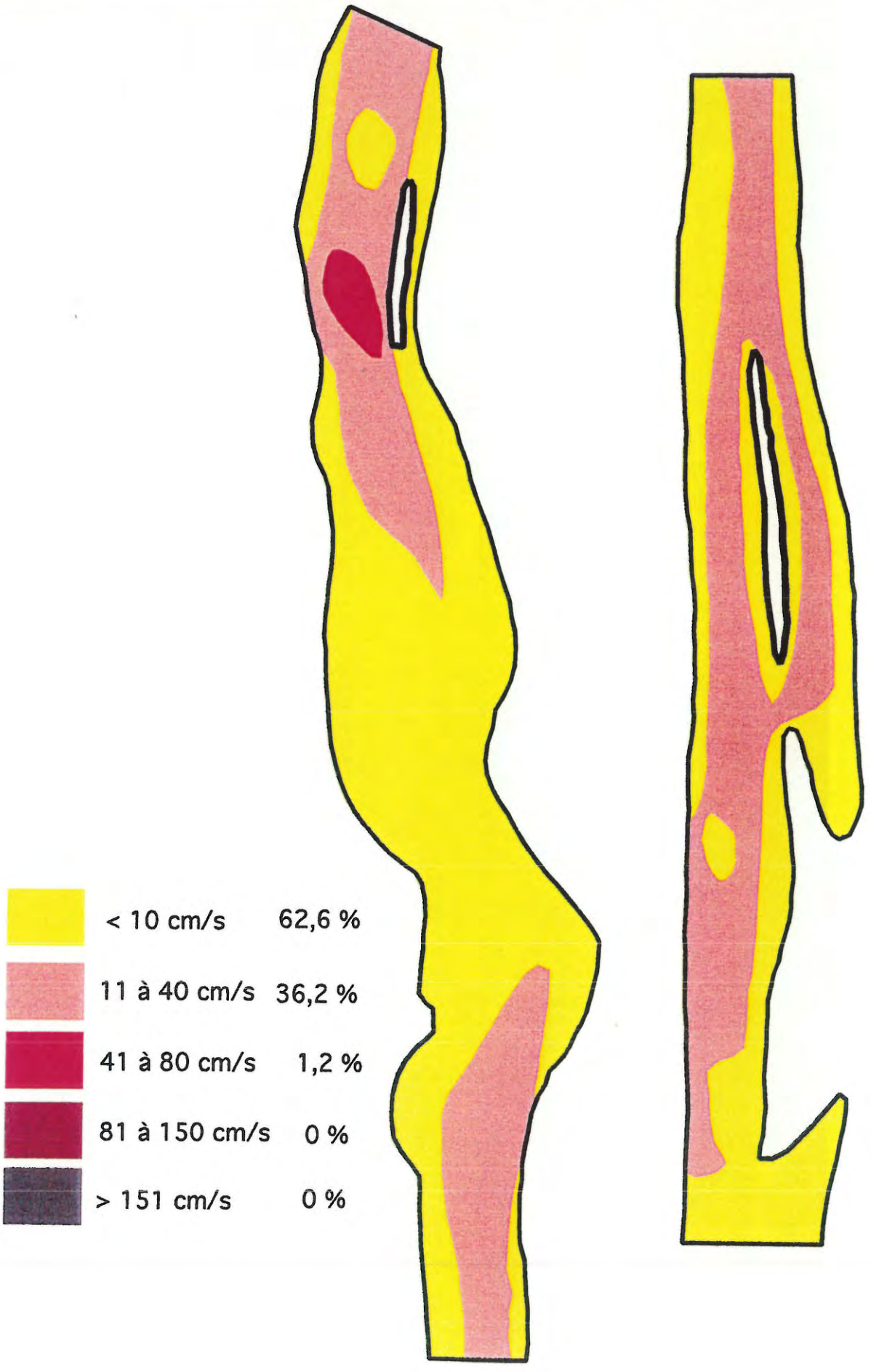
0 2 4 m



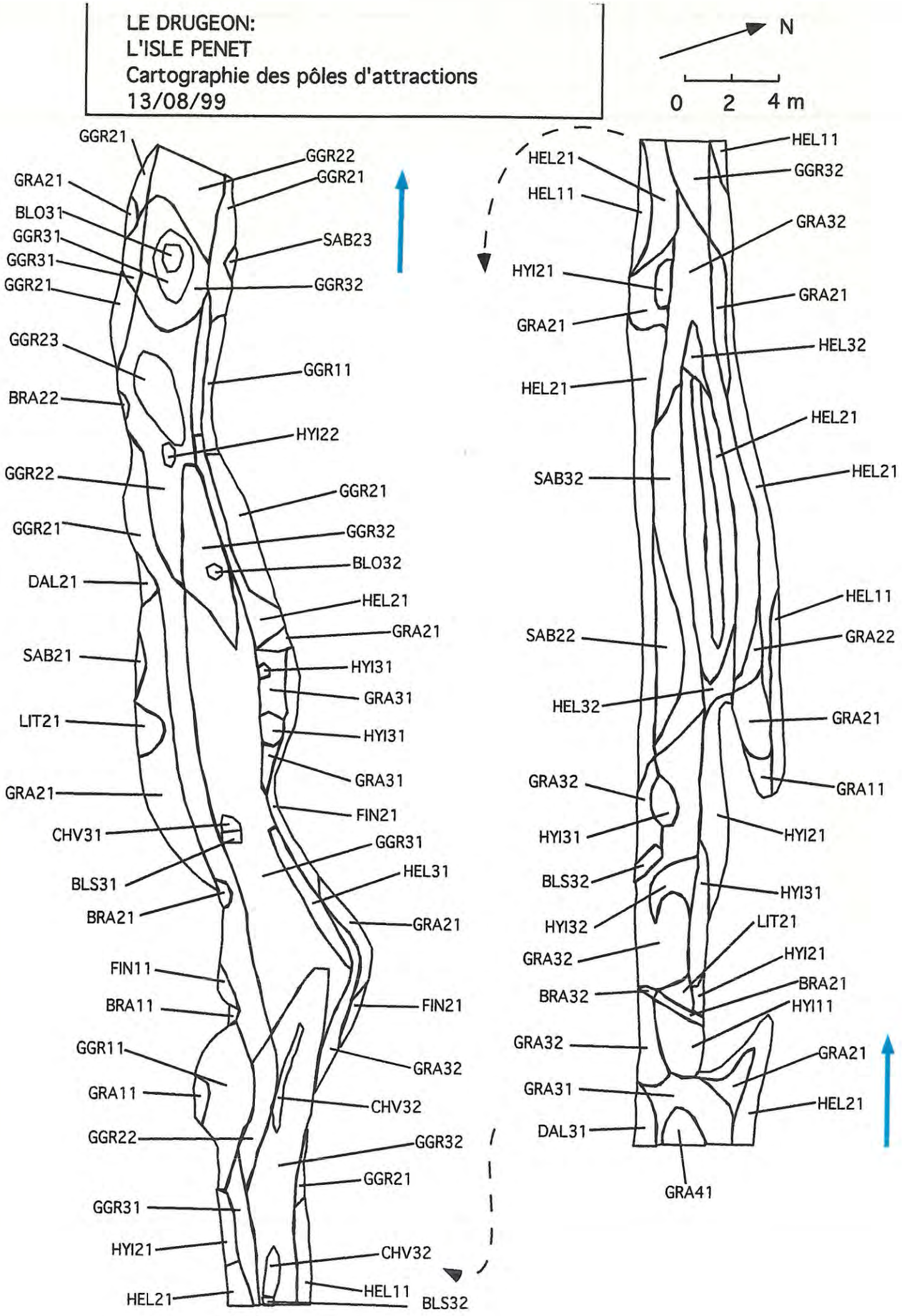
< 5 cm	7,4 %
6 à 20 cm	47,8 %
21 à 70 cm	44,3 %
71 à 150 cm	0,5 %
> 151 cm	0%

LE DRUGEON:
L'ISLE PENET
Cartographie des vitesses
13/08/99

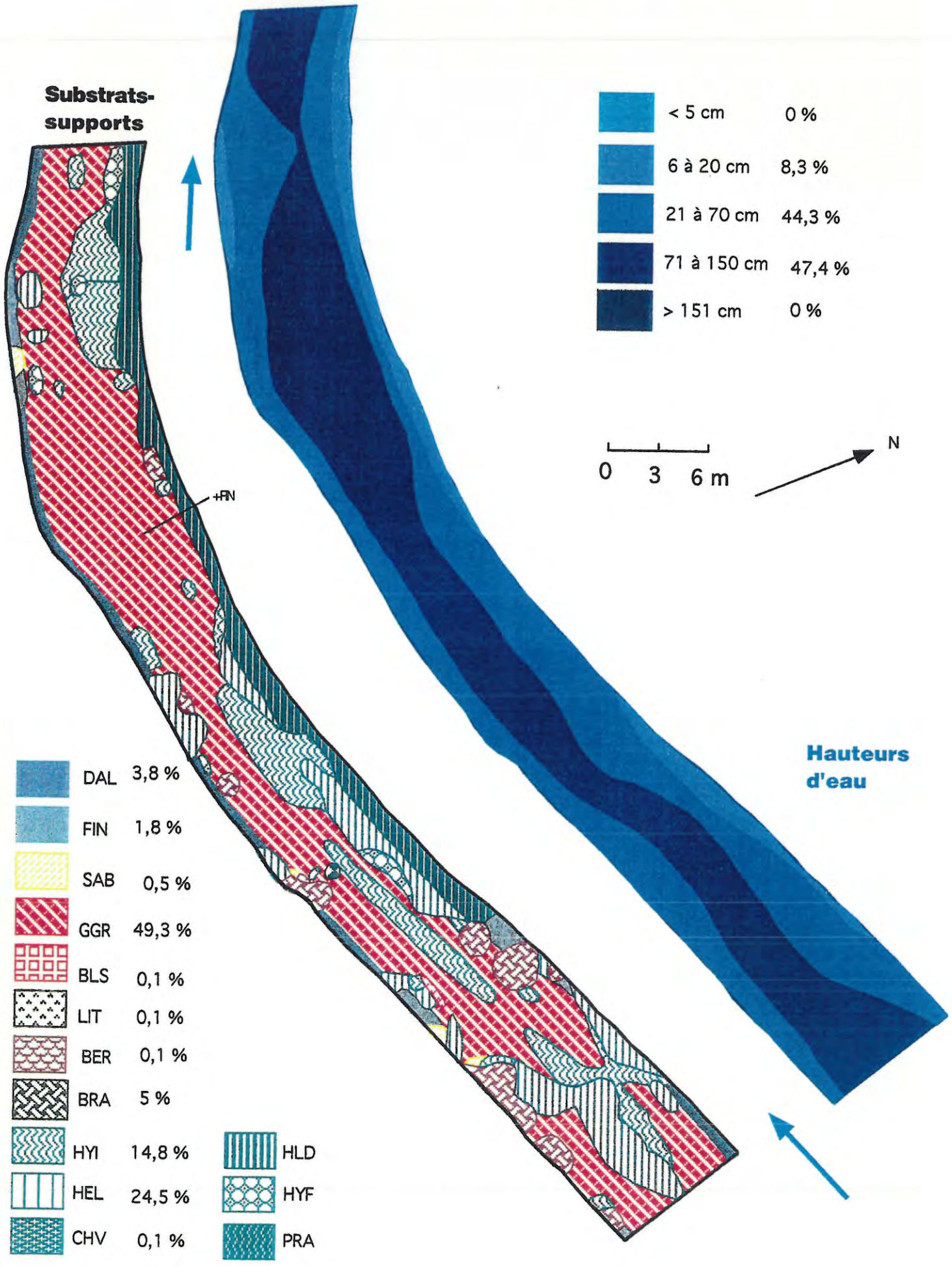




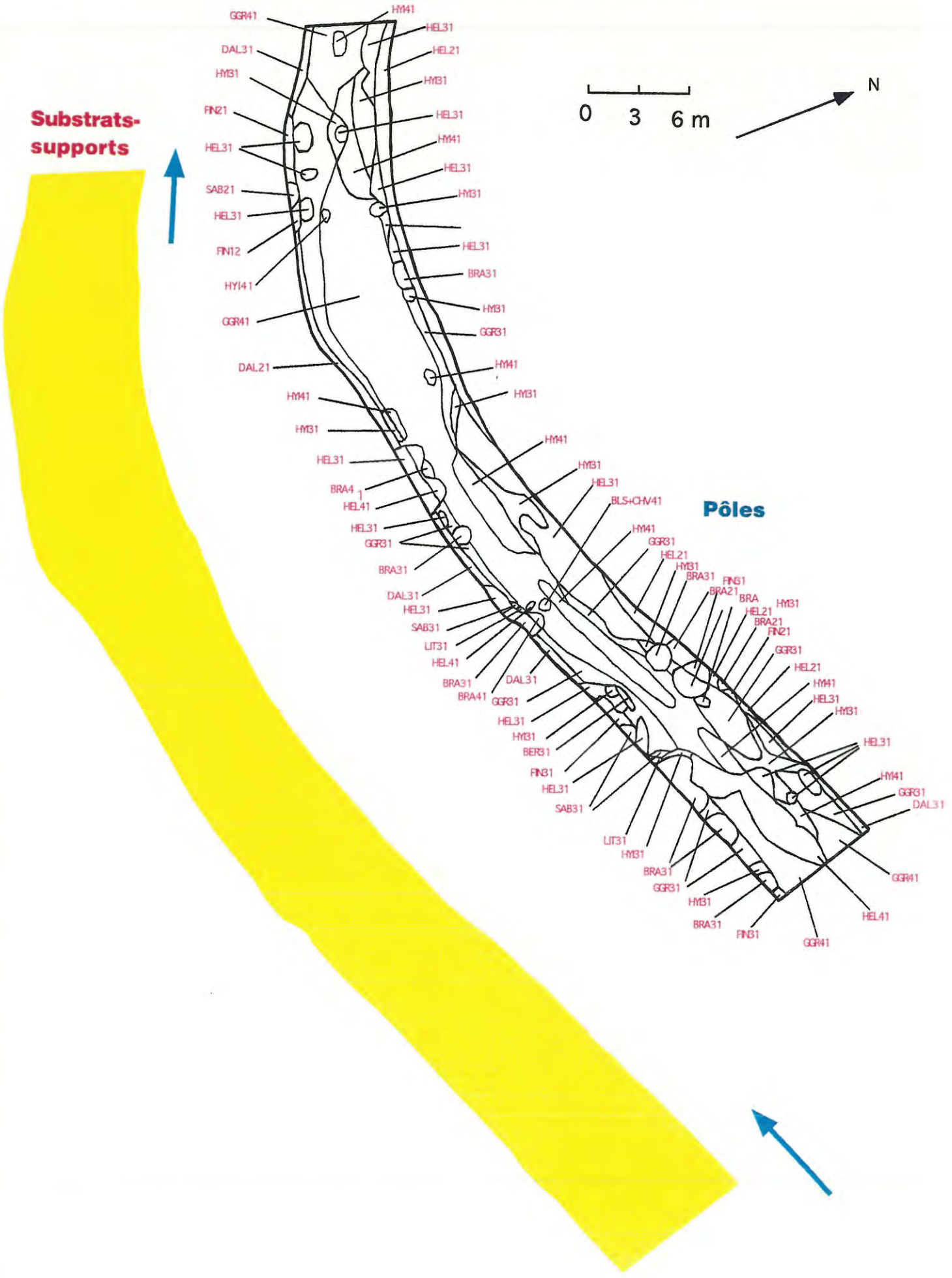
LE DRUGEON:
L'ISLE PENET
Cartographie des pôles d'attractions
13/08/99



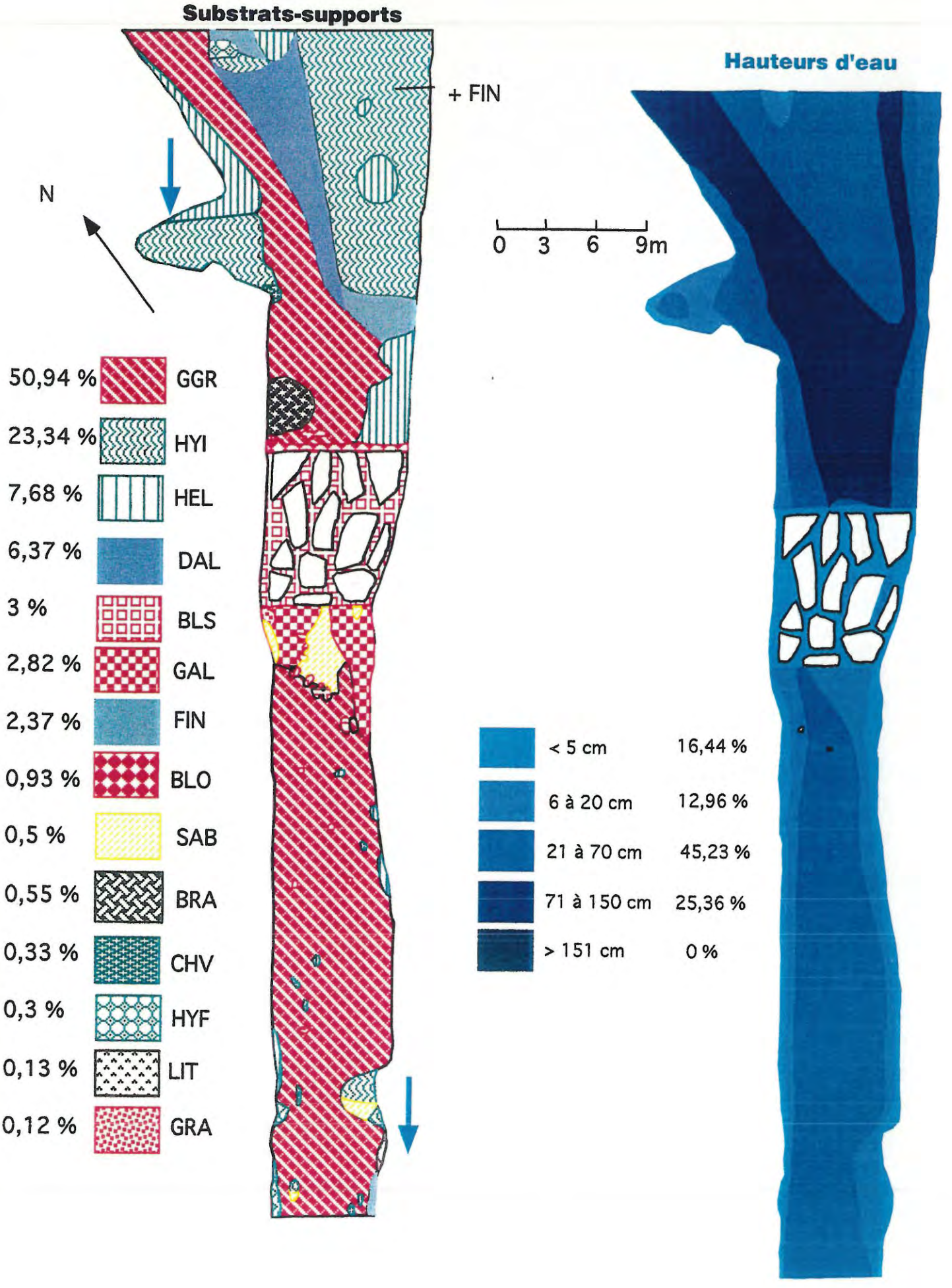
LE DRUGEON : LE PONT SNCF 13/08/99



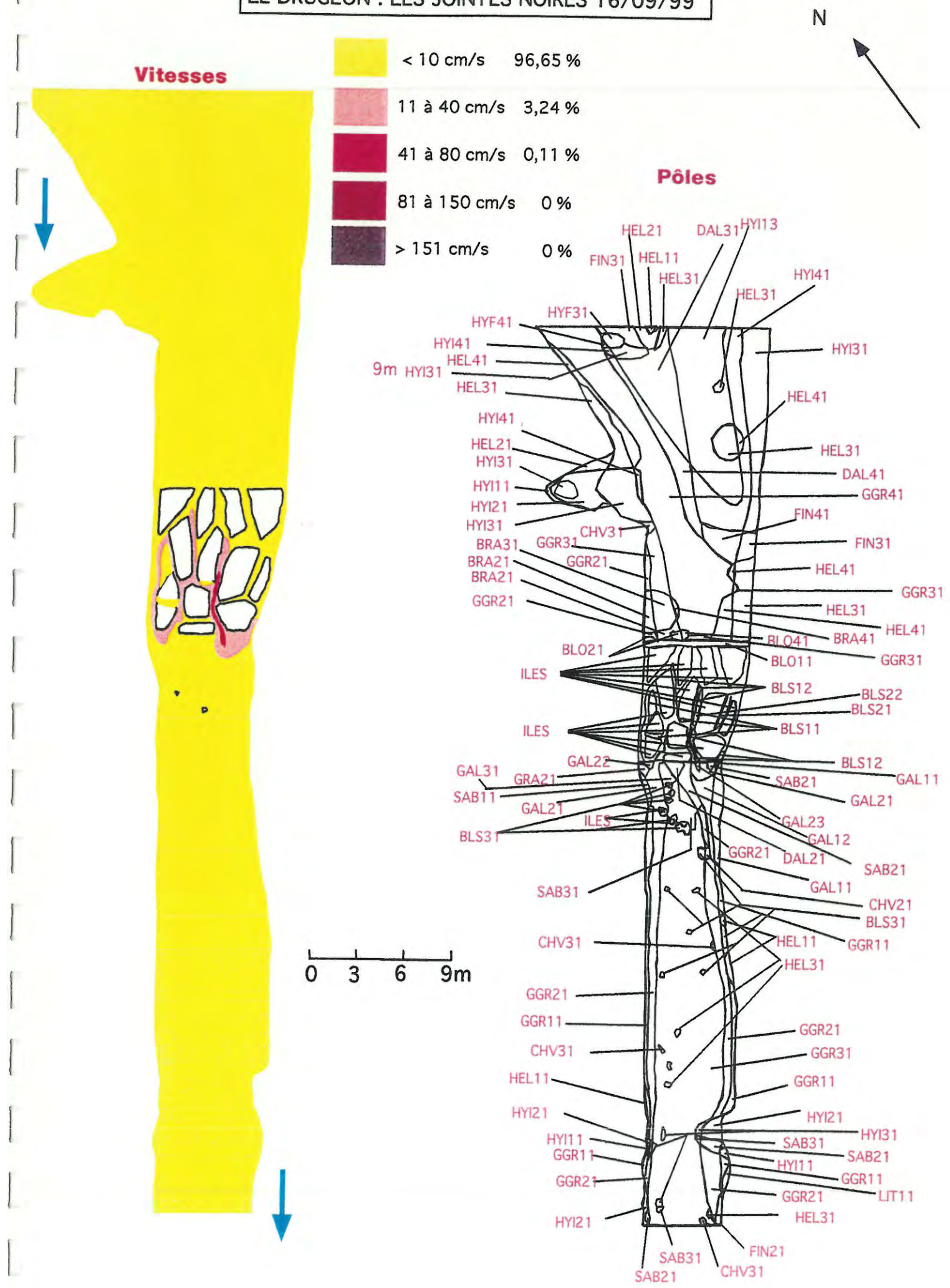
LE DRUGEON : LE PONT SNCF 13/08/99



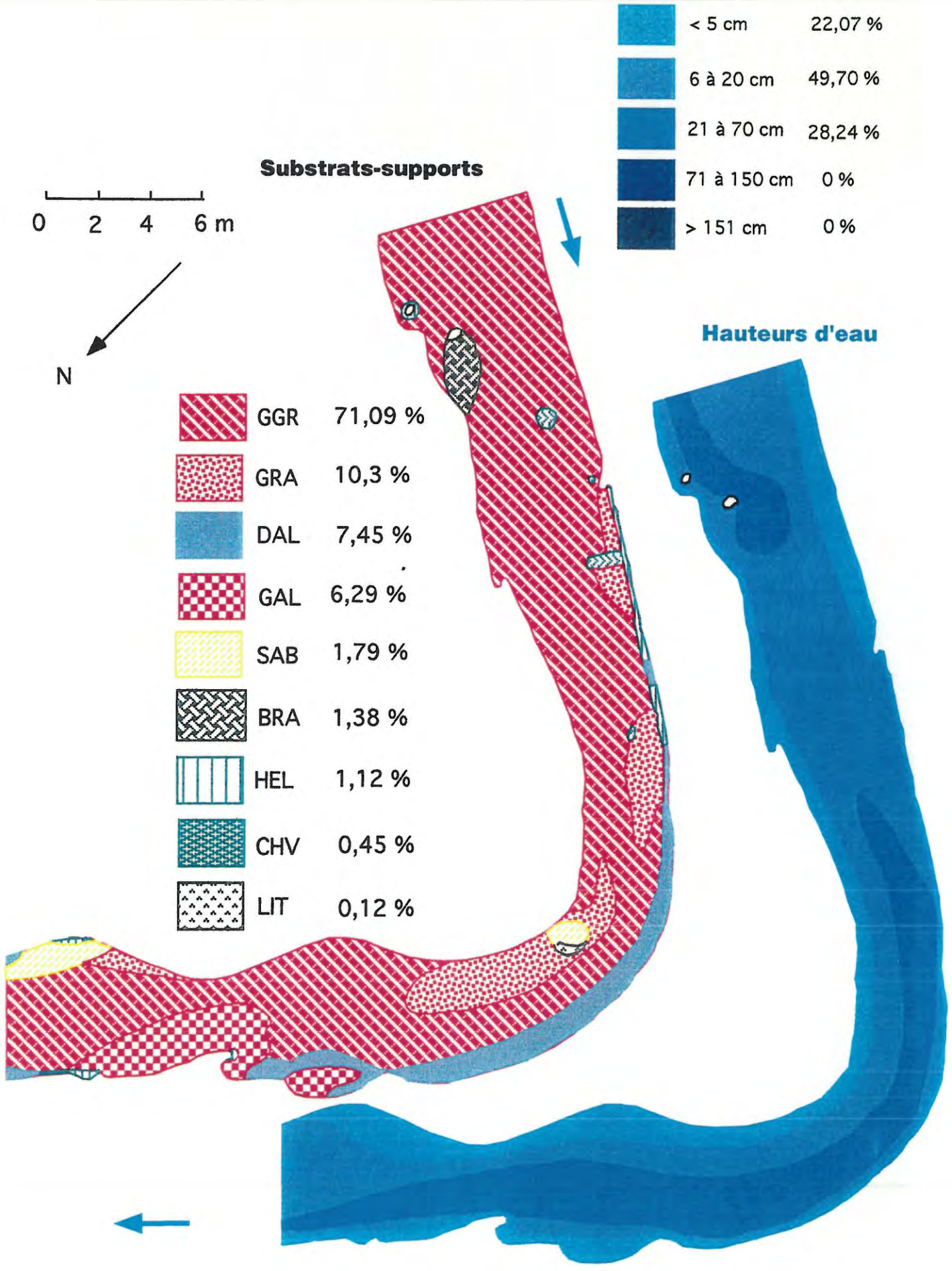
LE DRUGEON : LES JOINTES NOIRES 16/09/99



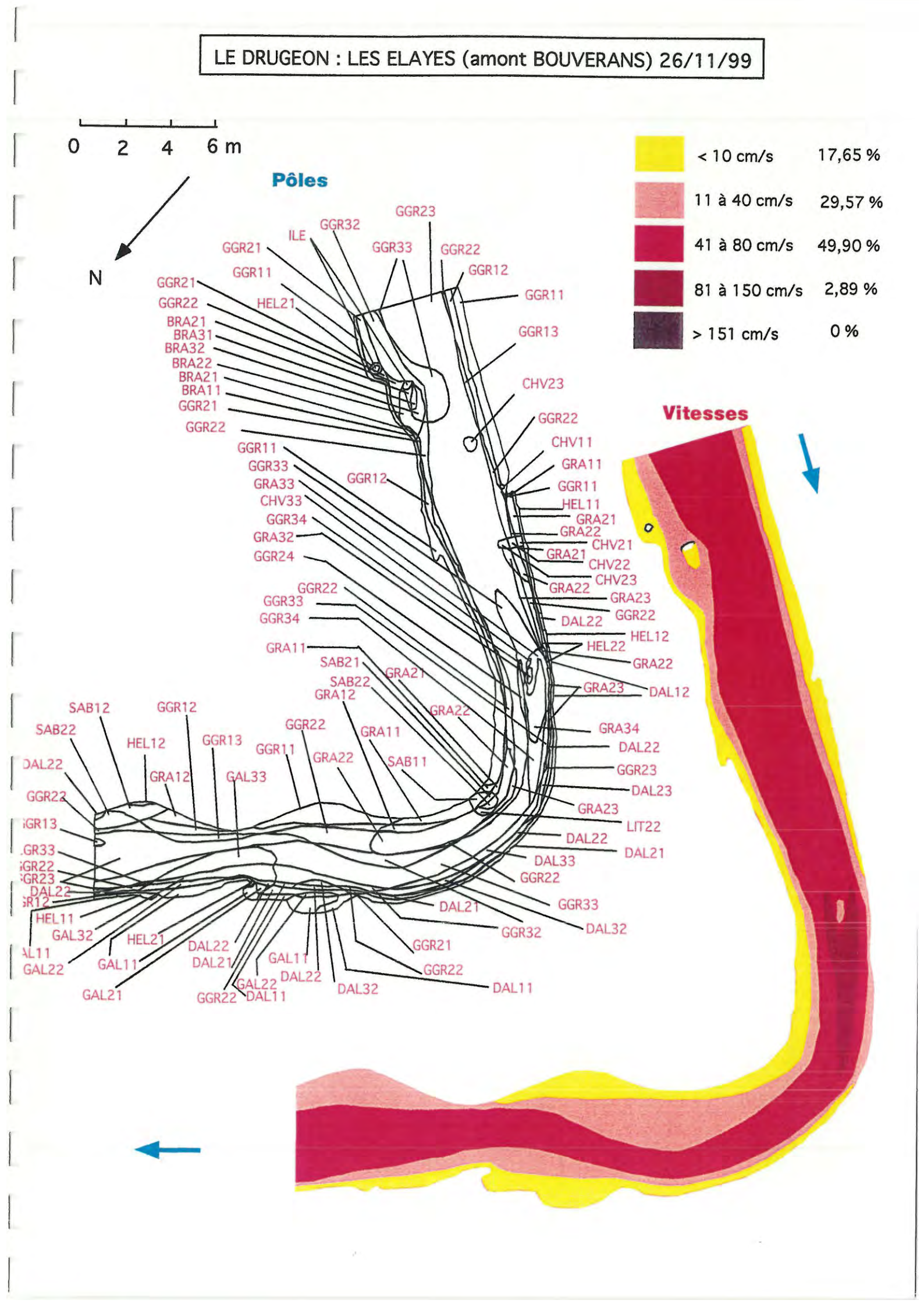
LE DRUGEON : LES JOINTES NOIRES 16/09/99



LE DRUGEON : LES ELAYES (amont BOUVERANS) 26/11/99



LE DRUGEON : LES ELAYES (amont BOUVERANS) 26/11/99



LE DRUGEON : CHASAUX (aval La Rivière-Drugeon) 26/11/99

Substrats-supports

GGR	69,03 %
GAL	18,12 %
GRA	5,97 %
DAL	3,43 %
CHV	2,34 %
HEL	0,36 %
AFF	0,32 %
SAB	0,3 %
BLS	0,13 %



Hauteeurs d'eau

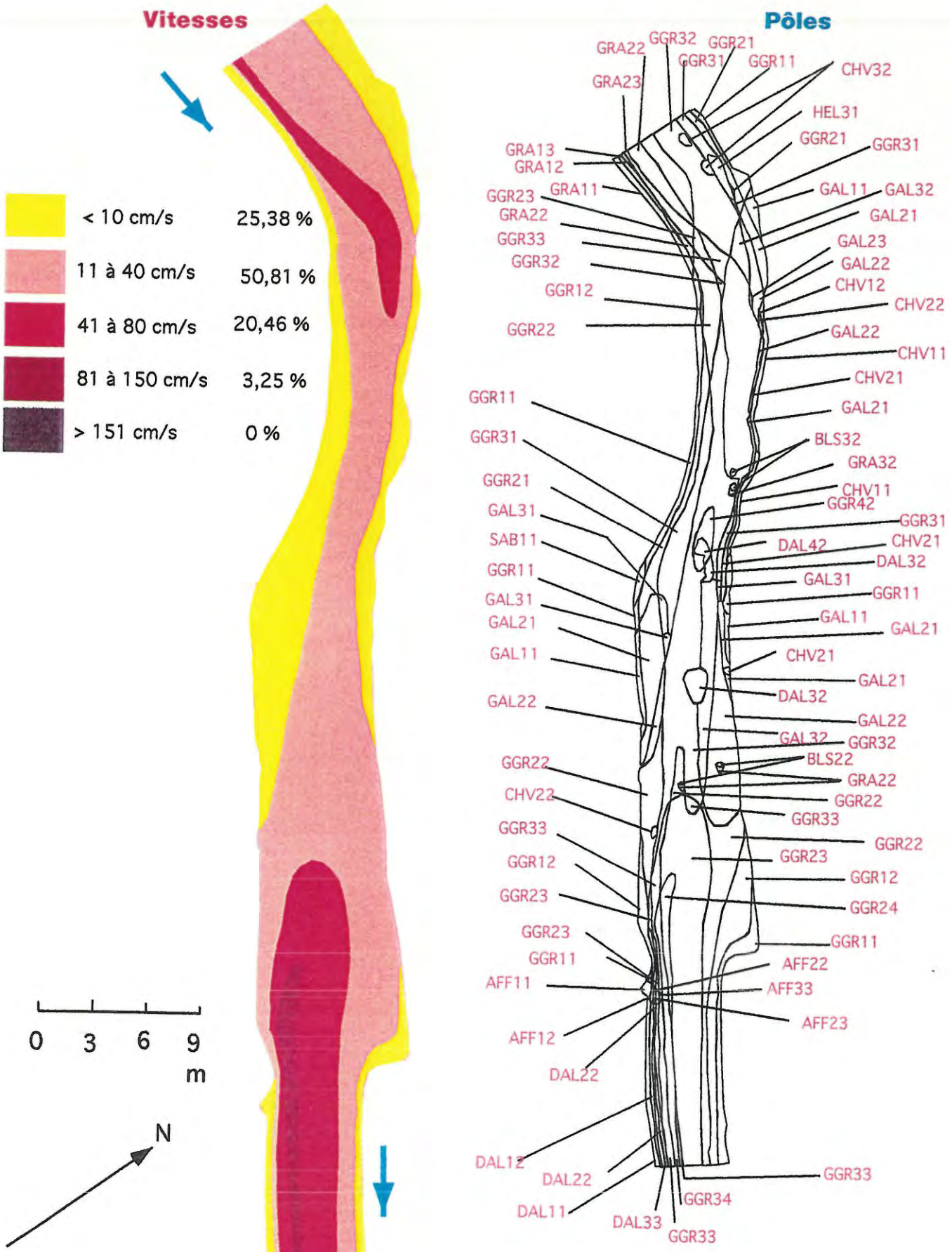
< 5 cm	17,67 %
6 à 20 cm	48,19 %
21 à 70 cm	33,02 %
71 à 150 cm	1,12 %
> 151 cm	0 %

0 3 6 9m

N



LE DRUGEON : CHASAUX (aval La Rivière-Drugeon) 26/11/99



Indice d'attractivité morphologique en 1994

Substrats	Attractivité	Bief Belin rectifié	Bief Belin actif	Martinet	Pont SNCF	Jointes Noires	Amont Bouverans
DAL	1						
BLO	60		18	13	1	12	18
GAL	50		4	11	9	1	51
GRA	20	100	56	29	17	64	16
SAB	8		4				
FIN	4					1	11
BER	90						1
BRA	100				2	1	1
HYI	80			19	53	16	2
HEL	40		18	28	18	5	
Nb de substrats		1	6	6	7	8	8
Attractivité substrats		20	31,52	45,5	60,1	36,34	43,44

Hauteurs d'eau							
	classe 1	88	47	14	6	0	16
	classe 2	12	53	37	12	6	51
	classe 3	0	0	49	79	92	33
	classe 4	0	0	0	3	2	0
	classe 5	0	0	0	0	0	0
Nb de classes		2	2	3	4	3	3

	Vitesses						
	classe 1	70	85	42	55	56	42
	classe 2	30	15	58	43	44	58
	classe 3	0	0	0	2	0	0
	classe 4	0	0	0	0	0	0
	classe 5	0	0	0	0	0	0
Nb de classes		2	2	2	3	2	2

1994		Bief Belin rectifié	Bief Belin actif	Martinet	Pont SNCF	Jointes Noire	Am Bouveran
	IAM	80	756	1638	5048	1744	2085

1999		Gouttes d'Or	Scierie	Gué SNCF	Pont SNCF	Jointes Noire aval	Am Bouveran
	IAM	2290	2272	6243	1183	1668	2723

ANNEXE 3 : mesure de la qualité physique à l'échelle du tronçon

Grilles de description standard

Tableau de mesures de l'Hétérogénéité

Tableau de mesures de l'Attractivité

Tableau de mesures de la Connectivité

Tableau de mesures de la Stabilité

Annexe 3-1 : grille standard de description del hétérogénéité par tronçon

Rivière	Trç	Se-Un.	Séq. de faciès	Nb Séq	Dév.	Sin	nb fc	nb fc/séq	Div'Fc	l.min	l. max	l.m/l.x	H.min	H. max	Hn/Hx	V.min	V. max	Vn/Vx	S1t	S2t	D(St)	Nb(St)	Lmin	Lmax	L.n/L.x	nb Sy lat	OBR
unité	n°	n°		nb			nb	freq	idiv.log/fc	m	m		m	m		m/s	m/s						m	m		nb	%
renvol		n1	n2	n3	n4		n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n21	n22	n23	n24	n25	n26	n27	n28	n29
Cotes	0				1,5	<1,05		<2	>0,6			1			1			1			0	0-2			1	0	0 ou 100%
	1					1,06-1,10		2	0,5-0,6			1-1,5			1-3			1-4			1-2	2-4			1,1-1,2	0,01-0,1	0-5 ou 95-100
	3					1,11-1,25		2-3	0,4-0,5			1,5-2			3-6			4-8			3-4	4-6			1,2-1,4	0,1-0,2	5-10 ou 90-95
	5					1,26-1,50		3-5	0,3-0,4			2-4			6-9			8-12			5-6	6-8			1,4-1,6	0,2-0,4	10-20 ou 80-90
	7					1,50-2		6-8	0,2-0,3			4-6			9-12			12-16			6-8	8,1-10			1,6-2	0,4-0,8	20-40ou 60-80
	10				3	<2,00		>8	<0,2			>6			>12			>16			>8	>10			>2	>0,8	40-60

légende

n1: sous -unité = station(s)-échantillon(s) si prospection discontinue ou type de succession de faciès si trç composite

n2 : succession de faciès type

n3 : nb de séquences par tronçon ou dans la sous-unité

n4 : dévellopement linéaire des berges y compris systèmes latéraux connectifs =périmètre /2* longueur axiale de la vallé

n4' sinuosité=linéaire/lax

n5: nombre total de faciès dans le tronçon ou la sous unité

n6 : nombre de faciès par séquence type (souéch au moins 3X)

n7 : équitabilité =(diversité/(100*log100/n))

(prise en compte de la proportion rel. de chaque faciès en % de linéaire)

n8/9-11/12-14/15 valeur modale des descripteurs du lit d'étiage du tronçon ou de la sous-unité

n10/13/16 : rapport entre les valeurs extrêmes des descripteurs du lit d'étiage

BLO	GAL	GRA	SAB	DAL	FIN
-5	-4	-3	-2	-1	0
LITO	CHV	HEL	HYF	HYI	BRA
0	1	2	3	4	5

n20 : nombre de substrats/support dominants dans une séquence type

n21-22 : substrats/support dominants du tronçon valeurs modales (cf. grille code substrat)

n23 : valeur absolue de la différence entre cotes d'hétérogénéité respective de S1t et S2t :

n24 : nombre de support dominants dans le tronçon

n25-26: valeur extrême de la largeur du lit mineur

n27 : Rapport entre valeurs extrêmes de la largeur du lit mineur

n28 nombre de système latéraux par séquence de faciès type

n29 proportion d'ombrage à midi

Annexe 3-2 : grille standard de description de l'attractivité par tronçon

Rivière	Trç	Ss Un	Lin. Cache	Sc Cache	Sc Cche Pond	nb Sy lat	Sc lat	Typ Fra1		Nb type		S1	IAM/10	S2	IAM/10	Total
			%	sc/seq	sc	nb/seq	score	nat		sc		nat	sc	nat	sc	
					S(lin*sc)*100			Cotation des type de frayères					en(IAM/10)+1			
								10	Gravière stable							
									Herbier d'hydrophyte équilibré							
									Prairies inondables avec rétention d'eau				entière		entière	
													de l'iam		de l'iam	
								5	Galets stables				divisé		divisé	
									Herbier d'hydrophyte envahissants				par 10		par 10	
									Herbiers d'hélophyte/branchage							
Cotes	0		<5%	<4	<10	0	0			0						
	1		6 à 10	5 à 8	11 à 20	0,01 à 0,1	0,05 à 0,5			1						
	3		11à 20	8 à 12	21 à 40	0,1 à 0,2	0,5 à 1									
	5		20 à 40	12 à 16	41 à 80	0,2 à 0,4	1 à 2			2						
	7		40 à 60	16 à 32	80 à 160	0,4 à 0,8	2 à 4									
	10		<60	<32	>160	>0,8	>4			≥3						

Annexe 3-3 : grille standard de description de la connectivité des tronçons

Rivière	Trç	SS Un.	Hb	Rp	Rp C.	Frg H	Frg H C	Dissip	LMoy/Lmin	nb Sy lat	Sc lat	*Nb obst*	*Nb infr.*	*Sc fran aM*	*Sc fran aV*
			m	%LIN	%LIN	%LIN	%LIN	%LIN	rapp. larg. lits	nb	sc(conn.)	*nb*	*nb*	*s(fran)*	*s(fran)*
									moyen/mine	par seq.	par seq	*par trç*	*par trç*	*sc de l'obstacle le moins fran du trç*	
Cotes	0		>3	0 ou 100%	0	0	0	0	non fonct	0	0	*>8*	*≥2*	*>43*	*>43*
	1		2 à 3	0-5 ou 95-100	1 à 5	1 à 5	1 à 5	<5		0,01 à 0,1	0,05 à 0,5	*4-8*	*1*	*24-43*	*24-43*
	3		1 à 2	5-10 ou 90-95	5 à15	5 à15	5 à15	5 à10		0,1 à 0,2	0,5 à 1	*2-4*		*10-23*	*10-23*
	5		0,6 à 1,2	10-20 ou 80-90	15 à 45	15 à 45	15 à 45	10 à 20	1/2 fonct	0,2 à 0,4	1 à 2	*2*			
	7		0,3 à 0,6	20-40ou 60-80	45 à75	45 à75	45 à75	20 à 40		0,4 à 0,8	2 à 4	*1*		*01-04*	*01-04*
	10		<0,3	40-60	>75	>75	>75	>40	fonct	>0,8	>4	*0*	*0*	*0*	*0*

Annexe 3-4 : grille standard de description de la stabilité des tronçons

Rivière	Trç	Se Un.	S1	S2	lét.	Lmin	Lmin/lét	Lmin	LMOY	LMOY/Lmin	%lin éros	Int. éro	Sc éros	%lin séd	Int. séd	Sc séd	Bois M		h. inc.	Eros. Brg	Lin. brge érod	Sc.Brge
			nat	nat							%	int	sc	%	int	sc	nb		m	cote	=%	sc
					rapport lits			rapport lits					S(Lin. *sc*100)			S(Lin. *sc*100)			*incision*			S(Lin. *sc*100)
					mineur/étiage			moyen/étiage											*en cours*			
	-10						>16			non fonct			<200					> 2 m	-10			
	-7	érosion	BLO				12-16						100-200					1 à 2	-7			<200
	-5						8-12			1/2 fonct			50-100					0,5 à 1	-5			100-200
décote	-3		BLS				4-8						10-50					0,2 à 0,5	-3			50-100
Cotes	-1	équil.					2-4						1-10					0,1 à 0,2	-1			10-50
(sauf	0	dyn	GAL	DAL			1-2			fonct			0			0						1-10
incision)	1	amique														1-10						0
	3		Gra													10-50						
	5															50-100						
	7		Sab													100-200						
	10	sédim.	fine													<200						

Annexe 3-5 : grille standard de cotation de l'hétérogénéité des tronçons

Trç	*Dév.*	*Sin.*	Nbfc/sq	*DivFc*	lX/Ln	hX/hn	Vn/Vx	D(St)	Nb(Strç)	LX/Ln	NbSylat	0,1*OBR	tot
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	111

Annexe 3-6 : grille standard de cotation de l'attractivité des tronçons

Trç	Lin. Cache	Sc Cche Pnd	Sc lat	Sc fraie1	NbFray	IAM/10	IAM/10	Score
	10	10	10	10	10	10	10	80
	Attractivité=2*(B+C)+Somme(DàH)							

Annexe 3-7 : grille standard de cotation de la connectivité des tronçons

Trç	Hb	Rp	Rp C.	Frg H	Frg H C	Dissip	LMOY/Lmin	NbSylat	Sclat	*Nb obst*	*Nb infr.*	*ScFrAm*	*ScFrAv*	Score
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	130
		Connectivité =4*B+somme(CàJ)+moy(KàN)												

Annexe 3-8 : grille standard de cotation de la stabilité des tronçons

Trç	S1	S2	Lmin/lét	LMOY/Lmin	Sc éros	h. Inc.	Sc.Brge	Sc séd		SC
T1										#DIV/0!
T2										#DIV/0!
T3										#DIV/0!
T4										#DIV/0!
T5										#DIV/0!
T6										#DIV/0!
T7										#DIV/0!
T8										#DIV/0!
T9										#DIV/0!
T10										#DIV/0!
T11										#DIV/0!
T12										#DIV/0!
T13										#DIV/0!
T14										#DIV/0!
T15										#DIV/0!
T16										#DIV/0!
T17										#DIV/0!
T18										#DIV/0!
T19										#DIV/0!
T20										#DIV/0!
T21										#DIV/0!
T22										#DIV/0!
T23										#DIV/0!
T24										#DIV/0!
min	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0		-60
max	10	10	0,0	0,0	0	0,0	0	10		40
	STAB= MOY(B-C)+SOMME(DàH)+3*I									

HETEROGENEITE

Rivière	Trç	Se -unité	Séquence de faciès	Nb séq nb	Périmètre m (avec bras)	Long ' axiale	Développt linéaire	SCORE	Sinuosité	SCORE	lin à sec m	nb fc nb	nb fc diff	SCORE	Dh/Fc S(lin.log(lin))	SCORE	Lmin m	L max m	b/lin	SCORE	H.min m	H. max m	Hx/Hn	SCORE
Les Grandes Rayes	0	0a	Méan	26	552	150	1,84	3	1,76	7	0	1	1	0	1	0	0,5	1	2,00	4	0,1	0,7	7,00	5
Les Grandes Rayes	0	0b	RAD	14	355	160	1,11	0	1,10	1	0	1	1	0	1	0	1	1,5	1,50	2	0,1	0,3	3,00	2
Bief Belin	1	1a	Méan	16	368	140	1,31	0	1,31	5	0		3	3	0,33	5	0,7	1,2	1,71	3	0,2	0,3	1,50	1
Bief Belin	1	1b	PLA/RAD	9	3099	1525	1,02	0	1,01	0	470	21	3	3	0,36	5	2,4	5,3	2,21	5	0,17	0,51	3,00	2
Drugeon	2		PLA/RAD	12	3001	1215	1,23	0	1,23	3	0	26	2	1	0,35	5	6	7,5	1,25	1	0,17	0,35	2,06	1
Drugeon	3	3a	PLA/RAD	19	3280	930	1,76	3	1,65	7	0	44	3	3	0,22	7	3,8	9	2,37	5	0,17	0,28	1,65	1
Drugeon	3	3b	MOU/PLA/RAD	25	5859	1655	1,77	3	1,32	5	0	74	4	5	0,22	7	5,4	8,6	1,59	3	0,25	0,51	2,04	1
Drugeon	4	4a	MOU/PLA/RAD	13	3231	1585	1,02	0	1,02	0	0	39	3	3	0,36	5	4,5	6,5	1,44	1	0,31	0,43	1,39	1
Drugeon	4	4b	PLA/RAD	12	1111	535	1,04	0	1,03	0	0	24	2	1	0,53	1	4,5	6	1,33	1	0,15	0,21	1,40	1
Drugeon	5		MOU/PLA/RAD	11	2144	615	1,74	3	1,73	7	233	28	3	3	0,3	5	4,3	7,3	1,70	3	0,27	0,45	1,67	1
Drugeon	6		PLA/RAD	15	3804	955	1,99	5	1,99	7	779	31	2	1	0,36	5	4,5	6,5	1,44	1	0,1	0,2	2,00	3
Drugeon	7		MOU/PLA/RAD	4	2360	1180	1,00	0	1,00	0	0	9	3	1	0,45	3	4	6	1,50	3	0,2	0,8	4,00	5
Drugeon	8	8b	MOU/PLA/RAD	9	3624	1336	1,43	1	1,21	3	0	31	4	5	0,23	7	3	8	2,67	5	0,1	0,6	6,00	5
Drugeon	8	8a	PLA/MOU/RAD	11	3740	1396	1,34	0	1,25	3	0	32	3	5	0,36	5	4	9	2,25	5	0,1	0,6	6,00	5
Drugeon	9	9a	PLA/RAD	3	1787	760	1,15	0	1,14	3	0	7	2	1	0,39	4	6	7	1,17	1	0,07	0,2	2,86	1
Drugeon	9	9b	MOU	29	4652	913	2,55	7	1,25	3	0	2	1	0	0,5	1	7	9	1,29	1	0,5	1,2	2,40	1
Drugeon	10		PLA/RAD	22	6538	2550	1,28	0	1,28	5	0	50	3	3	0,35	5	4	7	1,75	3	0,2	0,3	1,50	1

Rivière	Trç	Se -unité	V.min m/s	V. max m/s	Vx/Vn	SCORE	S1	S2	D(S)	SCORE	Nb de S1	SCORE	Lmin m	Lmax m	Lx/Ln	SCORE	nb Sy lat /Trç	nb Sy lat nb/seq	SCORE	OBR(%) %	SCORE	TOTAL /111
Les Grandes Rayes	0	0a	0,05	0,5	10	5	Gal	Chv	5	5	1	0	0,5	1,2	2,40	10	2	0,08	1	0	0	40
Les Grandes Rayes	0	0b	0,4	0,5	1	0	Gal	Gra	1	1	1	0	1	1,7	1,70	7	0	0,00	0	75	4	13
Bief Belin	1	1a	0,1	0,4	4	2	Gra	Gal	1	1	2	1	1	1,5	1,50	5	0	0,00	0	10	2	26
Bief Belin	1	1b	0,4	0,9	2	1	Gal	Gra	1	1	2	1	3	5,7	1,90	7	3	0,33	5	5	1	30
Drugeon	2		0,05	0,5	10	5	Gal	Hel	6	6	3	1	7,5	8,5	1,13	1	1	0,08	1	5	1	25
Drugeon	3	3a	0,05	0,8	16	7	Gal	Hyl	6	7	1	0	4,5	10,5	2,33	10	1	0,05	1	5	1	51
Drugeon	3	3b	0,05	0,5	10	5	Gal	Gra	1	1	7	5	6,2	9,1	1,47	5	4	0,16	3	5	1	43
Drugeon	4	4a	0,05	0,5	10	5	Gal	Gra	1	1	2	1	5	8	1,60	6	0	0,00	0	85	3	23
Drugeon	4	4b	0,05	0,8	16	7	Gal	Gra	1	1	1	0	4,5	7	1,56	5	0	0,00	0	85	3	17
Drugeon	5		0,05	0,6	12	6	Gal	Gra	1	1	2	1	6,5	9	1,38	3	0	0,00	0	5	1	33
Drugeon	6		0,05	0,4	8	4	Gal	Gra	1	1	2	1	6,5	7,7	1,18	1	1	0,07	1	75	4	30
Drugeon	7		0,1	0,5	5	3	Gra	hel	5	3	4	3	5	8	1,60	5	1	0,25	5	50	5	32
Drugeon	8	8a	0,05	0,5	10	5	Gra	Hyl	7	5	5	5	4	10	2,50	7	2	0,22	5	50	5	54
Drugeon	8	8b	0,2	0,6	3	2	Gra	Gal	1	1	3	1	6	7,5	1,25	3	1	0,09	1	50	5	32
Drugeon	9	9a	0,05	0,2	4	3	Gra	Hel	5	5	2	1	6	7	1,17	1	0	0,00	0	0	0	20
Drugeon	9	9b	0,05	0,1	2	1	Fin	Hel	2	1	2	1	7	9	1,29	3	2	0,07	1	0	0	20
Drugeon	10		0,1	0,8	8	4	Gal	Gra	1	1	3	1	5	7,5	1,50	5	2	0,09	1	0	0	29

ATTRACTIVITE

Rivière	Trç	Ss unité	linéaire m	Lin Che m	Lin Che %	SCORE	Sc Che Pond S(lin*sc)*100	SCORE	Sc lat S	Sc lat sc/seq	SCORE	Typ Fra 1 nat	SCORE	nb typ fra	SCORE	S1 nat	IAM/10	S2 nat	IAM/10	TOTAL /90
Les Grandes Rayes	0	0a	264	10	1,9	0	3,8	0	10	0,38	1	GAS	5	2	5	Gal	5	Chv	4	20
Les Grandes Rayes	0	0b	176	0	0,0	0	0,0	0	0	0,00	0	GAS	5	1	1	Gal	5	Gra	2	13
Bief Belin	1	1a	183	4	1,1	0	2,2	0	0	0,00	0	GRS	10	2	5	Gra	2	Gal	5	22
Bief Belin	1	1b	1546	12	0,4	0	0,8	0	11	1,22	5	GAS	5	2	5	Gal	5	Gra	2	22
Drugeon	2		1494	57	1,9	0	2,8	0	5	0,42	1	GAS	5	2	5	Gal	5	Fin	0	16
Drugeon	3	3a	1546	106	3,4	0	7,1	0	5	0,26	1	PRA	10	4	10	Gal	5	Hyi	8	34
Drugeon	3	3b	2187	118	2,7	0	3,6	0	20	0,80	3	PRA	10	4	10	Gal	5	Gra	2	30
Drugeon	4	4a	1610	330	10,2	2	19,3	2	0	0,00	0	GAS	5	3	10	Gal	5	Gra	2	30
Drugeon	4	4b	550	34	3,1	0	3,1	0	0	0,00	0	GAS	5	2	5	Gal	5	Gra	2	17
Drugeon	5		1065	57	2,7	0	5,4	0	0	0,00	0	GAS	5	2	5	Gal	5	Gra	2	17
Drugeon	6		1897	118	3,1	0	4,9	0	3	0,20	1	GAS	5	2	5	Gal	5	Gra	2	18
Drugeon	7		1184	10	0,0	0	1,0	0	1	0,25	1	GRS	10	3	10	Gra	5	hel	4	30
Drugeon	8	8a	1612	91	2,8	0	2,0	0	10	1,11	5	GRS	10	3	10	Gra	5	Hyi	8	38
Drugeon	8	8b	1750	26	0,7	0	2,2	0	1	0,09	1	GRS	10	2	5	Gra	2	Gal	5	23
Drugeon	9	9a	887	100	5,6	1	6,1	0	0	0,00	0	GRS	10	3	10	Gra	2	Hel	4	28
Drugeon	9	9b	1143	80	3,5	0	5,5	0	10	0,34	1	HER	5	2	5	Fin	0	Hel	4	15
Drugeon	10		3264	16	0,2	0	0,4	0	10	0,45	1	GAS	5	2	5	Gal	5	Gra	2	18

CONNECTIVITE

Rivière	Trç	Ss Unité	Hb m	Score	Rp %lin	Score	Rp c %lin	Score	frg H %lin	Score	Frg h c %lin	Score	dissip %lin	Score	Lmoy	Score	nb Sys lat / seq	Score	Sc lat / seq	Score	Nb obstacle / Trç	Score	Nb infranc / Trç	Score	Sc fran aM	Score	Sc fran aV	Score	Total /130
Grdes Rayes	0	0a	0,6	6	0	0	0	0	100	10	10	3	100	10	fonct	10	0,08	1	0,38	1	0	10	0	10	0	10	0	10	69
Grdes Rayes	0	0b	2	2	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	non fonct	0	0,00	0	0,00	0	0	10	0	10	0	10	0	10	18
Bief Belin	1	1a	0,9	5	15	5	1	1	85	10	25	5	90	10	fonct	10	0,00	0	0,00	0	0	10	0	10	0	10	0	10	71
Bief Belin	1	1b	0,78	5	10	4	1	1	90	10	10	3	0	0	non fonct	0	0,33	5	1,22	5	14+X	0	X	0	X	0	X	0	48
Drugeon	2		1,49	3	20	5	3	1	15	3	0	0	0	0	non fonct	0	0,08	1	0,42	1	1	7	0	10	0-2	7	0	10	32
Drugeon	3	3a	0,35	7	5	2	0	0	95	10	5	1	90	10	semi fonct	5	0,05	1	0,26	1	2	5	0	10	0	10	0	10	67
Drugeon	3	3b	0,37	7	5	2	0	0	95	10	5	1	90	10	fonct	10	0,16	3	0,80	3	0	10	0	10	0	10	0	10	77
Drugeon	4	4a	0,77	5	90	4	15	4	10	3	0	0	0	0	non fonct	0	0,00	0	0,00	0	0	10	0	10	0	10	0	10	41
Drugeon	4	4b	0,78	5	90	4	5	2	10	3	0	0	0	0	non fonct	0	0,00	0	0,00	0	0	10	0	10	0	10	0	10	39
Drugeon	5		0,91	5	15	5	2	1	25	5	0	0	0	0	non fonct	0	0,00	0	0,00	0	3	3	2	0	0	10	5	0	34
Drugeon	6		0,9	5	95	1	8	3	5	1	0	0	20	5	semi fonct	5	0,07	1	0,20	1	X	0	X	0	X	0	X	0	37
Drugeon	7		0,9	5	25	7	1	1	75	7	5	1	30	7	semi fonct	5	0,23	5	0,25	5	0	10	0	10	0	10	0	10	68
Drugeon	8	8a	0,4	7	50	10	2	1	50	7	50	7	100	10	fonct	10	0,23	5	1,11	5	1	7	0	10	0	10	0	10	92
Drugeon	8	8b	0,75	5	50	10	1	1	50	7	10	3	100	10	fonct	10	0,00	0	0,09	1	0	10	0	10	0	10	0	10	72
Drugeon	9	9a	0,78	5	25	7	2	1	75	8	50	7	30	7	non fonct	0	0,00	0	0,00	0	0	10	0	10	0	10	0	10	60
Drugeon	9	9b	0,5	7	2	1	0	0	98	10	100	10	100	10	fonct	10	0,07	1	0,34	1	1	7	0	10	0	10	1	0	78
Drugeon	10		0,66	5	2	1	2	1	98	10	25	5	90	10	fonct	10	0,09	1	0,45	1	2	5	1	1	5	0	0	10	63

STABILITE

Rivière	Trç	SS unité nb	S1 mine	score	S2 mine	score	Imin	Lmax	L/l	score	LMOY	score	Sc éros sc	score	Sc séd sc	score	h. inc. m	score	Sc.Brge sc	score	total
Grdes Rayes	0	0a	Gal	0	Gra	3	0,5	1,2	2,4	-1	fonct	0	9,47	-1	0	0	0	0	0	0	-1
Grdes Rayes	0	0b	Gal	0	Gra	3	1	1,7	1,7	0	non fonct	-10	0	0	0	0	0,3	-3	0	0	-12
Bief Belin	1	1a	Gra	3	Gal	0	0,7	1,5	2,1	-1	fonct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bief Belin	1	1b	Gal	0	Gra	3	2,4	5,7	2,4	-1	non fonct	-10	14,55	-3	0	0	0,2	-2	3,72	-1	-16
Drugeon	2		Gal	0	Fin	10	6	8,5	1,4	0	non fonct	-10	0	0	68,94	5	0	0	0	0	10
Drugeon	3	3a	Gal	0	Bls	-3	3,8	10,5	2,8	-1	semi fonct	-5	0	0	12,2	3	0	0	1,8	-1	1
Drugeon	3	3b	Gal	0	Gra	3	5,4	9,1	1,7	0	fonct	0	7,6	-1	98,4	5	0	0	20,1	-3	13
Drugeon	4	4a	Gal	0	Gra	3	4,5	8	1,8	0	non fonct	-10	0	0	0	0	0,3	-3	57,33	-5	-17
Drugeon	4	4b	Gal	0	Gra	3	4,5	7	1,6	0	non fonct	-10	0	0	0	0	0,3	-3	0	0	-12
Drugeon	5		Gal	0	Gra	3	4,3	9	2,1	-1	non fonct	-10	0	0	0	0	0	0	12,07	-3	-13
Drugeon	6		Gal	0	Gra	3	4,5	7,7	1,7	0	semi fonct	-5	0	0	0	0	0	0	0,79	-1	-5
Drugeon	7		Fin	10	Gra	3	4	8	2,0	-1	semi fonct	-5	2	-1	50	3	0	0	3,4	-3	6
Drugeon	8	8a	Gra	3	Dal	0	3	10	3,3	-1	fonct	0	1	-1	70	5	0	0	1	0	15
Drugeon	8	8b	Dal	0	Gal	0	4	12	3,0	-1	fonct	0	20	-7	25	1	0,2	-2	35	-5	-12
Drugeon	9	9a	Gra	3	Fin	10	6	7	1,2	0	non fonct	-10	0	0	124,68	7	0	0	0	0	18
Drugeon	9	9b	Fin	10	Fin	10	7	9	1,3	0	fonct	0	0	0	811,26	10	0	0	0	0	40
Drugeon	10		Gal	0	Gra	3	4	7,5	1,9	0	fonct	0	0	0	11,55	3	0	0	1,41	-1	10

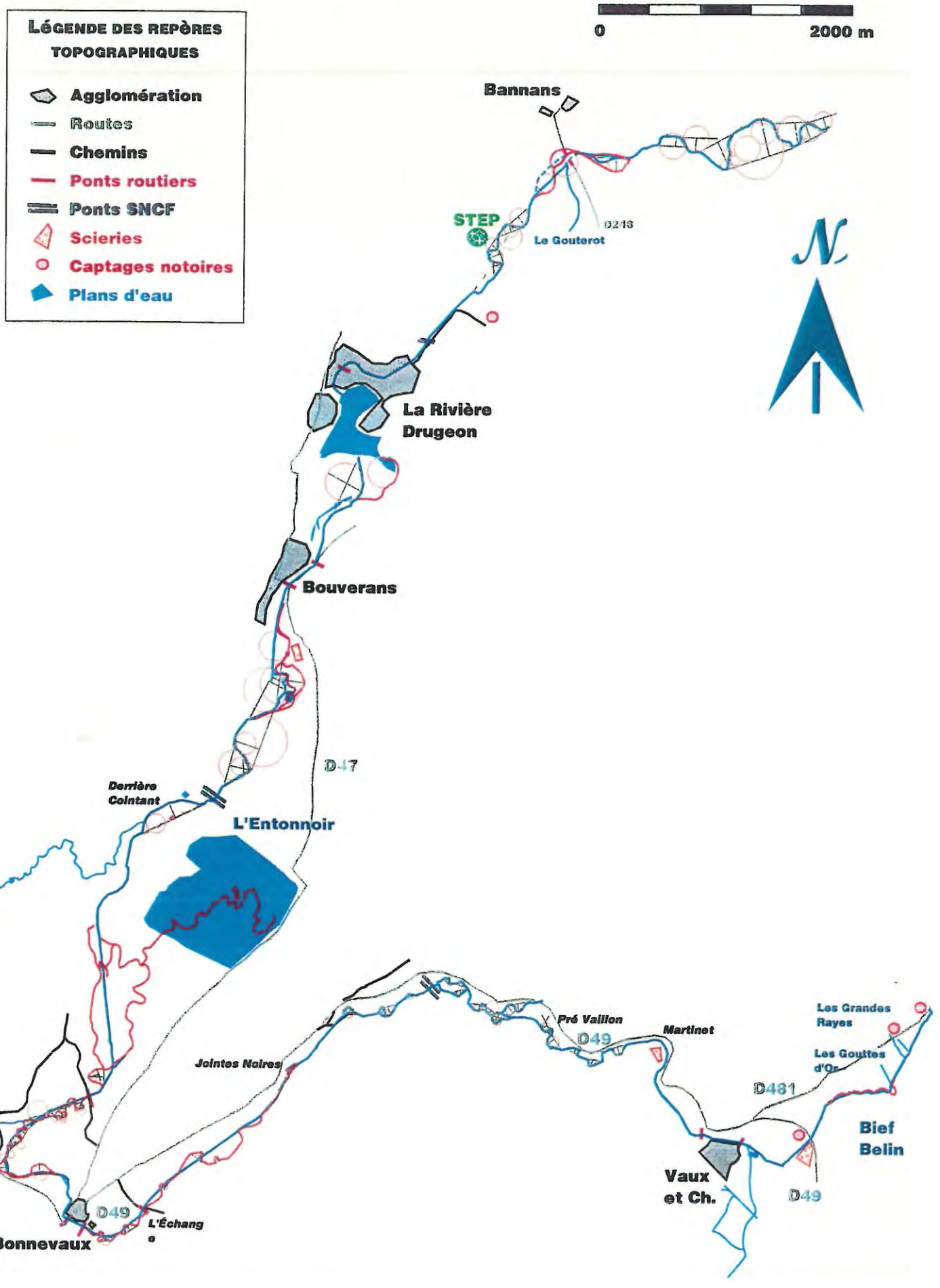
ANNEXE 4 : morphologie du Drugeon

Analyse graphique des tronçons du Drugeon

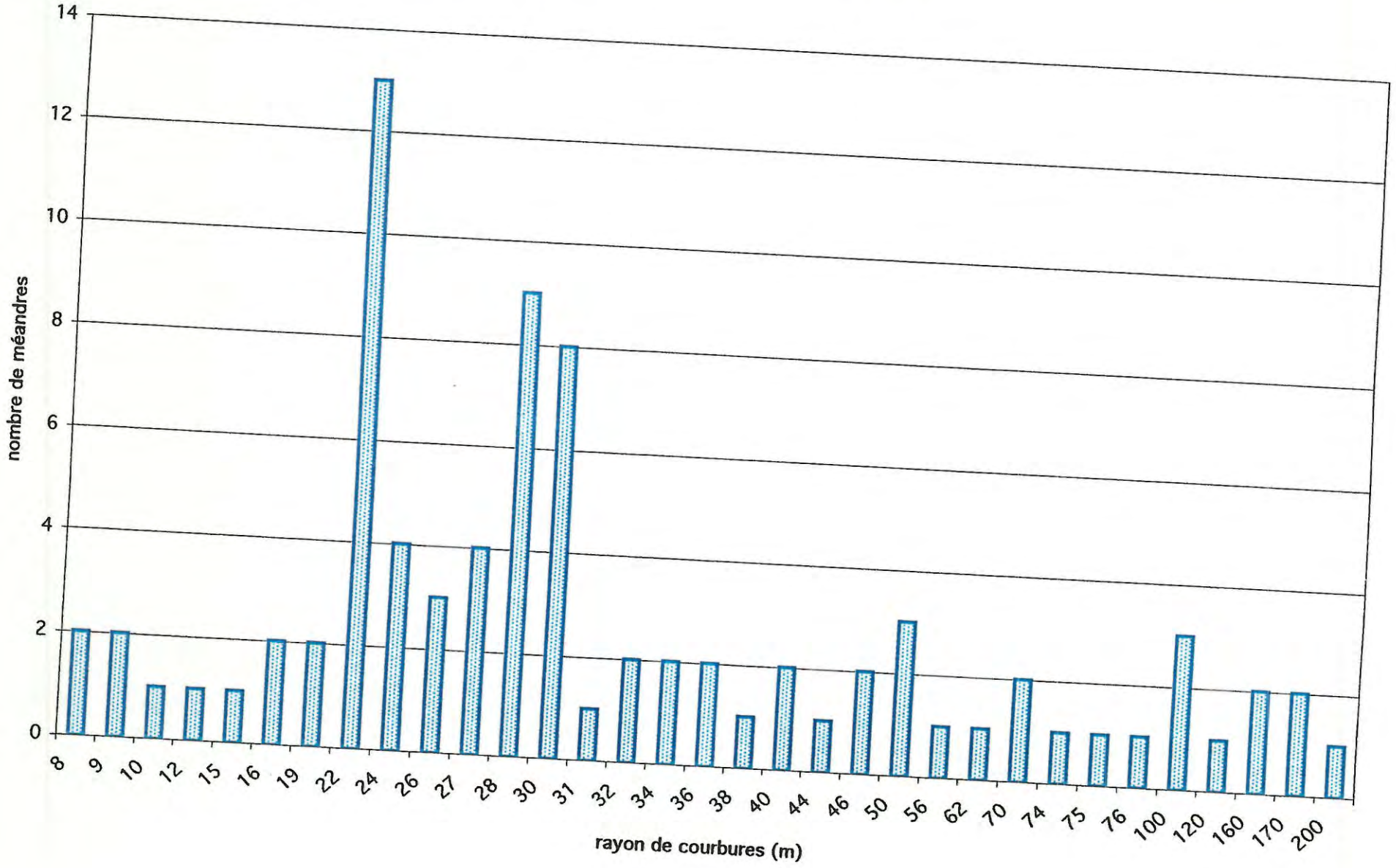
Histogramme de fréquence des différents rayons de courbures

Cartographie des bourrelets et diguettes ourlant le lit mineur

Annexe 4-1 : analyse graphique des méandres du Drugeon



Histogramme de fréquence des rayons de courbures des méandres sur le Drugeon



Annexe 4-3 : localisation des bourrelets, talus et digues rapprochée qui ourlent ponctuellement le Drugeon

