



**SAGE
ALLIER AVAL**

SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'ALLIER AVAL

COMPLEMENT ET MISE A JOUR DES CONNAISSANCES SUR LA DYNAMIQUE FLUVIALE DE L'ALLIER ENTRE VIEILLE BRIOUDE ET LE BEC D'ALLIER

**DIAGNOSTIC
JANVIER 2007**

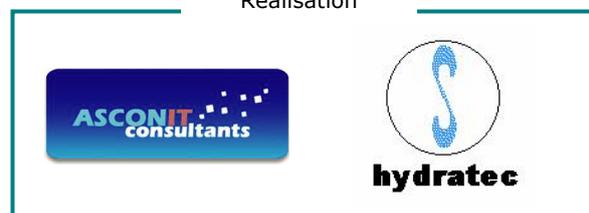
Maître
d'ouvrage



Partenaire
financier



Réalisation



SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| Introduction générale | 2 |
| 1.1 Objectifs de l'étude | 2 |
| 1.2 Le secteur d'étude | 2 |
| 1.3 Le cadre géologique | 3 |
| 1.4 La dynamique fluviale et son importance | 4 |
| 2 Méthodologie et données utilisées | 8 |
| 2.1 Méthodologie adoptée | 8 |
| 2.1.1 Tronçon Villeneuve – Bec d'Allier | 8 |
| 2.1.2 Tronçon Vieille-Brioude - Villeneuve | 8 |
| 2.2 Données utilisées | 9 |
| 2.2.1 Bibliographie | 9 |
| 2.2.2 Données cartographiées | 11 |
| 3 Diagnostic du fonctionnement historique et actuel de l'Allier | 13 |
| 3.1 Sectorisation de l'Allier par sous-tronçons | 13 |
| 3.2 Caractéristiques générales du lit de l'Allier | 13 |
| 3.2.1 Généralités | 13 |
| 3.2.2 Pente du lit | 14 |
| 3.2.3 Largeur des alluvions modernes | 14 |
| 3.2.4 Largeur du lit moyen ou bande active | 14 |
| 3.2.5 Longueur du lit moyen | 16 |
| 3.2.6 Coefficient de sinuosité | 17 |
| 3.2.7 Amplitude des sinuosités | 18 |
| 3.3 Un dysfonctionnement majeur : l'enfoncement du lit | 19 |
| 3.3.1 Processus d'incision du lit | 19 |
| 3.3.2 Profils en long disponibles | 20 |
| 3.3.3 Evolution verticale de Vieille-Brioude à Villeneuve | 21 |
| 3.3.4 Evolution verticale de Moulins au Bec d'Allier | 23 |
| 3.3.5 Synthèse sur l'incision du lit | 24 |
| 3.4 Erosion latérale | 25 |
| 3.4.1 Evolution générale entre 1945 et 2005 | 25 |
| 3.4.2 Comparaison avant et après 1983 | 26 |
| 3.4.3 Evolution récente depuis 1995 | 27 |
| 3.4.4 Synthèse sur l'érosion latérale | 28 |
| 3.5 Occupation des sols | 29 |
| 3.6 Contraintes anthropiques | 30 |
| 3.6.1 Les ponts | 30 |
| 3.6.2 Les protections de berge | 31 |
| 3.6.3 Les captages d'eau | 31 |
| 3.6.4 Les gravières | 32 |
| 3.7 Fonctionnement écologique | 33 |
| 4 Conclusions du diagnostic | 35 |

INTRODUCTION GENERALE

1.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

La **présente étude** s'inscrit dans le cadre de l'élaboration du Schéma d'aménagement et de Gestion des Eaux de l'Allier Aval.

Elle vise à actualiser et compléter les résultats d'une précédente étude réalisée par le cabinet EPTEAU en 1998 sur la dynamique fluviale de l'Allier entre Vieille-Brioude (Haute Loire) et Villeneuve (Allier).

Il s'agit de disposer d'un diagnostic complet, homogène et à jour du fonctionnement morphodynamique de la rivière sur l'ensemble du périmètre du SAGE, de Vieille Brioude jusqu'au Bec d'Allier.

L'étude propose également des orientations de gestion sur l'ensemble de ce linéaire. Cependant, dans le but de faciliter le travail de la Commission Locale de l'Eau au stade de l'élaboration de l'état des lieux du SAGE, seul le diagnostic est présenté ici. La stratégie de gestion de la dynamique fluviale de l'Allier devra être abordée dans les phases ultérieures du SAGE, les propositions de gestion ne sont donc pas incluses dans ce rapport.

1.2 LE SECTEUR D'ETUDE

La zone d'étude s'étend de la sortie des gorges de l'Allier à Vieille Brioude jusqu'à la confluence avec la Loire, soit environ 260 kilomètres sur les 425 km du cours total. Elle concerne 5 départements :

- la Haute-Loire (43), qui comprend environ 23 km du cours de l'Allier,
- le Puy de Dôme (63) qui en compte environ 103,
- l'Allier (03) : 93 km en totalité + 22 km en rive gauche limitrophes avec la Nièvre,
- la Nièvre (58) : 42 km en rive droite, limitrophes avec l'Allier et le Cher,
- le Cher (18) : 20 km en rive gauche, limitrophes avec la Nièvre.

Le bassin versant de l'Allier à Vieille Brioude est de 2 269 km², 14 310 km² au Bec d'Allier.

1.3 LE CADRE GEOLOGIQUE

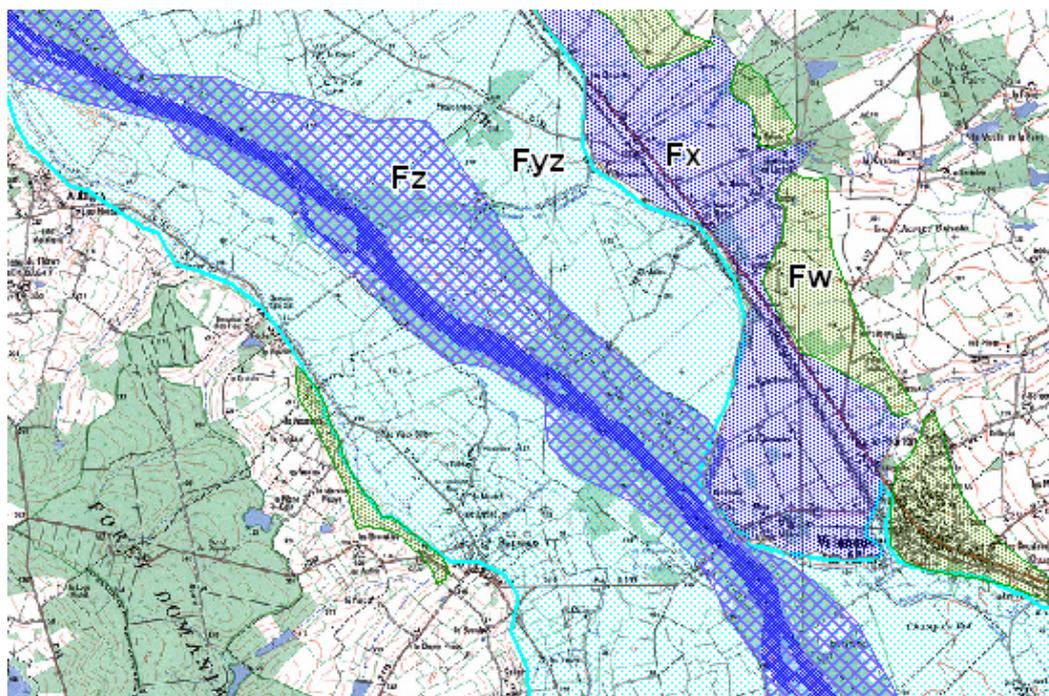
Le secteur d'étude s'étend, pour l'essentiel, dans deux bassins d'effondrement formés lors du soulèvement du Massif Central par la poussée des Alpes : la petite Limagne de Brioude et la grande Limagne en aval de Clermont. Ces deux fossés sont séparés par le horst (= compartiment resté haut) granitique de St-Yvoine.

Le substratum sous-fluvial est ainsi principalement constitué de sédiments (argiles et calcaires marneux) ayant partiellement comblé les fossés d'effondrement à l'époque oligocène (tertiaire), mais aussi, localement, de roches dures (terrains houillers, socle hercynien).

On distinguera le secteur à l'aval du Veurdre, où le substratum est constitué par la terminaison sud du Bassin Parisien (terrains sédimentaires mésozoïques).

L'Allier évolue quant à lui, sur le secteur d'étude, essentiellement sur des alluvions récentes ou anciennes (époque quaternaire), hormis dans les zones où le substratum est affleurant. Parmi les alluvions, on distingue :

- Les alluvions modernes Fz, mises en place après la glaciation du Würm, c'est-à-dire depuis 10 000 à 20 000 ans.
- Des alluvions intermédiaires Fyz
- Les alluvions Fy würmiennes (-75 000 à -20 000 ans) qui forment une première terrasse ;
- Une basse terrasse d'alluvions Fx (dépôts rissiens de -180 000 à -100 000 ans)
- Une moyenne terrasse d'alluvions Fw (dépôts mindeliens)
- Une haute terrasse d'alluvions Fv (dépôts anté-mindeliens, avant -400 000 ans).



Exemple d'emboîtement des terrasses alluviales de l'Allier
(Villeneuve-sur-Allier)

Notons en outre que le fonctionnement de l'Allier révèle encore les traces de la période dite du « petit âge glaciaire », période climatique froide survenue en Europe de 1550 à 1850 environ, pour laquelle les débits solides et liquides ont probablement été plus élevés qu'aujourd'hui.

Ceci se traduit par un fonctionnement en tresse de l'Allier encore actif sur la majorité de son linéaire au XIX^e siècle, avec un passage progressif vers un style méandrique (le secteur à l'aval de Villeneuve étant toujours de type « en tresses »). Ce réajustement apparaît encore en cours aujourd'hui.

1.4 LA DYNAMIQUE FLUVIALE ET SON IMPORTANCE

⇒ Principe de l'équilibre dynamique

Tout écoulement d'eau dispose d'une certaine énergie liée à sa vitesse et exerce une contrainte mécanique sur son support (le fond et les berges pour un cours d'eau par exemple). L'énergie des rivières est ainsi partiellement utilisée pour éroder et transporter les sédiments de l'amont vers l'aval.

Ainsi au débit liquide de la rivière correspond un « **débit solide** » qui correspond au volume de matériaux transporté par le cours d'eau par unité de temps. La **capacité de transport solide** de la rivière est fonction notamment :

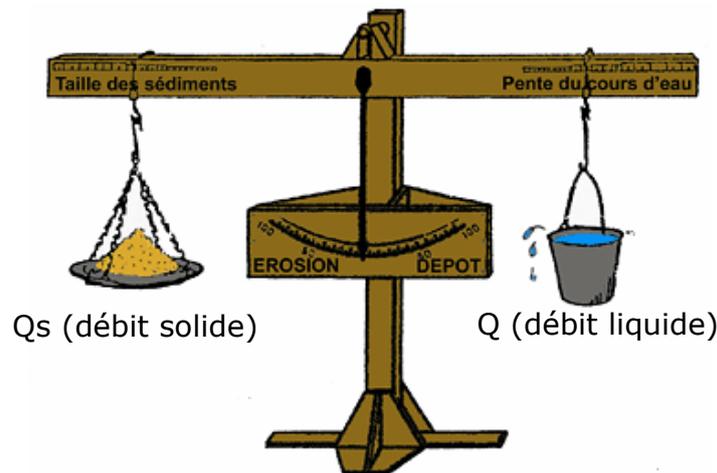
- du débit liquide Q ,
- de la pente du cours d'eau,
- des caractéristiques des sédiments du lit et des berges,
- des caractéristiques de l'écoulement (largeur, hauteur, vitesse).

Cette capacité varie ainsi naturellement le long du cours d'eau, en fonction des apports des affluents, de la pente et des terrains traversés. Le débit solide s'ajuste quant à lui de façon à être au plus proche de la capacité de transport de la rivière :

- lorsque celle-ci diminue, les matériaux transportés se déposent ;
- lorsque la capacité de transport augmente, le cours d'eau tend à éroder le fond du lit et/ou les berges.

En outre, le débit liquide et le débit solide varient dans le temps, dans des proportions très variables, depuis la période climatique de plusieurs millénaires jusqu'à l'orage de quelques heures.

Ces variations impliquent un ajustement perpétuel de la géométrie en long, en plan et en travers du cours d'eau par le jeu de l'érosion et du dépôt des matériaux afin d'établir un équilibre dynamique. Ce jeu de processus, qui modèle la morphologie du cours d'eau et le paysage, constitue la **dynamique fluviale**.



Principe de l'équilibre dynamique

(Source JR MALAVOI, d'après River Banks Erosion US Army Corps of Engineers, 1985)

En fonction de l'importance relative du débit liquide et du transport solide, différents « styles fluviaux » peuvent se mettre en place. On citera notamment :

- le style sinueux ou méandrique : le lit mineur a dans ce cas une longueur beaucoup plus importante que la vallée elle-même, du fait des sinuosités qu'il parcourt. Ces méandres peuvent être relativement stables, ou se déplacer progressivement voire être recoupés lors d'une évolution rapide.
- le style « en tresses » : le cours d'eau est dans ce cas relativement rectiligne mais caractérisé par des chenaux multiples divergents et convergents, fréquemment modifiés en plan et en taille.

Les phénomènes d'érosion, de dépôt des sédiments, d'exhaussement ou d'enfoncement ponctuel du lit sont donc naturels et témoignent de la dynamique du cours d'eau. Les déplacements latéraux permettent quant à eux le renouvellement de la mosaïque des milieux naturels proches du lit et donc une grande richesse écologique.

La dynamique fluviale correspond donc à une oscillation permanente des caractéristiques du lit, à une échelle de temps plus ou moins grande, autour de conditions moyennes.

Aussi l'apparition d'une tendance constante dans l'évolution des caractéristiques géométriques du cours d'eau (enfoncement du lit par exemple) est-elle révélatrice d'un déséquilibre dans le fonctionnement du cours d'eau, voire d'un dysfonctionnement du système.

La question fondamentale est d'identifier le seuil à partir duquel ces modifications géométriques ne sont plus liées au processus d'équilibre mais deviennent des indicateurs de dysfonctionnements du système (Epteau, 1998).

➤ Une dynamique fluviale garante de la qualité des écosystèmes

La dynamique de la rivière conditionne la présence et le renouvellement d'une mosaïque de milieux naturels et d'une grande richesse écologique. Le val d'Allier est d'ailleurs concerné, sur l'ensemble de son cours en aval de Vieille Brioude, par des sites Natura 2000.

La dynamique fluviale joue également un rôle majeur dans la préservation de la nappe alluviale, en quantité et qualité. Cette nappe constitue pour les collectivités du territoire du SAGE, la principale ressource en eau potable et représente environ 60 % des prélèvements pour l'AEP.

La mobilité de la rivière permet en effet :

- à long terme, de renouveler les alluvions qui filtrent l'eau et donc de conserver une eau pompée de bonne qualité ;
- de maintenir par leur renouvellement une bonne qualité des milieux écologiques, qui ont également une influence sur la qualité de l'eau ;
- la recharge du fond du lit par les alluvions érodées et évite ainsi l'enfoncement du lit et donc de la nappe alluviale.

➤ Des dysfonctionnements sur l'Allier

L'Allier montre des signes de dysfonctionnements, notamment une stabilisation de ses berges et un enfoncement préoccupant de son lit. L'étude « EPTEAU » réalisée en 1998 a permis d'estimer quantitativement ces phénomènes ; le présent rapport en fait la mise à jour.

L'incision marquée du lit de la rivière est le résultat des extractions d'alluvions et des enrochements de berges réalisés. Les carrières constituent en effet de véritables pièges à sédiments qui privent la rivière d'une partie de son débit solide entraînant ainsi une érosion du fond du lit par une rivière toujours à la recherche de son équilibre (débit solide / débit liquide). De la même façon, lorsque ses berges sont enrochées, la rivière ne peut plus les éroder pour se recharger en sédiments, elle érode alors le fond de son lit.

L'enfoncement du lit de la rivière engendre différents désordres :

- déconnexion de bras mort,
- banalisation des milieux naturels, de la végétation alluviale et de la faune associée,
- réduction de la section d'écoulement en crue et concentration des débits de crue dans le lit mineur, d'où une augmentation des risques d'inondation à l'aval,
- déchaussement d'ouvrages d'art pouvant avoir des conséquences financières importantes,
- abaissement des nappes phréatiques, baisse de productivité des captages d'eau potable et diminution du soutien naturel de l'étiage,
- diminution du pouvoir auto-épurateur de la rivière, faute d'étalement du courant et par disparition de l'étendue et de la variété des faciès aquatiques où s'effectue l'auto-épuration.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établissant un cadre nouveau pour la politique communautaire dans le domaine de l'eau, l'axe Allier de Vieille Brioude au Bec d'Allier a été découpé en 5 masses d'eau :

- RG 142b : l'Allier de la confluence de la Senouire à la confluence avec l'Auzon
- RG 143a : l'Allier de la confluence de l'Auzon jusqu'à Vichy
- RG 143b : l'Allier depuis Vichy jusqu'à sa confluence avec la Sioule
- RG 144a : l'Allier depuis la confluence avec la Sioule jusqu'à Livry
- RG 144b : l'Allier depuis Livry jusqu'à la confluence avec la Loire.

Pour chacune de ces masses d'eau, la probabilité d'atteindre le bon état écologique en 2015 a été évaluée : pour les quatre premières, il est estimé que des délais / actions supplémentaires seront nécessaires pour atteindre l'objectif fixé par la DCE ; pour la dernière masse d'eau, l'atteinte de l'objectif reste incertain (« doute »). La morphologie est le principal paramètre déclassant.

Il apparaît donc nécessaire de préciser les conditions de fonctionnement de la dynamique fluviale de la rivière, et de réfléchir à la définition de mesures de sauvegarde pour rétablir l'équilibre du cours d'eau.

2 METHODOLOGIE ET DONNEES UTILISEES

2.1 METHODOLOGIE ADOPTEE

2.1.1 TRONÇON VILLENEUVE – BEC D'ALLIER

Pour étudier le secteur aval non couvert par l'étude EPTEAU, une méthodologie similaire à celle utilisée par EPTEAU entre Vieille-Brioude et Villeneuve a été mise en œuvre.

Le diagnostic du fonctionnement historique et actuel de l'Allier est effectué à partir des éléments suivants :

- La cartographie de l'évolution historique du lit de l'Allier,
 - Détermination des zones de mobilité active,
 - Mesures des paramètres géomorphologiques : largeur, longueur, sinuosité du lit, largeur des alluvions modernes, taux d'érosion latérale (et analyse de leur évolution spatio-temporelle), qui permettront d'analyser l'évolution potentielle du cours d'eau sans mesure de gestion particulière,
- L'analyse des profils en long, pour rechercher les zones d'évolution et l'intensité des modifications observées (incision, exhaussement du lit),

Ce diagnostic permet de délimiter l'espace de mobilité maximal de l'Allier, correspondant généralement à l'ensemble du fond de vallée constitué de matériaux érodables, soit sensiblement l'espace balayé par la rivière à l'échelle des derniers milliers d'années.

Le diagnostic est complété par la cartographie des différentes contraintes anthropiques limitant ou pouvant limiter la mobilité de l'Allier : protections de berges et ouvrages hydrauliques existants, captages d'eau potable, zones urbaines, infrastructures de transport...

2.1.2 TRONÇON VIEILLE-BRIOUDE - VILLENEUVE

Sur le tronçon Vieille-Brioude et Villeneuve, les résultats de l'étude EPTEAU ont été mis à jour :

- Cartographie de la position du lit en 2005 et comparaison avec les tracés précédents ;
- Mise à jour cartographique de l'occupation des sols et des contraintes anthropiques ;
- Analyse des profils en long récents pour mettre à jour les conclusions sur l'incision du lit ;

- Mise à jour des différents paramètres géomorphologiques pour le lit de 2005 et des conclusions.

2.2 DONNEES UTILISEES

2.2.1 BIBLIOGRAPHIE

Les éléments bibliographiques suivants ont été pris en compte dans le cadre de cette étude.

2.2.1.1 Etudes Epteau et associés à mettre à jour

Etude de l'Allier entre Vieille-Brioude et Villeneuve, DIREN Auvergne, Agence de l'Eau Loire Bretagne, Epteau, Horizons-CEPA-LPO, 1998.

Evaluation du coût des zones potentiellement mobilisables par l'Allier sur une période de 50 ans, secteur Vieille Brioude / Villeneuve, DIREN de bassin Loire Bretagne, J. R. Malavoi, complément de l'étude précédente.

Val d'Allier, restauration d'un espace de liberté, Prise en compte des captages d'eau potable, DIREN Auvergne, Horizons, 1997.

Etude des besoins en eau des milieux naturels dans la vallée de l'Allier, EPALA, ADER Auvergne, LPO Auvergne, Epteau, 1995.

Etude Epteau antérieure, sur l'évaluation de la gestion du barrage de Naussac, pour garantir un fonctionnement correct de l'hydrosystème Allier. Détermination des tronçons homogènes utilisés par la suite, dans l'étude de 1998, et premiers éléments de caractérisation du lit de l'Allier.

2.2.1.2 Informations sur l'espace de liberté de l'Allier

Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau, Guide technique n°2, Bassin Rhône Méditerranée Corse, 1998.

Guide méthodologique décrivant la délimitation des différents espaces de mobilité d'un cours d'eau (espace de mobilité maximal, fonctionnel, minimal).

Etude de l'espace de liberté de l'Allier entre Varennes-sur-Allier et Moulins, Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne (Pascal Danneels), Julien Saillard, rapport de stage de maîtrise de Sciences et Techniques d'Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux, 1998.

Potentialités physiques de divagation du lit de l'Allier entre Varennes-sur-Allier et Moulins et contraintes anthropiques.

2.2.1.3 Description – gestion – restauration de la dynamique fluviale

La dynamique fluviale : érosion, sédimentation, morphodynamisme - Jean-René MALAVOI - Exposé réalisé lors de la journée « la dynamique fluviale rivière Allier » le 23 septembre 1993 à Maringues organisée par la DIREN Auvergne et la LPO

CEPA – www.riviere-allier.com

L'Allier alluvial, recueil des documents sur la gestion - restauration de la dynamique fluviale, Fédération de la Région auvergne pour la Nature et l'Environnement, 1995 – 1999.

Fondements et objectifs généraux d'une restauration de la dynamique fluviale de l'Allier, cartographie de Brioude à Villeneuve (réutilisé par Epteau, 1998), description tronçon par tronçon du cours d'eau, propositions d'intervention pour le long terme.

Rivière Allier, Revue Nature Vivante, Société pour l'Etude et la Protection de la Nature dans le Massif Central, Fédération de la Région Auvergne pour la Nature et l'Environnement, 1982.

Description du capital naturel que représente la rivière Allier ; atteintes et menaces au site, propositions de protection et de gestion des zones inondables.

L'Allier de Vichy à Moulins : vers une meilleure compréhension de sa dynamique fluviale, Agence de l'Eau Loire Bretagne, Service de Bassin Loire Bretagne Orléans, Institut de Géographie – Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, Alexis Mercier, Rapport de stage, 1995.

Rappel des mécanismes de la dynamique fluviale, étude des variations problématique du lit de l'Allier, de Vichy à Moulins, possibilités de gestion.

2.2.1.4 Evolution du lit de l'Allier

Etude hydraulique du cours inférieur de l'Allier, entre Moulins et le Bec d'Allier, Direction Départementale de l'équipement de la Nièvre, Service de l'hydrologie et des voies navigables, Sogreah, 1984.

Hydrologie de l'Allier, conditions d'écoulement actuelles, évolution du lit (variation en altitude et en plan), problèmes posés et mesures correctives, entre Moulins et le Bec d'Allier.

Etude des variations morphologiques du lit de l'Allier, département de l'Allier, Ministère de l'Urbanisme et du Logement, Ministère de l'Industrie, Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement de Lyon, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 1978 (date incertaine).

Part des extractions alluvionnaires dans les variations morphologiques de l'Allier dans le département de l'Allier.

Rivière Allier, Etude des érosions et de la divagation entre Vieille Brioude et Vezoux, Ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et du Tourisme, Direction Départementale de l'Equipement Haute-Loire, 1997.

Visite des berges de l'Allier, entre Vieille Brioude et Vezezoux, sites d'érosion et de divagation potentielle (une fiche technique par site).

2.2.1.5 Suivi et aspects juridiques

Elaboration d'une démarche de suivi pluridisciplinaire de l'Allier, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, JR Malavoi, 1999.

Définition des protocoles à mettre en œuvre pour un suivi pluri-thématique de l'évolution de l'Allier et des milieux associés.

Etude juridique des problèmes posés par l'érosion, en relation avec la divagation de la Loire et de l'Allier, DIREN Centre, service de Bassin Loire Bretagne, Société Française pour le Droit de l'Environnement, Véronique Gervasoni, Jean Untermaier, 1999.

Solutions permettant de dédommager les propriétaires et exploitants des terres érodables riveraines de la Loire et de l'Allier, Instruments au service d'une gestion rationnelle de l'espace de liberté des cours d'eau.

2.2.2 DONNEES CARTOGRAPHIQUES

Un travail de collecte de données a été fourni afin de pouvoir cartographier les zones de mobilité de l'Allier, les zones d'intérêt écologique et les contraintes anthropiques.

Sur la partie à l'amont de Villeneuve, le Système d'Information Géographique (SIG) construit par EPTEAU en 1998 a été repris, mis à jour et complété en fonction des évolutions récentes. Sur la partie à l'aval de Villeneuve, la cartographie a été entièrement réalisée à partir des données collectées auprès des différents organismes contactés.

Le tableau ci-dessous synthétise les sources de ces données.

| Mobilité de l'Allier | |
|---|--|
| Tracés des lits de l'Allier à différentes époques | Carte de Cassini (pour information) Cartes d'Etat-Major (1878-1884) Photographies aériennes : IGN 1945-49, Système d'Information des Evolutions du Lit de la Loire et de ses principaux affluents - SIEL 1983, 2005 |
| Tracé des alluvions modernes | Epteau + carte géologique |
| Zones inondables (crue de 1866 ou 1856 suivant le secteur) | Epteau + DDE 03, DDE 58 |
| Affleurements marneux | Epteau, CEPA, DDE |
| Zones écologiques | |
| ZNIEFF, Zones Natura 2000 Espaces Naturels Sensibles | DIREN Auvergne, Centre, Bourgogne Conseils Généraux 43, 63, 03, 58, 18 |
| Contraintes anthropiques | |
| Captages AEP | DDASS 43, 63, 03, 58, 18 |
| Prises d'irrigation | Chambres d'Agriculture 43, 63, 03, 58, 18 |
| Carrières | DRIRE Auvergne, Centre, Bourgogne |
| Enrochements, protections de berges | Epteau (inventaire terrain CEPA 1998), DDE 43, DDE 63 (pas de modifications depuis l'étude Epteau), DDE 03 (mise à jour cartographie Epteau et complément aval), DDE 58 (complément aval) |
| Ouvrages hydrauliques, barrages et seuils | Agence de l'Eau Loire Bretagne (base de données « obstacles ») |
| Occupation des sols | Corine Land Cover 2000 |

En outre ont été analysés les profils en long disponibles de l'Allier : ceux déjà rassemblés par EPTEAU, ainsi que, à l'aval de Villeneuve, les lignes d'eau à l'étiage de 1930 (IGN) ; pour les données plus récentes, des profils en long levés à l'étiage en 1989, 1991, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, et en crue en 1992 et 2003 (données DIREN Centre).

3 DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT HISTORIQUE ET ACTUEL DE L'ALLIER

3.1 SECTORISATION DE L'ALLIER PAR SOUS-TRONÇONS

Dans l'objectif d'apprécier la variété de physionomie et de fonctionnement morphodynamique de l'Allier, puis de définir des logiques d'aménagement adaptées, le cours de l'Allier a été divisé par Epteau (1995) en tronçons et sous-tronçons sur des critères géologiques, morphologiques et hydrologiques.

A un niveau très global, l'Allier peut être découpé en deux grandes unités :

- l'Allier montagnard, des sources à Pont du Château (soit 240 km) ;
- l'Allier des plaines, de Pont du Château à la confluence avec la Loire (soit 185 km).

Epteau note que les caractéristiques du bassin entre Vieille-Brioude et Issoire tranchent assez nettement, d'un point de vue physique et socio-économique, avec le reste du haut bassin, et que l'unité montagnarde peut donc être coupée en deux. Cette limite correspond d'ailleurs à celle entre le SAGE Haut Allier et le SAGE Allier Aval.

Ont ensuite été identifiés 12 tronçons homogènes, dont 3 sont situés à l'amont de Vieille Brioude et donc hors du champ de notre étude. Le linéaire de l'Allier étudié entre Vieille Brioude et le Bec d'Allier (260 kilomètres) est donc découpé en 9 tronçons homogènes (IV à XII) eux-mêmes découpés en sous-tronçons en fonction de la densité des contraintes anthropiques les touchant (Epteau, 1998) (**Figure 1**).

3.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU LIT DE L'ALLIER

3.2.1 GENERALITES

La rivière Allier, en aval de Vieille Brioude, se caractérise par une dynamique encore importante.

La rivière présente un style fluvial sinueux sur 220 kilomètres environ entre Vieille Brioude et Villeneuve sur Allier. Ce style est assez récent puisque certains secteurs présentaient au 19^{ème} siècle un style en tresses : l'Allier passe donc progressivement d'un style en tresse au style sinueux (Epteau, 1998).

A partir de Villeneuve et jusqu'à sa confluence avec la Loire, l'Allier adopte cet autre style morphologique, le tressage, caractérisé par des chenaux multiples dans un lit moyen assez rectiligne.

3.2.2 PENTE DU LIT

La pente générale du lit de l'Allier est déterminée à partir des courbes de niveau des cartes IGN au 1/25000^{ème} (**Figure 2**). Les trois premiers tronçons étudiés (IV, V, VI), qui correspondent à la fin de l'unité montagnarde, présentent une pente moyenne relativement forte (1.5 à 1.3‰). La pente moyenne se réduit ensuite légèrement dans le tronçon VI (1.07‰), pour atteindre 0.8‰ après la confluence avec la Dore (tronçons VIII et IX). A l'aval de la confluence avec la Sioule, la pente moyenne diminue encore, pour passer à moins de 0.7‰, et reste relativement constante sur les trois derniers tronçons (X, XI, XII).

Cette première analyse cache des hétérogénéités, visibles sur la **figure 3**, qui représente l'évolution de la pente partielle du lit, calculée entre deux courbes de niveau consécutives. Sous la tendance générale de diminution de la pente de l'amont vers l'aval, les alternances brusques de valeurs de pente sont fréquentes, notamment sur les tronçons IV et XII. Dans ce dernier, la pente se raidit à l'approche de la Loire, le lit est tenu par des seuils (ex. pont SNCF d'Apremont, pont Guétin).

3.2.3 LARGEUR DES ALLUVIONS MODERNES

La bande des alluvions modernes (Fz et Fyz) correspond à l'espace potentiellement mobilisable par l'Allier. La largeur de cette bande est calculée au droit des PK mesurés depuis le pont de Vieille Brioude.

L'évolution amont-aval de ce paramètre, représentée **figure 4**, révèle une grande variabilité, marquée par des rétrécissements brutaux liés à des contraintes latérales : affleurements rocheux ou terrasses plus anciennes (Tronçon IV : Auzon, Saut du Loup, V : traversée du horst de St-Yvoine, VI-VII : Pont du Château, VIII : amont de Vichy, XI : le Veurdre, XII : Apremont-sur-Allier – Trémigny).

La largeur des alluvions Fyz (les plus anciennes des alluvions modernes) est relativement importante en amont du horst de St-Yvoine (1300 m en moyenne, **figure 5**), malgré un rétrécissement net entre Auzon et le Breuil. Elle se réduit ensuite dans les tronçons V (230 m) et VI (880 m), pour augmenter dès l'entrée définitive en grande Limagne (entre 1700 m, tronçon VIII, et 2700 m, tronçon IX) (1500 m et 2600 m respectivement selon Epteau – l'origine de ces valeurs n'est pas connue).

La largeur des alluvions récentes Fz n'est pas corrélée à celle des alluvions Fyz. En dehors du rétrécissement au droit de St-Yvoine (130 m sur le tronçon V), la largeur Fz reste comprise entre 450 et 1000 mètres jusqu'au tronçon XI. Elle augmente sur le dernier tronçon, atteignant 1650 mètres.

3.2.4 LARGEUR DU LIT MOYEN OU BANDE ACTIVE

Il s'agit de la portion du lit non ou faiblement végétalisée. Lorsqu'une île est présente, la largeur mesurée ne concerne que les bras l'entourant.

La largeur a été calculée tous les kilomètres entre Vieille-Brioude et le Bec d'Allier, à partir des photographies aériennes de 2005. Le même travail a été réalisé pour 1945-1949 (suivant les photographies disponibles : 1945 à l'amont de Villeneuve, 1949 à l'aval) et 1983.

3.2.4.1 Etat actuel

En ce qui concerne l'état actuel (2005, cf. **figure 6**), une dichotomie apparaît entre l'amont et l'aval de la confluence avec la Dore. En amont de la Dore (tronçons IV à VII), le lit moyen présente une largeur de l'ordre de 65 mètres, relativement homogène (variant de 30 à 170 m, avec un écart-type de 25 m).

La Dore fait s'accroître la largeur moyenne (110 m pour les tronçons VIII et IX, écart-type de 45 m), avec des alternances marquées entre des segments étroits (50 m) et larges (240 m).

La Sioule contribue à un nouveau changement notable avec un accroissement de l'ordre de 60 m de largeur moyenne (moyenne 170 m, écart type 90 m). Certains segments présentent des valeurs supérieures à 400 m.

Par rapport aux valeurs données par EPTEAU (1998), on constate une réduction notable de cette largeur (jusqu'à 20%). Cette réduction est probablement partiellement liée à des différences de méthode de calcul (dessin du lit moyen à partir des photographies, calcul automatique de la largeur du lit), même si une réduction réelle de la largeur du lit est probable (voir 3.2.4.2).

A l'aval de Villeneuve, la largeur du lit rétrécit légèrement (150 m pour le tronçon XI), avant de retrouver une valeur de 170 m sur le dernier tronçon (XII). Le changement notable sur ces deux derniers tronçons est la faible variabilité des largeurs de lit calculées vis-à-vis des valeurs moyennes (écart-type de 30 m). Ceci est lié au passage à un lit en tresses à partir de Villeneuve, dont le tracé, assez rectiligne, reste stable dans son ensemble.

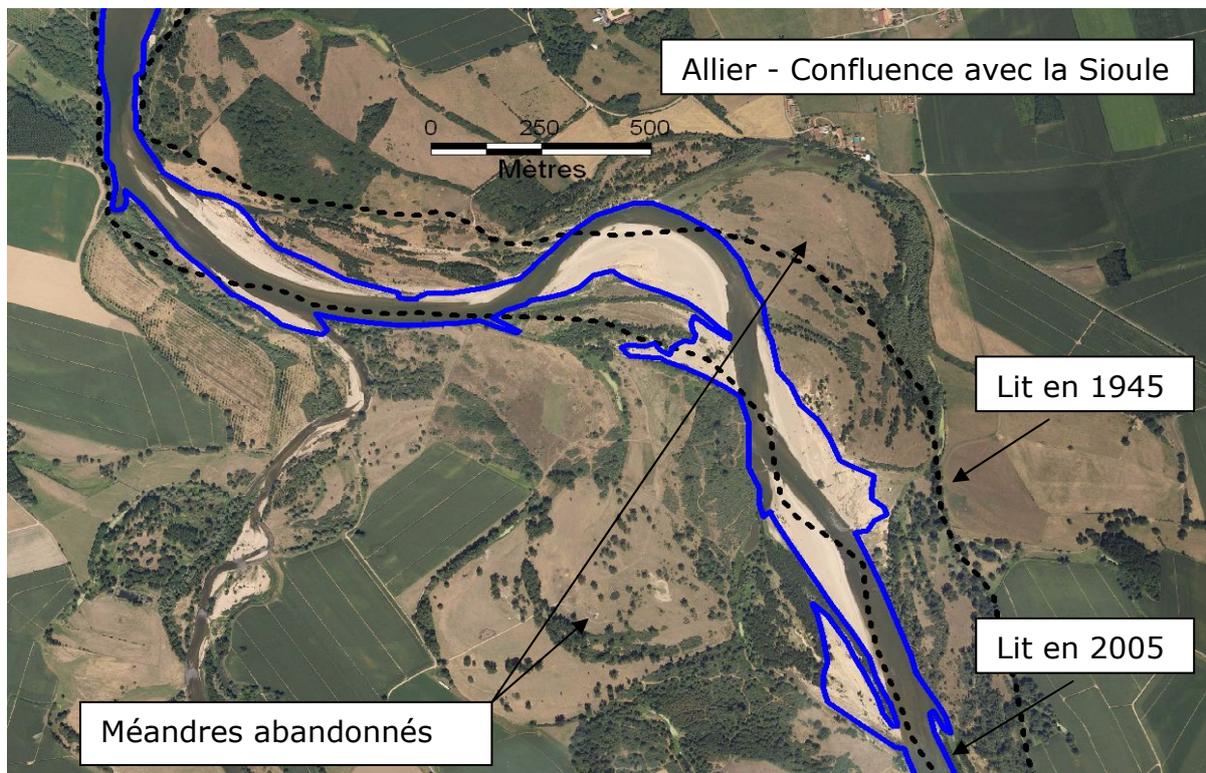
3.2.4.2 Evolution depuis 1945

La largeur du lit moyen de 1945 est comparée aux valeurs actuelles (2005).

L'ensemble des tronçons a connu une diminution très nette de la bande active de 1945 à 2005 (**Figure 7**), qui a tendance à être d'autant plus marquée en allant de Vieille-Brioude (-17%, tronçon IV) à la confluence avec la Sioule (-52%, tronçon IX), puis à être moins forte jusqu'au Bec d'Allier (-28%, dernier tronçon).

Cette réduction de la bande active est très probablement liée à l'enfoncement généralisé du lit mineur depuis cinquante ans, enfoncement qui a favorisé l'ancrage de la végétation dans un lit moyen moins souvent submergé que par le passé, d'où une végétation plus développée car de plus en plus résistante à l'arrachement (Epteau, 1998).

La photographie aérienne suivante (2005) illustre ce phénomène au droit de la confluence avec la Sioule (tronçons IX et X) : reprise et ancrage de la végétation dans le lit moyen de 1945, diminution de la bande active.



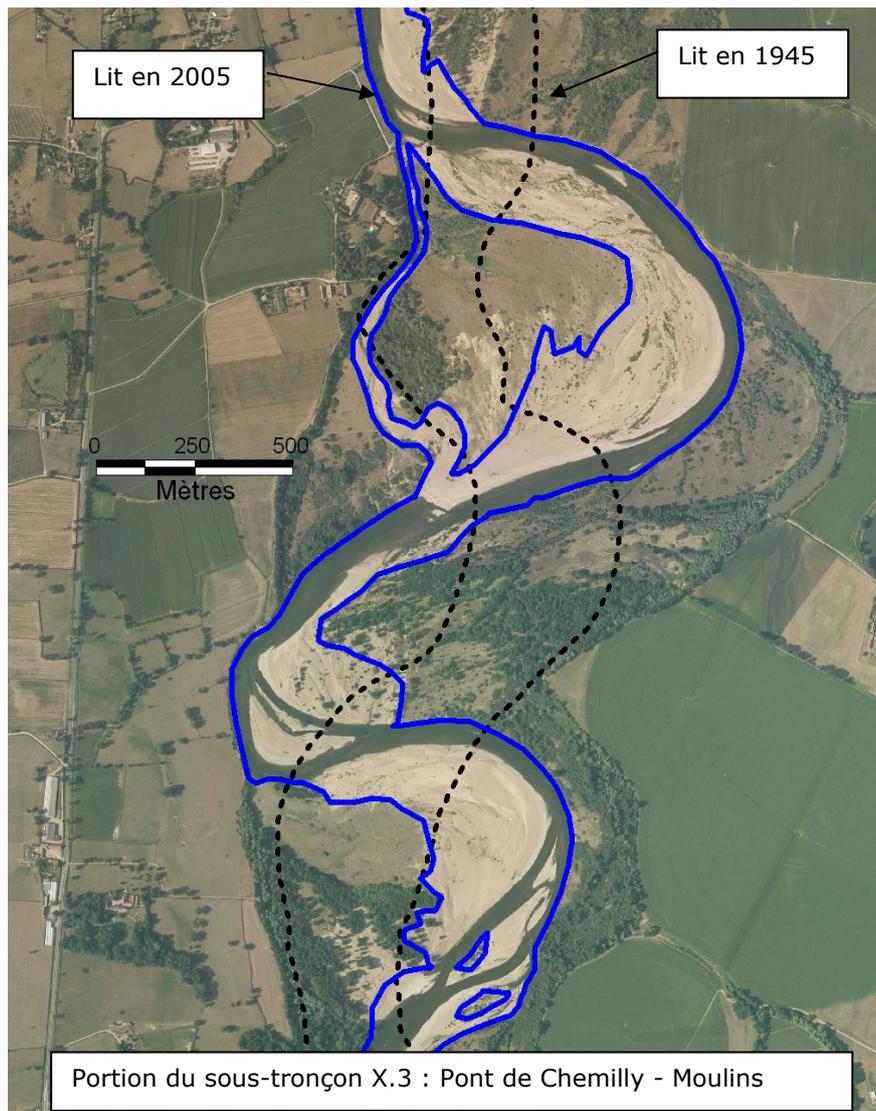
Exemple d'évolution du lit de l'Allier entre 1945 et 2005
(Photographie aérienne 2005 – SIEL – DIREN Centre)

3.2.5 LONGUEUR DU LIT MOYEN

La longueur développée du lit actif n'a pas changé entre 1945 et 2005, comptabilisant environ 265 km entre Vieille Brioude et le Bec d'Allier. L'étude Epteau (1998) relevait une légère diminution de la longueur du lit entre 1945 et 1995 (-1.6%). Le lit a donc eu tendance à augmenter entre 1995 et 2005 (+1.7% en moyenne), notamment sur les tronçons IX et X (+4 et +5%), ce qui semble indiquer que la dynamique fluviale de ces derniers est plutôt forte.

Entre 1945 et 2005, 12 sous-tronçons sur 23 ont connu une augmentation de leur longueur développée (comprise entre +5% et +22% pour 5 d'entre eux), 4 sous-tronçons parmi les 10 ayant diminué ont perdu entre -5% et -9% de leur longueur (cf. **figure 8**).

La photographie aérienne ci-dessous représente une portion du sous-tronçon X.3 (Pont de Chemilly – Moulins) dont la longueur a augmenté de 22% de 1945 à 2005. Les tracés des lits de 1945 et de 2005 montrent une dynamique active de méandrage depuis 1945, se répercutant sur la longueur développée du lit.



Exemple d'évolution du lit de l'Allier entre 1945 et 2005
(Photographie aérienne 2005 – SIEL – DIREN Centre)

3.2.6 COEFFICIENT DE SINUOSITE

L'analyse du coefficient de sinuosité (SI=rapport de la longueur développée du lit sur la longueur en ligne droite entre les deux mêmes points de mesure, en suivant l'axe de la vallée) permet de caractériser les tronçons et sous-tronçons étudiés, étant admises trois valeurs seuils :

- SI < 1.05, le cours d'eau est rectiligne,
- 1.05 < SI < 1.25, sinueux,
- 1.25 < SI < 1.5, très sinueux,
- SI > 1.5, méandrique.

A l'échelle globale des tronçons (cf. **figure 9**), il apparaît que l'Allier est un cours d'eau sinueux de Vieille Brioude à Villeneuve, rectiligne de Villeneuve au Bec d'Allier (lit en tresse).

Comme le faisait remarquer l'étude Epteau (1998), le calcul du coefficient de sinuosité est entaché d'un biais qui est fonction de la longueur de cours d'eau

analysée. Plus l'analyse sera effectuée sur des longueurs faibles, plus le coefficient de sinuosité pourra localement être important.

En ce qui concerne l'évolution entre 1945 et 2005, le coefficient de sinuosité a augmenté pour 5 tronçons sur 9. Les secteurs les plus sinueux sont actuellement les tronçons VI (Pont Longues – Pont du Château, limite très sinueux) et X (Confluence Sioule – Villeneuve). Le tronçon qui s'est le plus rétracté depuis 1945 est le VIII (Confluence Dore – St Germain des Fossés).

L'échelle des sous-tronçons (cf. **figure 10**) donne une idée de la variabilité de ce paramètre. Si la majorité des sous-tronçons sont dans la catégorie « lit sinueux », trois présentent un lit très sinueux : VII.2 (Aval Joze – Pont Crevant), X.3 (Pont Chemilly – Moulins, secteur où le coefficient de sinuosité est passé de 1.07 à 1.31 de 1945 à 2005) et VI (Pont Longues – Pont du Château). Cinq sous-tronçons sont proches du style rectiligne : trois à l'amont de Villeneuve (IV.1 : Vieille Brioude – Cougeac, VII.1 : Pont du Château – Aval de Joze, IX.1 : St Germain des Fossés – Créchy), deux correspondant aux derniers tronçons à l'aval de Villeneuve, qui présentent un lit en tresses.

L'évolution temporelle du coefficient de sinuosité est liée au phénomène d'érosion latérale : si ce processus est actif, le coefficient augmente, mais ce processus peut aussi entraîner un recouplement de certaines sinuosités, et dans ce cas, une réduction du coefficient de sinuosité.

3.2.7 AMPLITUDE DES SINUOSITES

L'analyse de l'amplitude des sinuosités de l'Allier est intéressante tant pour le diagnostic du cours d'eau que pour les propositions d'orientation de gestion, puisque celle-ci est liée à l'espace de mobilité d'équilibre.

L'amplitude des sinuosités est représentée **figure 11** pour la période actuelle (2005). Peu de changements sont à noter vis-à-vis de 1995 (Etude Epteau, 1998), si ce n'est quelques méandres recoupés. La même dichotomie s'observe, entre les deux premiers tronçons (IV et V), dont l'amplitude moyenne ne dépasse pas 350 mètres et les cinq tronçons suivants (VI à X), où la moyenne se situe entre 520 et 660 mètres, avec localement des sinuosités atteignant 800 à 1100 mètres d'amplitude.

Les deux derniers tronçons (XI et XII), qui ont un lit rectiligne en tresses, ne présentent pas de sinuosités, si ce n'est quelques méandres ponctuels indiqués sur le graphique. Le calcul d'une amplitude moyenne n'a donc pas de sens pour ces deux secteurs.

La littérature scientifique définit une valeur moyenne de l'amplitude minimale d'équilibre, correspondant à environ 10 fois la largeur du lit et permettant l'ajustement en plan d'un cours d'eau sinueux en fonction des variations du débit solide et du débit liquide.

La valeur moyenne de ce ratio est de l'ordre de 6 actuellement (5 en 1995 d'après Epteau), soit presque moitié moins que la valeur de 10 présentée précédemment. L'étude Epteau (1998) explique cet écart en avançant que l'Allier est un cours d'eau en phase de changement de style fluvial, donc en phase

d'ajustement, probablement pour des raisons d'ordre climatique (fin du petit âge glaciaire, d'où réduction des érosions sur les versants et des apports de sédiments au réseau hydrographique). Le passage du style en tresses au style sinueux se fait progressivement et il est probable que l'amplitude des sinuosités augmente au cours des prochaines décennies, si les contraintes anthropiques ne perturbent pas le processus.

3.3 UN DYSFONCTIONNEMENT MAJEUR : L'ENFONCEMENT DU LIT

3.3.1 PROCESSUS D'INCISION DU LIT

Le dysfonctionnement le plus immédiatement identifiable sur l'Allier est l'enfoncement quasi-généralisé du lit, lié à une surexploitation du stock alluvionnaire depuis les années 60 et jusqu'en 1980 environ.

La localisation de la plupart des exploitations de granulats en lit mineur ou moyen a mis en œuvre un processus d'incision verticale qui s'est développé de deux manières, en plus de l'incision directe liée à l'extraction du stock en place :

- Par érosion régressive, c'est-à-dire se propageant depuis le site d'extraction vers l'amont par un phénomène de grignotage du talus amont de l'exploitation jusqu'à l'obtention d'une nouvelle pente d'équilibre,
- Par érosion progressive, se propageant depuis le site d'extraction vers l'aval, en raison du déficit en charge alluviale provoqué par le brusque piégeage d'une grande part de la charge solide en charriage, saltation et même suspension (Epteau, 1998).

Il semble que le fond de l'Allier ait été mobilisé de manière très importante, en raison probablement d'une granulométrie facile à arracher et transporter, les berges ayant été soumises à ce processus avec une moins grande intensité. Ce phénomène d'enfoncement a été d'autant plus marqué que les berges de l'Allier sont assez souvent protégées (Etude Epteau, 1998).

L'incision du lit et les affleurements marneux qui y sont souvent corrélés, présentent des inconvénients majeurs, dont le plus grave est certainement la réduction de l'épaisseur de l'aquifère alluvial, notamment en étiage, donc la perte à court terme d'une ressource en eau potable de qualité (Epteau 1998).

Cette incision du lit est également à l'origine de déchaussement de levées et de piles de pont, pouvant entraîner leur effondrement. Ce creusement peut mettre à nu le substrat marneux et provoquer la création de « seuils » (ex. celui des Madeleines près de Pont-du-Château, radier du pont Régemortes à Moulins), formant des obstacles à la remontée du saumon (Nature Vivante, FRANE, SEPNUMC, 1982).

Par ailleurs, l'approfondissement du lit entraîne l'assèchement des zones humides latérales et la modification des peuplements végétaux riverains, par suite de l'abaissement de la nappe phréatique ; quant au substratum marneux affleurant, il est extrêmement défavorable pour la faune et la flore aquatiques.

3.3.2 PROFILS EN LONG DISPONIBLES

Ce phénomène d'enfoncement est assez difficile à quantifier finement le long de l'Allier. La comparaison des profils en long des lignes d'eau sur une longue période se trouve entachée de plusieurs sources d'erreur :

- le tracé en plan du lit ayant évolué, les points kilométriques des levés des années passées ne correspondent plus toujours aux PK actuels ;
- une incertitude existe sur l'évaluation des débits de l'époque ;
- les conditions de débit de levé des lignes d'eau ne sont pas toujours comparables.

Le tableau ci-dessous synthétise les différents profils en long disponibles, le secteur de l'Allier levé et les conditions de débit correspondantes.

| | Vieille Brioude PK 0 | Coudes PK 53 | Cournon PK 74 | Moulins PK 201 | Villeneuve PK 214 | Bec d'Allier PK 258 | Source |
|---|-------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| PL IGN 1931-1932 (45<Q<300 m ³ /s) * | | | | 95 m ³ /s | 125 m ³ /s | 75 m ³ /s | Sogreah 1984 |
| Modèle mathématique Sogreah calé sur PL 1983 | | | | idem | idem | idem | |
| PL Sogreah étiage 19 juillet 1983 (Q=30m ³ /s) | | | | 30 m ³ /s | 30 m ³ /s | 30 m ³ /s | Sogreah 1984 |
| PL SNGF 1933-1935 (136<Q<360 m ³ /s) ** | | | (136<Q<360 m ³ /s) | | | | Epteau 1998 |
| PL CSP 1979-1980 (80<Q<130 m ³ /s) *** | | | (80<Q<130 m ³ /s) | | | | |
| Données 1933/1980 synthèse CETE 1995 **** | | | | | | | |
| PL étiage 18-19 juillet 1989 | | | | | 30 m ³ /s | 27 m ³ /s | IGN |
| PL étiage 19-26 septembre 1991 | | | | 29 m ³ /s | | 21 m ³ /s | IGN |
| PL étiage 28-31 août 2000 | 11 m ³ /s | | | | | 43 m ³ /s | DIREN |
| PL étiage 29 juillet - 1er août 2002 | 12 m ³ /s | | | | | 29 m ³ /s | |
| PL étiage 30 septembre - 2 octobre 2003 | 14 m ³ /s | | | | | 23 m ³ /s | |
| PL étiage 21-24 septembre 2004 | 8 m ³ /s | | | | | 32 m ³ /s | |
| PL étiage 9-12 août 2005 | 16 m ³ /s | | | | | 26 m ³ /s | |
| PL 27 février - 2 mars 2006 | 21 m ³ /s | | | 122 m ³ /s | | 117 m ³ /s | |
| PL crue 7 avril 1992 | | | | 373 m ³ /s | | ? | |
| PL crue 7 juin 1992 | | | | 765 m ³ /s | | ? | |
| PL 4-6 décembre 2003 | | 1520 m ³ /s | | | | 1370 m ³ /s | |

* Le profil en long de la ligne d'eau, établi en 1931-1932 par l'IGN, a été levé entre Moulins et le Veurdre, entre le 20 juillet et le 31 juillet 1932 et entre le Veurdre et le Bec d'Allier, entre le 27 septembre et le 4 octobre 1931.

** Les lignes d'eau de 1933-1935 ont été levées par le Service du Nivellement Général de la France pour le compte du Service des Forces Hydrauliques.

*** Les données sont tirées d'un profil en long levé par le Conseil Supérieur de la Pêche durant l'hiver 1979-1980.

**** Les données concernant la partie amont de Cournon sont tirées d'une étude CETE (1995) synthétisant plusieurs sources de données. Elles se situent essentiellement au droit d'ouvrages de franchissement (Epteau, 1998) et fournissent l'écart entre les lignes d'eau de 1980 et de 1935.

La **figure 12** synthétise les informations disponibles pour suivre l'évolution du profil en long du cours d'eau.

AVERTISSEMENT :

Il existe des différences non négligeables des conditions hydrologiques entre les relevés de lignes d'eau, et ceci constitue une source d'erreur importante pour tirer des conclusions sur l'enfoncement du lit (la hauteur d'eau n'étant pas comparable). C'est notamment le cas pour la comparaison des données de 1933 (SNGF – 130 m³/s mini) et de 2005 (DIREN – 26 m³/s maxi).

Les résultats présentés ci-dessous seront donc considérés avec précaution : si les grandes tendances sont lisibles, les estimations précises chiffrées n'apparaissent que moyennement fiables.

3.3.3 EVOLUTION VERTICALE DE VIEILLE-BRIOUDE A VILLENEUVE

3.3.3.1 Période 1933/35-1979/80 (Etude EPTEAU 1998)

Les seules informations disponibles sur cette période sont les profils en long déjà analysés par Epteau en 1998 (cf. **figure 12**). Leurs conclusions sont reprises ci-dessous.

Plus de 70% de l'Allier entre Vieille-Brioude et Villeneuve a subi un phénomène d'enfoncement à des degrés divers (de -0.5 à -3.5 m, la médiane se situant autour de -1.2 m, soit -2 à -3 cm/an). Les tronçons les plus touchés sont le IV, le VI, le VII et le VIII, de manière quasi continue de Longues à St Rémy en Rollat. Le tronçon V (horst de St-Yvoine) n'est pas étudié mais il est probablement peu touché du fait de la présence du substratum rocheux.

Le tronçon IX et la première moitié du tronçon X (de Billy à Moulins) semblent globalement en phase d'exhaussement, d'après les profils utilisés par Epteau (A. Mercier, 1995, en tire les mêmes conclusions). Néanmoins, les observations faites par les associations depuis 1964 font état du contraire (FRANE, 1997-1999).

3.3.3.2 Période 1979/80 – 2005

L'évolution récente du profil en long de l'Allier de Vieille Brioude à Moulins est difficile à évaluer, étant donné le manque d'informations comparables existantes.

Le profil en long levé par le CSP de Cournon à Villeneuve en 1979/80 est comparé à la ligne d'eau d'étiage d'août 2005 (cf. **figure 14**), sachant que les conditions de débit des levés sont très différentes : 18 m³/s enregistré à Limons en 2005, 77 m³/s au Pont Crevant (soit 10 km en amont) en 1979, 24 m³/s à Moulins en 2005, 72 m³/s en 1979.

La seconde source d'erreur provient du décalage des points kilométriques des levés, dû à l'évolution du tracé en plan, qui peut atteindre plusieurs kilomètres (différences entre les PK de 2005 et de 1979/80 : -3.7 km au pont de Pont du Château, -6 km au Pont Crevant, -5.5 km au pont SNCF d'Hauterive, -4 km au Pont Boutiron de Vichy). La **figure 14** donne donc seulement une idée de l'évolution du profil en long, en présentant les différences entre les profils de 1980 et de 2005, mesurées au droit des points pour lesquels des correspondances ont pu être établies.

Entre les tronçons VII et X, les débits des lignes d'eau sont relativement constants pour chacun des profils : 18-24 m³/s en 2005, 72-87 m³/s en 1979/80. D'après la courbe de tarage de l'Allier à St-Yorre (PK 133) réalisée en 1968-1977 (fournie dans l'étude CETE – BRGM de 1978), une variation de débit de 30 à 80 m³/s entraîne une variation maximale de 0.6 m. Or les écarts calculés entre les deux profils en long sont de l'ordre de :

- Tronçon VII : 0 à -3.7 m,
- Tronçon VIII : 0 à -2 m,

- Tronçon IX : -1 à -2 m,
- Tronçon X : +0.2 à -2 m.

L'écart moyen entre les deux profils est de 1 m, soit environ 0.4 m en retranchant la différence due aux écarts de débits, ce qui revient à une incision moyenne de -1 à -2 cm/an. Le phénomène d'enfoncement semble encore relativement important malgré l'arrêt des extractions en lit mineur. L'enfoncement cumulé depuis les années 1930 atteint donc 1.3 m en moyenne sur ces tronçons.

L'incision est notamment marquée sur les secteurs suivants : au droit de Mariol (VII), et sur près de 50 km, de St Germain des Fossés à Moulins (IX et X).

Le secteur controversé, de St Rémy à l'amont immédiat de Moulins, décrite comme une zone d'exhaussement entre 1933 à 1980 dans l'étude Epteau (1998), est en phase d'incision de 1980 à 2005 (-1 à -6 cm/an).

La **figure 14** indique également les différences des lignes d'eau entre 1933/35 et 2005. Le secteur en question est effectivement le seul où le niveau d'eau en 1980 est supérieur aux niveaux d'eau de 1935 et de 2005. On observe sur cette zone une phase d'incision assez faible de 1935 à 2005 : -1 m, soit -0.4 m en retranchant la différence due aux écarts de débits (si l'écart de -0.6 m pour corriger les écarts de débits est aussi valable sur cette période), ou 0.6 cm /an. Cet enfoncement relativement faible peut être le résultat d'une incision légère continue dans le temps, ou d'une phase d'exhaussement de 1935 à 1980 (si la ligne d'eau de 1980 est juste à cet endroit), suivie d'une phase d'incision plus forte de 1980 à 2005.

De 1980 à 2005, seules deux zones paraissent être en léger exhaussement, au droit des ponts de Crevant et d'Hauterive. Ceci peut être relié à l'augmentation de l'intensité de l'érosion latérale, bien visible entre l'aval de Joze et le Pont Crevant (&2.7.2), moins marquée à l'amont du pont d'Hauterive.

La **figure 15** illustre l'évolution du profil en long de 2000 à 2005. Cette période est trop courte pour en tirer des conclusions solides, mais c'est la seule pour laquelle des informations sont disponibles de Vieille Brioude au Bec d'Allier pour suivre l'évolution récente du lit. La différence fortement marquée entre l'amont et l'aval au droit du PK170 est vraisemblablement liée à l'augmentation de débit en 2000 à partir de cet endroit (confluence avec la Sioule).

On peut avancer (avec précaution étant donné la brièveté de la période étudiée) que le lit de l'Allier est toujours en phase d'enfoncement, avec des incisions moyennes par tronçons de 0.12 m maximum (-2 à -3 cm/an), excepté le tronçon IV (0.15 m), qui présente deux zones d'incision plus marquées, à l'aval de Vieille Brioude et en amont du pont de Parentignat.

Le taux moyen d'incision annuel, calculé sur les périodes 1935-1980, 1935-2005, 1980-2005, reste ainsi constant : -2 à -3 cm/an. L'arrêt des extractions en lit mineur n'a pas freiné le phénomène d'enfoncement.

3.3.4 EVOLUTION VERTICALE DE MOULINS AU BEC D'ALLIER

A l'aval de Moulins, les débits correspondants aux levés de l'IGN (1931-1932) ont été estimés à partir des jaugeages disponibles sur cette période, via l'établissement de lois hauteur-débit (Sogreah, 1984). Les niveaux levés par l'IGN ont ensuite été comparés avec les niveaux de 1983 calculés pour le même débit (modèle Sogreah).

Pour suivre l'évolution sur une période plus récente (1983, 2005), plusieurs profils de lignes d'eau d'étiage sont disponibles. La ligne d'eau levée en août 2005 est comparée à :

- celle de juillet 1983 observée par Sogreah (les points représentés sont ceux pour lesquels une correspondance avec les PK actuels a pu être trouvée),
- celles de juillet 1989 et de juillet 1991. Les trois courbes (1983, 1989, 1991) se complètent bien et marquent la cohérence des résultats.

La **figure 13** illustre ainsi l'évolution des lignes d'eau d'étiage entre 1931-1932 et 1983 (déjà analysée dans l'étude Sogreah 1984), puis entre les années 1980 et l'année 2005.

3.3.4.1 Période 1931 – 1983 (étude Sogreah, 1984)

On constate un abaissement général du lit entre Moulins et Mornay, puis en aval du Pont Guétin, et une relative stabilité entre Mornay et le Guétin.

L'importance de l'abaissement constaté, suivant les secteurs, est de l'ordre de grandeur suivant :

- Moulins - Montilly (10 km) : -2 m,
- Montilly – Villeneuve – Tresnay (8 km) : -0.9 m,
- Tresnay – le Veurdre (14.5 km) : -0.45 m,
- Le Veurdre – Mornay (7 km) : variations irrégulières,
- Mornay – les Lorrains (13 km) : 0 m,
- Les Lorrains – Le Guétin (3 km) : abaissement probable à l'aval,
- Aval Guétin : -0.6 m.

L'étude Sogreah (1984) montre qu'à l'exception de l'incision du lit à l'aval du Veurdre, tous les abaissements décelés sont la cause directe ou indirecte des extractions alluvionnaires.

L'abaissement dans le bras rive droite, à l'aval du Veurdre, est lié à l'obstruction progressive du bras rive gauche : il y a compensation de la perte de section en rive gauche par érosion dans le bras rive droite.

3.3.4.2 Période 1983-2005

La comparaison des lignes d'eau levées dans les années 1980 avec celle de 2005 montre que l'incision du lit a fortement diminué sur ce secteur :

- Moulins – Villeneuve (tronçons X.4 et X.5) : -0.1 m (sans prendre en compte l'exhaussement localisé d'Avermes),
- Villeneuve – le Veurdre (tronçon XI) : -0.15 m à +0.2 m en moyenne (suivant la ligne d'eau choisie),
- Le Veurdre – amont Bec d'Allier (tronçon XII) : 0 à -0.07 m en moyenne,
- Bec d'Allier : -0.2 à -0.8 m (suivant la ligne d'eau choisie).

Excepté au niveau de la confluence avec la Loire, le profil en long du lit de l'Allier semble s'être stabilisé de Moulins au Bec d'Allier, depuis l'interdiction des gravières en lit mineur au début des années 1980.

Au droit du Bec d'Allier, l'incision paraît encore relativement marquée, mais l'incertitude entre les différents niveaux d'eau (1983, 1989, 1991) rend la quantification de l'importance de ce phénomène délicate. Il est lié à l'influence de la Loire, dont le fond du lit doit être plus bas que celui de l'Allier.

L'exhaussement localisé à Avermes semble être aberrant. L'évolution des lignes d'eau entre 2000 et 2005 à cet endroit révèle en effet un abaissement de -0.44 m, tout comme la comparaison des lignes d'eau de 1983 et de 2005 faite à l'amont.

3.3.5 SYNTHÈSE SUR L'INCISION DU LIT

Le tableau ci-dessous synthétise l'intensité de l'incision du lit de l'Allier par sous-tronçons sur la période 1930-2005.

| Sous-tronçons | | Intensité de l'incision |
|---------------|-------------------------------|-------------------------|
| IV.1 | Vieille Brioude-Cougeac | ◇◇ |
| IV.2 | Cougeac-Pt Auzon | ◇◇ |
| IV.3 | Pt Auzon-Conf. Allagnon | ◇◇(◇) |
| IV.4 | Conf. Allagnon-Pt Parentignat | ◇◇ |
| IV.5 | Pt Parentignat-Issoire | ◇ |
| V | Issoire-Pt Longues | ? |
| VI | Pt Longues-Pt du Ch. | ◇◇(◇) |
| VII.1 | Pt du Ch.-Aval Joze | ◇◇ |
| VII.2 | Aval Joze-Pt Crevant | ◇◇ |
| VII.3 | Pt Crevant-Pt Limons | ◇◇◇ |
| VII.4 | Pt Limons-Conf. Dore | ◇◇◇ |
| VIII.1 | Conf. Dore-St Yorre | ◇◇ |
| VIII.2 | St Yorre-Pt St Germ.Fossés | ◇◇◇ |
| IX.1 | St Germ.Fossés-Créchy | ◇◇◇ |
| IX.2 | Créchy-Pt Chazeuil | ◇◇ |
| IX.3 | Pt Chazeuil-Conf. Sioule | ◇ |
| X.1 | Conf. Sioule-Bessay | ◇ |
| X.2 | Bessay-Pt Chemilly | ◇ |
| X.3 | Pt Chemilly-Moulins | ◇ |
| X.4 | Moulins-Avermes | ◇◇◇ |
| X.5 | Avermes-Villeneuve | ◇◇(◇) |
| XI | Villeneuve - Le Veurdre | - |
| XII | Le Veurdre - Bec d'Allier | - |

Incision :

- ◇◇◇ forte à très forte (>2 m),
- ◇◇ moyenne à forte (1<2m),
- ◇ faible à moyenne (0.5<<1m),
- nulle à faible (<0.5 m)

3.4 EROSION LATÉRALE

3.4.1 EVOLUTION GENERALE ENTRE 1945 ET 2005

De la même manière que dans l'étude Epteau (1998), les enveloppes des lits moyens de l'Allier en 1945 et en 2005 sont comparées, afin de déterminer :

- les surfaces érodées : lorsque le lit de 2005 passe à un endroit où il ne passait pas en 1945,
- les surfaces abandonnées : lorsque le lit de 2005 ne passe plus à un endroit où il passait en 1945.

Notons que la comparaison de tracés de lit très espacés dans le temps (60 ans) a pour intérêt de lisser le rôle de l'hydrologie, mais pour inconvénient de sous-estimer les taux d'érosion réels se produisant à court terme. Un exemple extrême peut être représenté par deux tracés superposés (érosion nulle), alors qu'il y a eu érosion latérale puis recoupement du méandre développé (forte érosion). Le résultat donne cependant un ordre de grandeur satisfaisant compte tenu de l'importance de la zone d'étude (Epteau, 1998).

La comparaison de l'évolution des lits de 1945 et de 2005 est présentée par tronçon sur la **figure 16**. Les surfaces abandonnées par l'Allier depuis 1945 sont bien plus importantes que les surfaces érodées : 2190 ha (39 ha/an) contre 915 ha (16 ha/an), soit une différence de 1270 ha. Or, sur une rivière « naturelle », le bilan érosion / abandon devrait se rapprocher de l'équilibre à moyen terme (ici 60 ans). Ceci dénote un indice majeur de dysfonctionnement.

Le déséquilibre du bilan érosion/abandon est essentiellement lié à la réduction générale de la largeur du lit moyen (cf. **figure 7**), elle-même engendrée par deux phénomènes :

- l'enfoncement généralisé qui favorise le développement de la végétation sur les bancs alluviaux,
- l'absence de grande crue capable d'arracher ces végétaux de plus en plus enracinés.

Les tronçons V, VI, XI et XII (d'Issoire à Pont du Château, de Villeneuve au Bec d'Allier) sont soumis à de faibles érosions latérales, égales à 0.03 ha/an/km.

Les tronçons IV, VII et VIII (de Vieille Brioude à Issoire, de Pont du Château à Saint Germain des Fossés) présentent des érosions moyennes, comprises entre 0.05 et 0.07 ha/an/km. Le tronçon IV est le plus équilibré en termes de dynamique fluviale avec un rapport surfaces érodées/surfaces abandonnées proches de 0.7 ; les onze autres tronçons ayant un rapport inférieur à 0.5.

Les tronçons IX et X (de St Germain des Fossés à Villeneuve) enregistrent les plus forts taux d'érosion (0.1 et 0.13 ha/an/km), leur bilan est cependant aussi déséquilibré, avec des taux d'abandon compris entre 0.25 et 0.29 ha/an/km.

L'évolution des surfaces érodées et abandonnées de 1945 à 2005 est présentée par sous-tronçon Figure 17. Cette représentation plus fine du phénomène permet de relever des différences par tronçon :

- au sein des tronçons à érosion moyenne (IV, VII et VIII), le tronçon IV regroupe en fait trois sous-tronçons « inactifs » (IV.1, IV.3, IV.5) et deux plus actifs ;
- de la même manière, les tronçons aux taux d'érosion les plus élevés (IX et X) englobent des sous-tronçons aux différences marquées.

Les sous-tronçons offrant le bilan érosion/abandon le plus équilibré sont situés de Cougeac au Pont d'Auzon (IV.2), de la confluence de l'Alagnon au Pont de Parentignat (IV.4) et du Pont de Chemilly à Moulins (X.3).

Les taux d'érosion sont généralement corrélés à la fréquence des protections de berges (enrochements ou digues) et des ponts, comme le montre la **figure 18**. Néanmoins, quelques contre-exemples sont à noter : le sous-tronçon VIII.2 (de St Yorre à St Germain des Fossés) présente des taux d'érosion relativement importants (0.07 ha/an/km) malgré des ponts fréquents et des berges fortement protégées. A l'inverse, le tronçon XI, entre Villeneuve et le Veudre, n'est pas « protégé » (protections, digues, ponts) mais présente un taux d'érosion très faible. Notons que ce tronçon a un fonctionnement de lit en tresses, ce qui explique cette différence.

3.4.2 COMPARAISON AVANT ET APRES 1983

Si on effectue le même calcul que précédemment sur l'évolution du lit entre 1945 et 1983, puis entre 1983 et 2005, on trouve, sur une période de 20/30 ans, un taux d'érosion moyen annuel deux fois plus élevé que celui observé sur 60 ans : 0.13 à 0.15 ha/an/km contre 0.06 ha/an/km. Ceci montre bien l'effet de l'échelle de temps sur le calcul : la comparaison de deux tracés éloignés dans le temps ne permet pas de suivre l'avancée des fronts d'érosion pas à pas ; par exemple, des recoupements de méandres peuvent occulter des érosions marquées.

L'étude Epteau (1998) suggérait également que l'arrêt des extractions en lit mineur autour des années 80 avait permis aux processus latéraux de redevenir dominants. Néanmoins, les taux d'érosion calculés sur les périodes 1945-1983 et 1983-2005, de durée comparable, sont équivalents et ne montrent pas d'impact de l'arrêt des extractions sur l'érosion latérale.

Le taux d'érosion le plus représentatif est vraisemblablement celui mesuré sur la période récente, soit 39 ha/an, comparable au résultat d'Epteau (35 ha/an).

D'après la classification utilisée par Epteau (cf. tableau de synthèse 3.4.4), 6 sous-tronçons sont à dynamique latérale intense, 11 à dynamique modérée et 6 à dynamique faible ou inexistante (cf. synthèse **figure 1**) ; soit en cumulant les linéaires des différents sous-tronçons :

- 19% du linéaire étudié (environ 260 km) conserve une dynamique latérale intense, principalement entre Créchy et Moulins,

- 43% présente une dynamique latérale modérée, de Vieille Brioude au Pont de Parentignat, de Joze à Créchy (excepté le tronçon à l'aval de la confluence avec la Dore, à dynamique intense), de Moulins à Villeneuve,
- 38% est actuellement très stabilisé, du Pont de Parentignat à l'aval de Joze, de Villeneuve au Bec d'Allier (lit en tresses).

Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux présentés par Epteau (respectivement 20%, 35%, 45%), avec néanmoins une augmentation des sous-tronçons classés à dynamique modérée (passage des sous-tronçons IV.1, IV.3, X.4 depuis la classification dynamique faible). Le tronçon VIII.1 classé en 1998 en dynamique modérée, présente maintenant une dynamique intense, vraisemblablement suite à la crue de la Dore de 2003.

L'évolution du taux d'érosion calculé sur les trois périodes : 1945-1983, 1983-2005, 1945-2005 est également représentée sur la **figure 19**.

Une baisse notable des taux d'érosion est décelable entre 1945-1983 et 1983-2005 :

- Entre Avermes et le Bec d'Allier (tronçons X.5, XI, XII),
- Entre Pont du Château et l'aval de Joze (tronçon VII.2, le lit est fixé par des gravières depuis 1983),
- Saint Yorre et Billy (VIII.2).

Une augmentation des taux d'érosion latérale est constatée principalement entre :

- Vieille Brioude et Cougeac,
- L'aval de Joze et St Yorre,
- Billy et Avermes (secteur de la Réserve Naturelle de l'Allier).

Le bilan présenté ci-dessus est à nuancer puisqu'il n'offre qu'une vision ponctuelle dans le temps de la dynamique des sous-tronçons.

La **figure 20** compare les mêmes taux d'érosion que précédemment, mais par tronçon. Deux tronçons présentent une dynamique latérale intense (IX et X), trois une dynamique modérée (IV, VII, VIII), quatre une dynamique faible (V, VI et XI, XII : lit en tresses à fonctionnement différent.

3.4.3 EVOLUTION RECENTE DEPUIS 1995

L'analyse de l'évolution des surfaces érodées et abandonnées a également été réalisée entre 1983 et 1995, et entre 1995 et 2005 afin de percevoir une évolution plus récente.

On note à nouveau, sur la **figure 21**, que les taux d'érosion et d'abandon sur ces périodes de 10 à 12 ans sont toujours supérieurs aux valeurs données pour

22 ans (souvent le double), ce qui rappelle que l'échelle de temps joue un rôle important dans l'interprétation compte tenu des recoupements successifs des lits.

Par ailleurs, les taux d'érosion restent systématiquement plus faibles que les taux d'abandon sauf rares exceptions avant 1995, notamment sur les tronçons IX.3, X.1, X.2 plutôt actifs. La tendance est globalement toujours à la déprise du lit. Les taux d'érosion sont plus bas après 1995 qu'avant, surtout pour les tronçons V, VI, VIII, IX et X. Ils ont un peu augmenté sur le tronçon VII. Les taux d'abandon sont plus forts après 1995 qu'avant, surtout pour les tronçons VIII, IX, X.1 et X.2, et à l'exception du X.3.

Ceci indique que la déprise du lit s'est accrue entre 1995 et 2005 par rapport à la période précédente, mais ce résultat peut être lié à une interprétation différente de la largeur du lit (voir le paragraphe correspondant).

3.4.4 SYNTHÈSE SUR L'ÉROSION LATÉRALE

En conclusion, on retient les taux d'érosion moyens entre 1983 et 2005 comme critère d'analyse de l'intensité de la dynamique latérale, comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Cette analyse serait à nuancer en fonction de la puissance du cours d'eau et de la capacité de transport solide, qui varie de l'amont à l'aval. Cependant, par manque d'information sur le débit de plein bord de l'Allier et les conditions d'écoulement par secteur (nécessitant un modèle hydraulique), il n'a pas été possible de calculer ce paramètre.

| N° | Sous-tronçons | Taux d'érosion (ha/an/km) | | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1949-2005 | 1949-1983 | 1983-2005 | 1983-1995 | 1995-2005 |
| IV.1 | Vieille Brioude-Cougeac | 0.03 | 0.03 | 0.09 | 0.16 | 0.15 |
| IV.2 | Cougeac-Pt Auzon | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.19 | 0.20 |
| IV.3 | Pt Auzon-Conf. Allagnon | 0.03 | 0.07 | 0.09 | 0.12 | 0.15 |
| IV.4 | Conf. Allagnon-Pt Parentignat | 0.07 | 0.14 | 0.12 | 0.22 | 0.20 |
| IV.5 | Pt Parentignat-Issoire | 0.02 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | 0.10 |
| V | Issoire-Pt Longues | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.14 | 0.11 |
| VI | Pt Longues-Pt du Ch. | 0.03 | 0.07 | 0.06 | 0.15 | 0.10 |
| VII.1 | Pt du Ch.-Aval Joze | 0.06 | 0.10 | 0.06 | 0.12 | 0.12 |
| VII.2 | Aval Joze-Pt Crevant | 0.06 | 0.10 | 0.15 | 0.24 | 0.32 |
| VII.3 | Pt Crevant-Pt Limons | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.22 | 0.21 |
| VII.4 | Pt Limons-Conf. Dore | 0.05 | 0.09 | 0.13 | 0.19 | 0.25 |
| VIII.1 | Conf. Dore-St Yorre | 0.06 | 0.14 | 0.18 | 0.35 | 0.23 |
| VIII.2 | St Yorre-Pt St Germ.Fossés | 0.07 | 0.15 | 0.10 | 0.23 | 0.13 |
| IX.1 | St Germ.Fossés-Créchy | 0.05 | 0.17 | 0.13 | 0.32 | 0.16 |
| IX.2 | Créchy-Pt Chazeuil | 0.15 | 0.27 | 0.33 | 0.60 | 0.55 |
| IX.3 | Pt Chazeuil-Conf. Sioule | 0.07 | 0.17 | 0.30 | 0.54 | 0.37 |
| X.1 | Conf. Sioule-Bessay | 0.16 | 0.25 | 0.39 | 0.88 | 0.42 |
| X.2 | Bessay-Pt Chemilly | 0.03 | 0.09 | 0.17 | 0.37 | 0.09 |
| X.3 | Pt Chemilly-Moulins | 0.19 | 0.48 | 0.52 | 0.73 | 0.57 |
| X.4 | Moulins-Avermes | 0.03 | 0.06 | 0.11 | 0.31 | 0.12 |
| X.5 | Avermes-Villeneuve | 0.12 | 0.27 | 0.11 | 0.25 | 0.18 |
| XI | Villeneuve - Le Veudre | 0.03 | 0.06 | 0.03 | nd | nd |
| XII | Le Veudre - Bec d'Allier | 0.03 | 0.07 | 0.03 | nd | nd |
| Taux d'érosion moyen (ha/an/km) | | 0.06 | 0.13 | 0.15 | 0.29 | 0.22 |
| Taux d'érosion moyen (ha/an) | | 17 | 35 | 39 | 76 | 56 |

| | |
|--|--|
| | Sous-tronçon à dynamique latérale intense (> 0.16 ha/km/an) |
| | Sous-tronçon à dynamique latérale modérée (0.08 < < 0.16 ha/km/an) |
| | Sous-tronçon à dynamique latérale faible à inexistante (< 0.08 ha/km/an) |

3.5 OCCUPATION DES SOLS

Une analyse quantitative de l'occupation des sols a été réalisée à partir des données Corine Land Cover sur une zone de 500 m de large de part et d'autre du lit moyen (analyse automatique réalisée sous le SIG MapInfo). (A noter que cette analyse ne permet pas une comparaison stricte avec les résultats de l'étude EPTEAU, où l'analyse de l'occupation des sols avait été effectuée à partir des photographies aériennes de l'IGN). Cette analyse permet d'avoir une image de l'occupation de l'espace proche de la rivière.

Les résultats sont reportés en **figure 22** en annexe et synthétisés ci-dessous :

| N° Tronçon | | Zones urbanisées | Cultures | Prairies | Zones agricoles hétérogènes | Forêt | Milieux arbustifs | Gravières et plans d'eau | Lit moyen |
|--------------|----------------------------|------------------|------------|------------|-----------------------------|------------|-------------------|--------------------------|------------|
| 4 | Vieille Brioude-Issoire | 7% | 30% | 21% | 6% | 24% | 7% | 4% | 0% |
| 5 | Issoire-Pt Longues | 10% | 16% | 9% | 18% | 37% | 10% | 0% | 0% |
| 6 | Pt Longues-Pt du Ch. | 19% | 30% | 10% | 15% | 15% | 5% | 7% | 0% |
| 7 | Pt du Ch.-Conf. Dore | 3% | 33% | 13% | 9% | 30% | 3% | 5% | 3% |
| 8 | Conf. Dore-St Germain F. | 31% | 11% | 17% | 14% | 8% | 5% | 1% | 11% |
| 9 | St Germain F.-Conf. Sioule | 2% | 35% | 20% | 10% | 4% | 9% | 5% | 16% |
| 10 | Conf. Sioule-Villeneuve | 10% | 26% | 19% | 4% | 6% | 12% | 1% | 23% |
| 11 | Villeneuve-Le Veudre | 0% | 11% | 50% | 3% | 18% | 0% | 0% | 18% |
| 12 | Le Veudre-Bec d'Allier | 4% | 2% | 63% | 3% | 10% | 0% | 0% | 17% |
| TOTAL | | 9% | 23% | 24% | 8% | 16% | 6% | 3% | 10% |

On constate que dans l'ensemble, les catégories dominantes sont les cultures et les prairies (total des surfaces agricoles de 55%), suivies par les forêts et les zones urbanisées.

Dans le détail, les zones urbanisées apparaissent particulièrement importantes sur les tronçons VIII (de la confluence de la Dore à St-Germain-des-Fossés) et VI (Pont Longues à Pont du Château). La traversée de Moulins (X.4) est également très marquée. A contrario, les tronçons VII, XI et XII apparaissent très peu urbanisés.

Les zones de cultures sont particulièrement peu présentes sur les tronçons XII et XI à l'aval de Villeneuve (caractérisés par une présente importante de prairies) et également sur le tronçon VIII. De façon générale, l'agriculture apparaît moins présente (inférieure à 50% des surfaces) sur les tronçons V (horst de St-Yvoine où la forêt domine), VIII (assez urbanisé) et X (forte largeur du lit).

On distingue l'importance croissante de la place occupée par le lit moyen de l'amont vers l'aval (pour les premiers tronçons, le lit est trop étroit pour avoir été comptabilisés sous Corine Land Cover), ainsi que les tronçons les plus dynamiques où le lit est plus large (tronçon X, avec de nombreux milieux arbustifs également).

Les gravières et plans d'eau représentent une surface faible, et sont surtout rassemblés dans les sous-tronçons IV.1, IV.4, VI, VII.1 et IX.3. Ils sont complètement absents à l'aval de Villeneuve.

3.6 CONTRAINTES ANTHROPIQUES

Le cours de l'Allier est fortement contraint par diverses structures artificielles, telles que les ponts et les protections de berges. D'autres contraintes telles que les captages, les gravières, les infrastructures routières sont également susceptibles de restreindre la mobilité de l'Allier car ces ouvrages seront souvent protégés à l'approche de l'érosion (s'ils ne le sont pas déjà). La cartographie de ces contraintes est présentée dans l'atlas cartographique (cf. 2^{ème} jeu de carte).

3.6.1 LES PONTS

Quarante-huit ponts sont répartis le long du cours d'eau de l'Allier, sur les 260 km étudiés (cf. **figure 23**), entraînant des réductions non négligeables de l'espace de divagation. Ils sont particulièrement nombreux sur les tronçons IV, V et VI, de Vieille Brioude à Pont du Château, avec en moyenne un pont tous les 3 à 4 km. Le tronçon XI, entre le pont de Villeneuve et le pont du Veudre, est la seule section sans pont.

Il est à noter que divers projets d'infrastructures sont programmés ou en réflexion, impliquant la création de nouveaux franchissements de l'Allier pour certains et donc d'éventuels impacts sur la dynamique de la rivière. Il s'agit ainsi :

- du contournement sud-ouest de Vichy, sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Général de l'Allier, qui prévoit un franchissement de l'Allier au sud de St-Yorre au lieu-dit « les Jarrauds » : l'enquête publique a été réalisée en 2006 et la DUP devrait intervenir début 2007. A noter que le schéma directeur de l'agglomération de Vichy de 2001 prévoit également un franchissement de l'Allier au droit d'Abrest : une étude de faisabilité (sous maîtrise d'ouvrage de Vichy Val d'Allier) vient de démarrer afin de rechercher une solution de franchissement de la rivière entre Bellerive et Abrest.
- de la déviation de Cournon d'Auvergne, sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Général du Puy-de-Dôme, dont les études ont abouti à plusieurs tracés dont un préférentiel franchissant l'Allier un peu au nord du Château de Gondole (Commune de Le Cendre). Une concertation doit être menée fin 2006/début 2007 et l'enquête publique devrait se dérouler courant 2007 ;
- de l'aménagement à 2x2 voies de la RN7 dans le département de l'Allier, qui implique des déviations longeant parfois l'Allier, sans toutefois le franchir ou s'approcher beaucoup du lit.

3.6.2 LES PROTECTIONS DE BERGE

Par protections de berges, on entend cordons d'enrochements et digues proches du lit (empêchant sa mobilité).

L'analyse de la distribution des protections latérales (**figure 24**) indique que tous les tronçons sont protégés sur au moins 13% de leur linéaire (2 berges confondues), sauf le tronçon traversant le horst de St-Yvoine et le tronçon XI. Cinq tronçons sont protégés sur plus de 20% de leur linéaire, du pont de Longues à Villeneuve.

Le cumul des protections latérales atteint 116 km pour les 2 berges (82 km d'enrochements, 44 km de digues dont 9.5 km communs avec les enrochements) sur 520 km de linéaire au total, soit 22% de l'ensemble du cours de l'Allier de Vieille Brioude au Bec d'Allier.

La **figure 25** permet d'affiner l'analyse par sous-tronçon. Cinq sous-tronçons sont protégés sur plus de 40% de leur linéaire : St-Yorre - St Germain des Fossés, St Germain des Fossés – Créchy, Pont de Chazeuil – Confluence de la Sioule, Bessay – Pont de Chemilly, Moulins – Avermes.

En confrontant les différentes caractéristiques du lit présentées précédemment, on relève qu'en général, plus les protections de berges sont importantes, plus la largeur du lit est réduite. A l'inverse, des protections de berges moins présentes laissent la possibilité à la largeur du lit d'augmenter.

Notons que les chiffres beaucoup plus faibles donnés dans l'étude Epteau (57 km d'enrochements) ne sont pas justifiés : l'analyse des protections cartographiées par Epteau donne un linéaire de 82 km comme actuellement. Depuis 1995, on compte environ 3 km de nouvelles protections (vers Issoire principalement) et 860 m en plus sur le tronçon XII non étudié à l'époque, tandis qu'un linéaire équivalent a été supprimé de l'inventaire car aberrant ou redondant avec les digues (voir détail des modifications en **figure 26** en annexe).

Ce recensement des protections de berges devrait être complété par un inventaire plus précis définissant notamment la vocation de ces protections et surtout leur état de dégradation.

3.6.3 LES CAPTAGES D'EAU

Les captages d'eau (eau potable, irrigation) sont souvent situés à proximité de l'Allier. En effet, ils disposent ainsi d'une ressource abondante (la nappe de l'Allier) et souvent de bonne qualité (à proximité du lit, l'eau pompée provient essentiellement de la rivière, elle est donc peu chargée en nitrates, et est filtrée par les alluvions).

Cependant, la mobilité du lit de l'Allier peut amener, à terme, de nombreux puits ou champs captants à être menacés, soit par une érosion relativement lente de la berge face aux ouvrages, soit par un déplacement brutal du lit de l'Allier suite à une crue violente.

Cette mobilité apparaît cependant indispensable pour préserver la ressource en eau, en effet :

- Elle permet, à long terme, de renouveler les alluvions qui filtrent l'eau et donc de conserver une eau pompée de bonne qualité ;
- Elle permet de même de maintenir par leur renouvellement une bonne qualité des milieux écologiques, qui ont également une influence sur la qualité de l'eau ;
- Elle permet la recharge du fond du lit par les alluvions érodées et évite ainsi l'enfoncement du lit ; l'incision provoque un abaissement de la nappe qui, à terme compromet la productivité des captages.

262 puits d'eau potable et 92 prises d'irrigation ont ainsi été cartographiés. Tous les tronçons de l'Allier sont concernés. La figure 27 en annexe donne la liste complète des captages d'eau potable situés à proximité du lit de l'Allier.

3.6.4 LES GRAVIERES

Les exploitations de granulats, expulsées du lit mineur des cours d'eau au début des années 1980, se sont reportées dans le lit majeur, le plus souvent en bordure du lit actif, notamment dans les convexités de méandres. Ce report a été positif vis-à-vis de la cause majeure de l'incision du lit mineur, toutefois le mitage du lit majeur est aujourd'hui tel que le problème n'a été que repoussé dans le temps.

En effet, l'Allier, de par son déplacement progressif ou à l'occasion d'une crue, peut capturer ces gravières. Pour celles qui sont très volumineuses et très profondes, elles constituent un piège considérable pour la charge solide en charriage, ce qui peut entraîner une érosion progressive (de par le manque de charge solide provoqué à l'aval) et régressive (de par l'aspiration des matériaux provoquée par l'abaissement local du lit).

Ces gravières constituent donc un problème des plus préoccupants vis-à-vis de la gestion de l'Allier, car leur capture peut avoir des conséquences géomorphologiques importantes, mais leur protection conduit à restreindre l'espace de liberté de l'Allier et à altérer sa mobilité naturelle.

Ces gravières sont largement présentes dans les tronçons IV, VI, VII, VIII et IX, ainsi qu'à proximité de Moulins.

3.7 FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE

L'étude Epteau (1998) avait réalisé une analyse détaillée du fonctionnement écologique du Val d'Allier entre Vieille Brioude et Villeneuve. L'approche avait été double :

- **Approche botanique et phytosociologique** réalisée par le CEPA : localisation des principaux secteurs intéressants par photo-interprétation, prospection de terrain pour évaluer la valeur écologique de ces secteurs (+analyse bibliographique), puis hiérarchisation en fonction de la valeur intrinsèque du site et d'indices de qualité écologique ;
- **Approche faunistique** réalisée par la LPO : hiérarchisation des milieux en fonction de la richesse en espèces sensibles d'oiseaux et en migrateurs et hivernants.

D'un point de vue floristique, les milieux identifiés comme les plus intéressants ont été :

- Les milieux aquatiques avec végétation, formations hygrophiles ;
- Les végétations des limons et alluvions sableuses humides ;
- Les prairies mésoxérophiles, les landes à Armoise champêtre ;
- Les saulaies-peupleraies, les ormaies-frênaies, les chênaies-frênaies.

Les secteurs les plus intéressants se situent, hormis quelques espaces naturels ouverts intéressants dans les sous-tronçons IV.4 et IV.5, dans la Grande Limagne, de Pont du Château à Moulins, où la largeur de la zone inondable permet le développement de forêts alluviales sur un large périmètre, et où la dynamique latérale encore active permet l'installation d'une végétation pionnière des grèves et offre une grande diversité.

D'un point de vue faunistique, l'étude a souligné deux faits bien connus : l'importance de la dynamique de la rivière dans la création et la recréation permanente d'une mosaïque d'habitats variés, et la nécessité d'une connectivité longitudinale permettant la circulation des espèces (de même qu'une connectivité transversale) pour la pérennité de ces habitats.

Ces deux aspects sont liés, la stabilisation du lit entraînant le plus souvent une connectivité longitudinale limitée au lit mineur (difficultés de communication) et une disparition des connexions transversales (isolement des bras morts, comblement...). Ces fonctions de corridors entre les habitats de la vallée sont parmi les plus importantes et expliquent en grande partie le fonctionnement de la rivière en tant que système global.

Ces aspects sont bien sûr également importants pour les poissons, pour lesquels l'incision du lit conduit à une réduction de la circulation transversale pour les espèces phytophiles qui se reproduisent dans les annexes de la rivière, et à une réduction de la circulation longitudinale pour les migrateurs.

Au total, la moitié du linéaire étudié de l'Allier (105 km, soit 60 km²) a été jugé de très grande qualité écologique globale, avec un lien très clair avec la dynamique du cours d'eau.

Sur le tronçon Villeneuve-Bec d'Allier, de telles données ne sont pas disponibles. On notera cependant que ce tronçon fait l'objet d'une dense superposition de classements en zones écologiques remarquables (ZNIEFF, PSIC, ENS, ZPS, ZSC, ZICO), ce qui souligne sa grande qualité écologique, corrélée avec le faible aménagement global du tronçon.

4 CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIC

L'ensemble des analyses menées dans le cadre de l'approche diagnostique du fonctionnement de l'Allier, à la fois par la mise à jour de l'étude Epteau (1998) à l'amont de Villeneuve, et par les compléments apportés sur le tronçon à l'aval de Villeneuve, amène aux principales conclusions suivantes :

1. L'Allier a subi pendant plus de 30 ans une surexploitation de ses alluvions stockées en lit mineur ou moyen, une extension importante des activités agricoles aux abords du lit actif, une protection importante des berges (ces deux derniers facteurs étant moins sensibles à l'aval de Villeneuve). Ces activités se sont traduites, entre autres, par un enfoncement généralisé du lit (de l'ordre de 1.5 à 2 m en moyenne), plus ou moins intense selon les tronçons, et qui a des conséquences socio-économiques graves (baisse de la rentabilité des captages, dégradation de leur qualité physico-chimique, déchaussement des ouvrages d'art, régression des milieux naturels...).

2. Il est actuellement, depuis la fin des extractions en 1980-85, et sans réel changement de tendance depuis 1995, en phase de **réajustement morphodynamique**. Les mécanismes de méandrage et d'érosion latérale lui permettent une recharge en sédiments non négligeable mais essentiellement localisée dans la basse vallée (entre Vichy et Moulins). Le bilan sédimentaire est donc aujourd'hui très déséquilibré dans les 2/3 amont du secteur d'étude, ce qui explique la poursuite de l'incision du lit.

Pour ce qui concerne l'ensemble du secteur d'étude, on retiendra les chiffres suivants :

- près de 40% du linéaire (99 km) est actuellement très stabilisé (dont 44 km à l'aval de Villeneuve en raison d'un fonctionnement naturel en tresses) ;
- plus de 40% (112 km) présente une dynamique latérale modérée ;
- près de 20% (49 km) conserve une dynamique latérale intense, caractérisée par l'érosion active des berges et les recouvrements de sinuosité.

On note cependant une amélioration sensible de cette dynamique depuis l'étude Epteau, un certain nombre de sous-tronçons alors considérés comme stabilisés présentant aujourd'hui une dynamique latérale modérée. Ceci pourrait être un effet de la crue de 2003, la plus forte depuis longtemps, qui a provoqué de nombreuses érosions des berges sur tout le linéaire de l'Allier.

Les sous-tronçons situés entre Créchy et Moulins, et le sous-tronçon à l'aval de la confluence de la Dore, conservent, seuls, une dynamique fluviale intense et une érosion active des berges. Cette dynamique latérale fournit encore une charge solide considérable qui doit pouvoir, à terme, enrayer ce processus d'enfoncement généralisé du lit mineur de l'Allier et contribuer à la stabilisation de celui de la Loire.

A ce titre, le secteur à l'aval de Villeneuve conserve un fonctionnement en tresses satisfaisant, relativement peu touché par l'enfoncement du lit, même si l'apparition de quelques zones d'érosion peut laisser penser à un passage progressif en style méandrique.

Cependant, une augmentation de la réalimentation en charge solide par érosion des berges, et éventuellement une meilleure répartition de ces érosions, sera nécessaire pour stabiliser voire inverser ce processus d'incision, notamment sur la partie du linéaire située entre le pont de Longues et St-Germain-des-Fossés. Les affleurements de marnes y sont très nombreux et le risque est grand de perdre à court terme une ressource en eau potable de qualité.

La productivité d'une très grande partie des captages existants en lit majeur est donc menacée par cette incision qui, semble-t-il, n'est pas définitivement bloquée au toit des marnes, et pourrait se poursuivre et s'étendre, même si l'interprétation de profils en long récents ne permet pas de trancher. En outre, certains puits et zones de captages sont menacés par l'érosion des berges.

3. Le fonctionnement écologique reste encore correct mais est très fortement corrélé à la dynamique latérale d'érosion/dépôt/translation des sinuosités. Les linéaires les plus intéressants d'un point de vue écologique correspondent presque exactement aux zones de mobilité latérale moyenne à forte.

Ces trois conclusions indiquent qu'il est urgent de mettre en place une politique globale de préservation et de restauration de la dynamique fluviale de l'Allier.

GLOSSAIRE

Affleurement : roche mise à nue par l'érosion ou l'activité anthropique.

Alluvion : matériau alluvial ou sédiment transporté et déposé par endroits dans les cours d'eau.

Alluvions modernes : à toutes les époques géologiques, les cours d'eau déposent des alluvions dans la plaine autour de leur lit. Les alluvions les plus récentes (quelques siècles) sont notées Fz sur les cartes géologiques et celles un peu plus anciennes Fyz.

Annexe de rivière : bras secondaire obturé à l'amont (soit naturellement, soit par une digue submersible), bras mort, bras isolé, ancien méandre. Ces formations constituent des zones de reproduction et de croissance pour une multitude d'espèces, et des zones refuge en cas de pollution. Leur degré de vieillissement dépend directement des conditions de leur alimentation en eau (alimentation permanente par de l'eau superficielle ou souterraine, intermittente lors des crues...). (Extrait du Glossaire du SDAGE RMC, 1999)

Aquifère (nappe aquifère) : formation contenant de l'eau, constituée de roches perméables, de sables ou de graviers, et capable de stocker des quantités d'eau importantes.

Bande active : portion du lit non ou faiblement végétalisé. Lorsqu'une île est présente, la largeur mesurée de la bande active ne concerne que les bras l'entourant.

Bassin versant : surface sur laquelle tous les ruissellements ont un exutoire commun (un cours d'eau le plus souvent).

Carrière : gisement exploité de substances minérales (matériaux de construction, d'empierrement,...). Elles peuvent être à ciel ouvert ou souterraines, alluviales ou en roche massive.

Carte de Cassini : plus ancienne carte détaillée de la France (échelle 1/86 400), levée au 18^{ème} siècle.

Carte d'Etat-Major : carte de la France levée au 19^{ème} siècle (1870-1880), à usage militaire (échelle 1/80 000).

Champ captant : zone délimitant un ensemble d'ouvrages de captages d'eau souterraine d'une nappe phréatique.

Charriage : flux de sédiments (limons, sables, graviers, blocs) transportés au fond d'un cours d'eau. Le transport solide total comprend le charriage et les sédiments transportés par suspension dans l'eau.

Connectivité : propriété présentée par un paysage en mosaïque lorsqu'il offre des possibilités de relation entre compartiments et qu'il permet ainsi à certains individus (faune, flore) de passer de l'un à l'autre.

Corine Land Cover : base de données représentant l'occupation du sol européen (zones urbanisées, zones agricoles, forêts, zones humides, surfaces en eau). Elle est réalisée à partir d'images satellites (Landsat). Cette base de données dépend de Corine, la Commission des communautés européennes chargée de l'écologie.

Crue : gonflement d'un cours d'eau dû à des apports pluviométriques importants jusqu'à débordement de son lit mineur ; la cote du cours d'eau en crue est alors nettement supérieure à sa cote habituelle.

Dynamique alluviale ou fluviale : phénomènes de déplacement d'un cours d'eau dans sa vallée, liés à l'érosion, au transport et au dépôt de sédiments par les écoulements.

Erosion progressive : creusement du lit qui se propage de l'amont vers l'aval, dû à un déficit en charge alluviale provoqué par un piégeage d'une partie de la charge solide.

Erosion régressive : creusement du lit ou ablation des berges qui se propage vers l'amont par un phénomène de grignotage du talus amont jusqu'à obtention d'une nouvelle pente d'équilibre.

Espace de mobilité maximal : espace de divagation maximale théorique de la rivière, c'est-à-dire l'ensemble du fond de la vallée érodable (de par sa nature géologique).

Etiage : débit le plus faible de l'année, ou niveau moyen des basses eaux établi sur plusieurs années d'observation.

Erosion latérale : déplacement latéral du cours d'eau entraînant un recul des berges.

Forêts alluviales : forêt se développant sur les alluvions et à proximité d'un cours d'eau.

Géomorphologie fluviale : science étudiant la géométrie du lit d'un cours d'eau (largeur, longueur, sinuosité, taux d'érosion latérale...).

Gravière : plan d'eau d'origine artificielle créé par extraction de granulats (carrières) et alimenté essentiellement par la nappe souterraine.

Habitat : conditions de milieu caractérisant les zones sur lesquelles vit un individu ou une espèce.

Hygrophile : espèce végétale qui préfère les lieux humides.

Incision : enfoncement du lit dans ses alluvions.

Levée : digue.

Limons : roche meuble d'origine sédimentaire constituée de particules fines.

Lit majeur : zone d'écoulements occupée par une rivière en crue (plaine d'inondation).

Lit mineur : chenal d'écoulement creusé par la rivière pour les débits ordinaires (débits non débordants).

Lit moyen (lit actif, bande active) : portion du lit non ou faiblement végétalisée.

Méandrage : déplacement du lit mineur dans la plaine alluviale résultant d'un équilibre hydrodynamique du cours d'eau. Le méandrage naturel est un phénomène évoluant avec le régime hydraulique de la rivière et se traduit par une alternance d'érosion et d'alluvionnement des berges.

Méandrique : qui présente des méandres.

Mésoxérophile : espèce végétale qui supporte une certaine sécheresse mais pas trop intense.

Migrateurs : parmi les poissons grands migrants on distingue :

- les espèces anadromes qui vivent en mer et montent en rivière pour frayer. C'est le cas du saumon, des lamproies, de la truite de mer, des aloses...),
- les espèces catadromes qui vivent en rivière et se reproduisent en mer (l'anguille).

Module : débit moyen du cours d'eau sur plusieurs années.

Morphologie du lit : description de la forme du fond et du tracé du cours d'eau, et de ses évolutions dans le temps et dans l'espace.

Nappe alluviale : volume d'eau souterraine contenu dans des terrains alluviaux.

Nappe phréatique : eau qui se trouve dans la zone de saturation du sous-sol. Cette eau peut alimenter ou drainer des cours d'eau superficiels.

Oligocène : étage géologique de l'ère tertiaire (-34 à -23 milliards d'années).

Phytophile : se dit d'une faune aquatique vivant dans et aux dépens de la végétation.

Plancher alluvial : fond du lit.

Protection de berge : ouvrage hydraulique servant à stabiliser la berge et à supprimer les érosions. Les protections peuvent être de plusieurs types : enrochements, murs en béton, maçonneries, gabions, plantations,....

Recharge alluviale : dépôt au fond du lit de matériaux érodés sur les berges.

Renaturation : action visant à réhabiliter un milieu plus ou moins artificialisé vers un état proche de son état naturel d'origine. L'objectif de retrouver les potentialités initiales du milieu en terme de diversité biologique, de capacité autoépuratrice etc. Il peut s'agir par exemple du "reméandrage" d'une rivière recalibrée par exemple. (Extrait du Glossaire du SDAGE RMC, 1999)

Restauration : action visant à retrouver un état de référence initial généralement lié à des objectifs d'usage particuliers (restauration d'un paysage, d'une capacité d'écoulement etc.). La restauration est souvent motivée par l'absence prolongée d'entretien d'un milieu dont le fonctionnement est donc "altéré" au regard de l'état antérieur. (Extrait du Glossaire du SDAGE RMC, 1999)

Sédimentation : dépôt dans les cours d'eau ou dans les bassins de matériaux alluvionnaires transportés en suspension ou par charriage.

Sédiments : particules solides transportées par un cours d'eau puis déposées au fond du cours d'eau.

Substratum : roche présente sous les alluvions du cours d'eau.

Taux d'abandon : pourcentage de la surface abandonnée en moyenne par le cours d'eau en raison de son déplacement.

Taux d'érosion : pourcentage de la surface érodée en moyenne chaque année par le cours d'eau.

Terrasses : alluvions situées dans la plaine du cours d'eau à un niveau supérieur au lit.

Tresses (écoulement en tresses) : se dit d'une rivière ou torrent, généralement à fort charriage, dont le lit mineur suffisamment large possède plusieurs bras d'écoulement (à l'étiage ou en moyennes eaux) s'entrecroisant dans les alluvions.

Zone Natura 2000 : le Réseau Natura 2000 est constitué de l'ensemble des sites de conservation des espèces d'oiseaux considérées comme rares ou menacées à l'échelle de l'Europe (les Zones de Protection Spéciale - ZPS - de la directive « Oiseaux ») et des sites de protection des milieux et espèces rares, remarquables ou représentatifs de la biodiversité européenne (hormis les oiseaux déjà pris en compte) (les Zones Spéciales de Conservation - ZSC - de la directive « Habitats »). Son objectif est de mettre en œuvre une gestion écologique des milieux remarquables en tenant compte des nécessités économiques, sociales et culturelles ou des particularités régionales et locales. Il s'agit de favoriser, par l'octroi d'aides financières nationales et européennes, des modes d'exploitation traditionnels et extensifs, ou de nouvelles pratiques, contribuant à l'entretien et à la préservation de ces milieux et de ces espèces. (Source : DIREN Centre)

SIGLES

- AEP** : Alimentation en Eau Potable
CEPA : Conservatoire des Espèces et Paysages d'Auvergne
CETE : Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement
CLE : Commission Locale de l'Eau
CSP : Conseil Supérieur de la Pêche
DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DDE : Direction Départementale de l'Équipement
DIREN : Direction Régionale de l'Environnement
DPF : Domaine Public Fluvial
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
ENS : Espace Naturel Sensible (Conseil Général)
IGN : Institut Géographique National
PK : Point Kilométrique
PSIC : Proposition de Site d'Importance Communautaire (Natura 2000)
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIAEP : Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable
SIEL : Système d'Information sur l'Évolution du lit de la Loire
SIG : Système d'Information Géographique
SIVOM : Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples
SMEA : Syndicat Mixte des Eaux de l'Allier
ZICO : Zone d'intérêt Communautaire pour la Conservation des Oiseaux sauvages
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique.
ZPS : Zone de Protection Spéciale (Directive Oiseaux, Natura 2000)
ZSC : Zone Spéciale de Conservation (Directive Habitats, Natura 2000)

FIGURES

Figure 1 – Découpage en sous-tronçons et dynamique latérale

Figure 2 – Pente générale du lit

Figure 3 – Pentés partielles du lit

Figure 4 – Largeur des alluvions modernes Fz et Fyz

Figure 5 – Largeur moyenne des alluvions modernes et du lit moyen actuel

Figure 6 – Largeur du lit moyen en 2005

Figure 7 – Evolution de la largeur du lit moyen entre 1945 et 2005

Figure 8 – Evolution de la longueur du lit moyen entre 1945 et 2005

Figure 9 – Evolution du coefficient de sinuosité du lit moyen par tronçon

Figure 10 – Evolution du coefficient de sinuosité du lit moyen par sous-tronçon

Figure 11 – Amplitude des sinuosités actuelles (2005)

Figure 12 – Evolution de la ligne d'eau d'étiage – données disponibles

Figure 13 – Evolution de la ligne d'eau d'étiage entre 1931/32 et 1983, entre 1983/89/91 et 2005, de Moulins au Bec d'Allier

Figure 14 – Comparaison des lignes d'eau de 1933/35, 1979/80 et de 2005, de Cournon à Villeneuve

Figure 15 – Evolution de la ligne d'eau d'étiage entre 2005 et 2000

Figure 16 – Surfaces érodées et abandonnées entre 1945 et 2005 (tronçons)

Figure 17 – Surfaces érodées et abandonnées entre 1945 et 2005 (sous-tronçons) en ha/an/km

Figure 18 – Surfaces érodées entre 1945 et 2005 (sous-tronçons), emplacement des ponts et des protections de berges

Figure 19 – Comparaison des taux d'érosion annuels sur les périodes 1945-1983, 1983-2005, 1945-2005 (sous-tronçons)

Figure 20 – Comparaison des taux d'érosion annuels sur les périodes 1945-1983, 1983-2005, 1945-2005 (tronçons)

Figure 21 – Surfaces érodées et abandonnées entre 1983, 1995 et 2005 (sous-tronçons)

Figure 22 – Occupation des sols 500 m de part et d'autre du lit moyen de l'Allier, par sous-tronçon

Figure 23 – Distribution des ponts le long du cours de l'Allier

Figure 24 – Linéaire cumulé des protections de berges par tronçon

Figure 25 – Linéaire cumulé des protections de berges par sous-tronçon

Figure 26 – Comparaison des longueurs d'enrochements et de digues entre 1995 et 2005, par sous-tronçon

Figure 27 – Liste des captages d'eau potable à proximité du lit de l'Allier

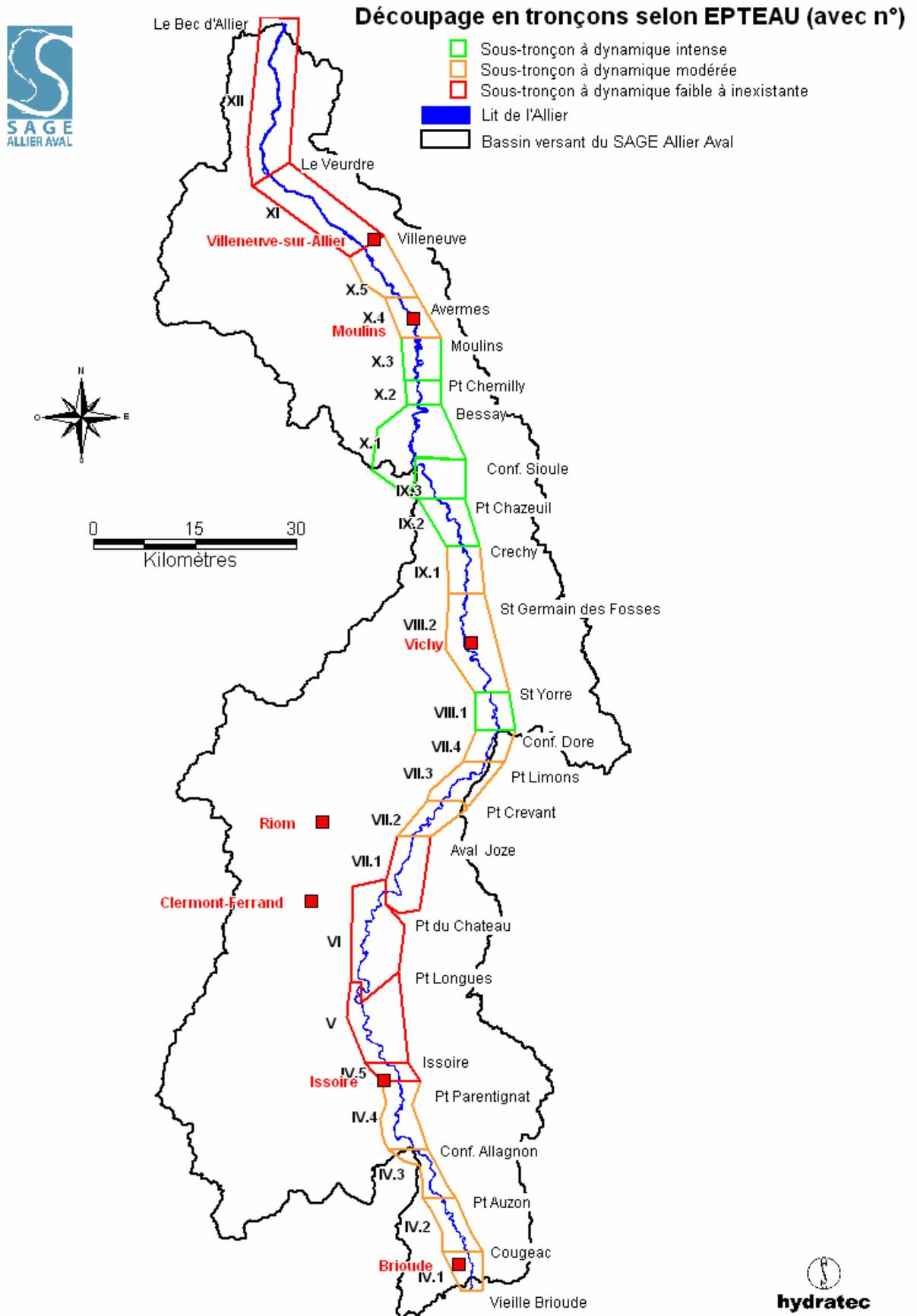
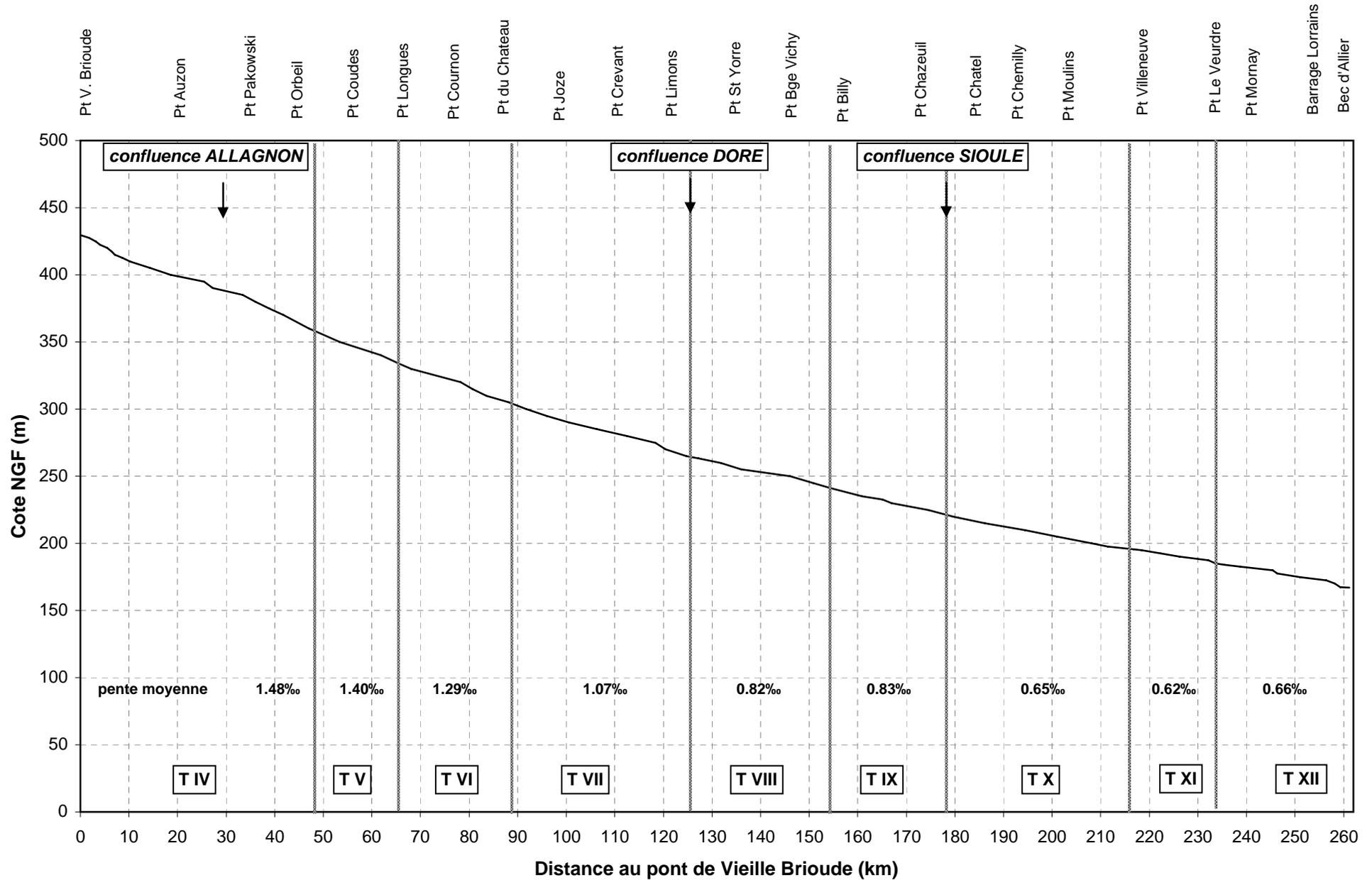
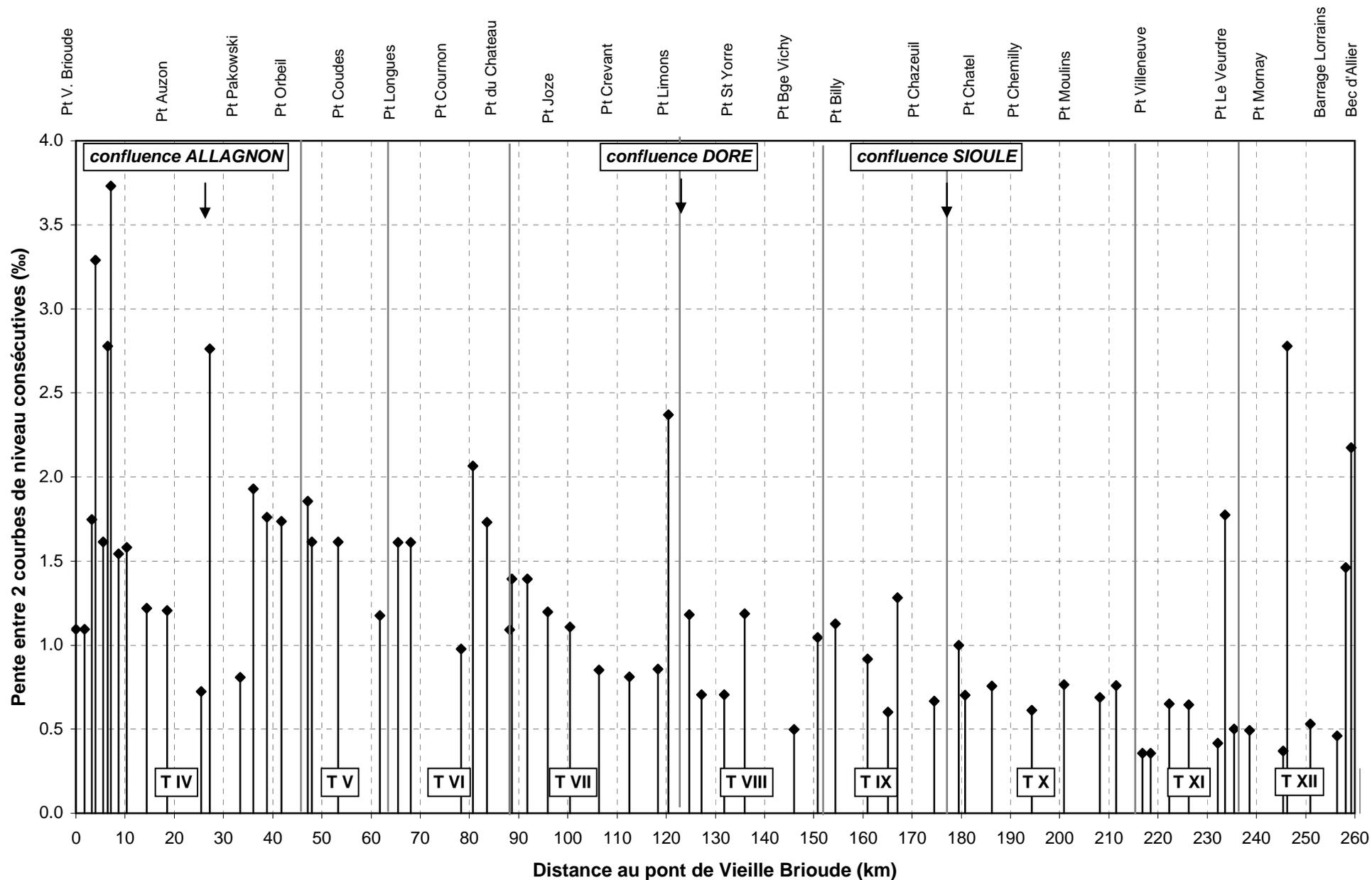


Figure 1 – Découpage en sous-tronçons et dynamique latérale

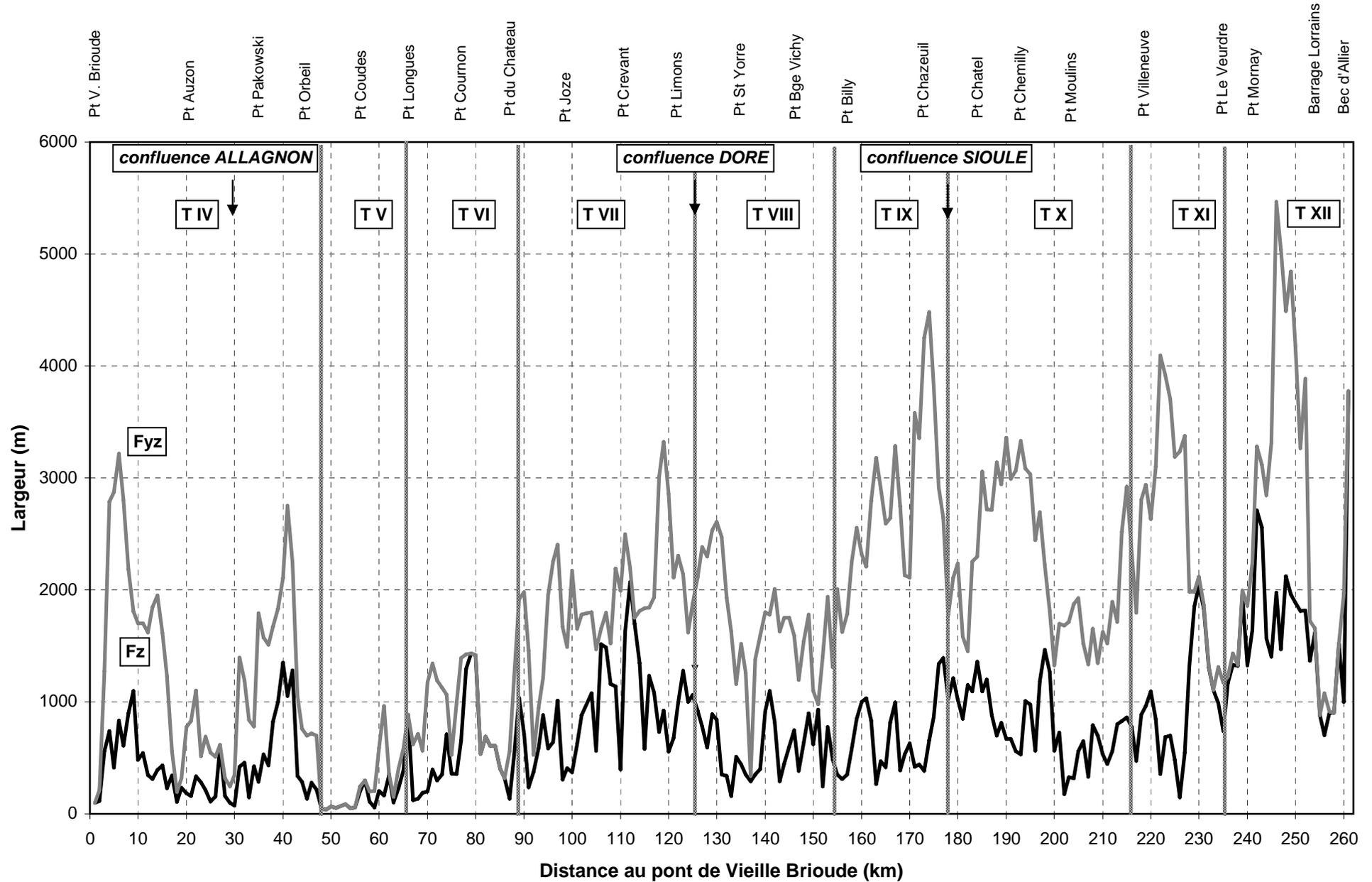
2) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER : PENTE GENERALE DU LIT



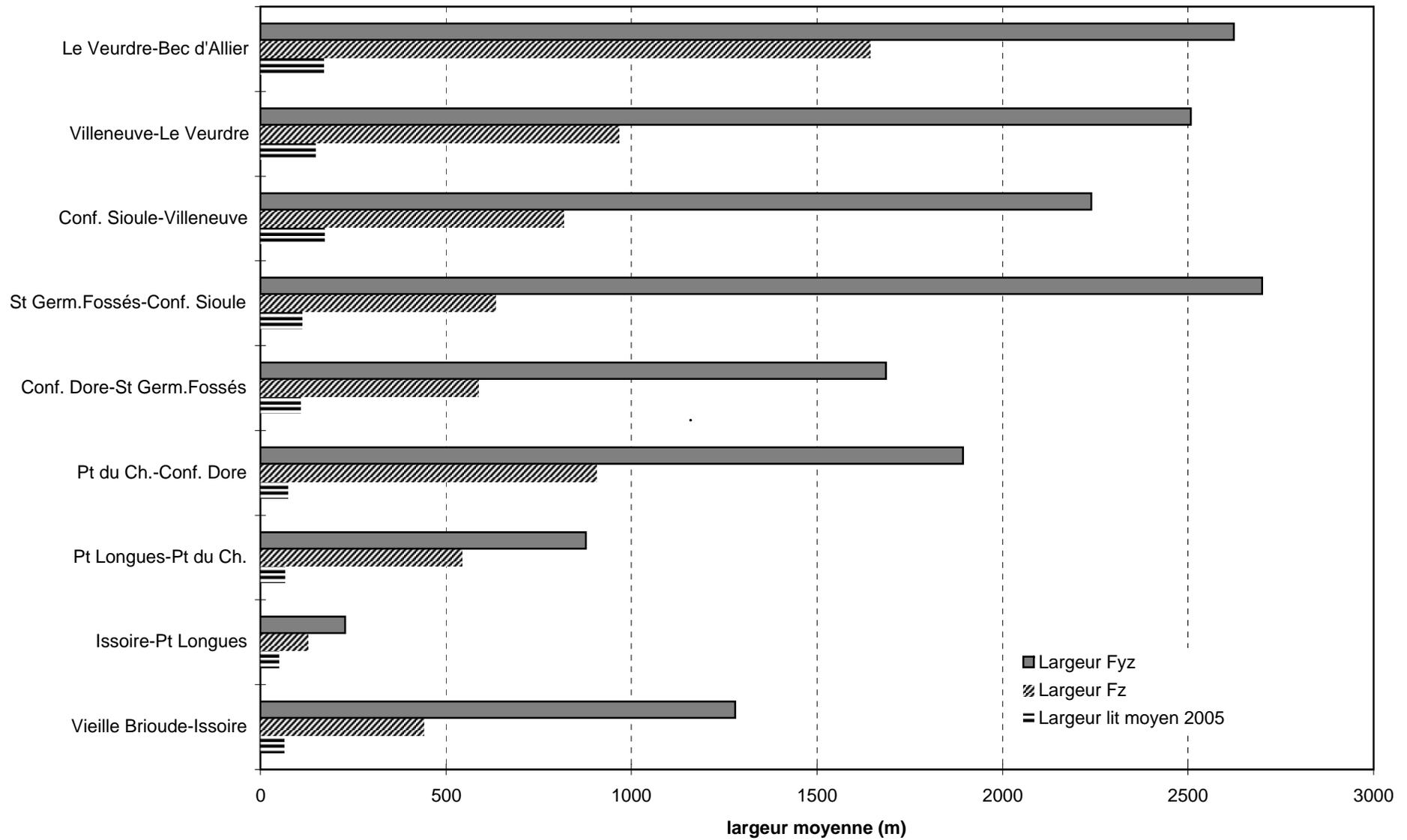
3) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUE AU BEC D'ALLIER : PENTES PARTIELLES DU LIT



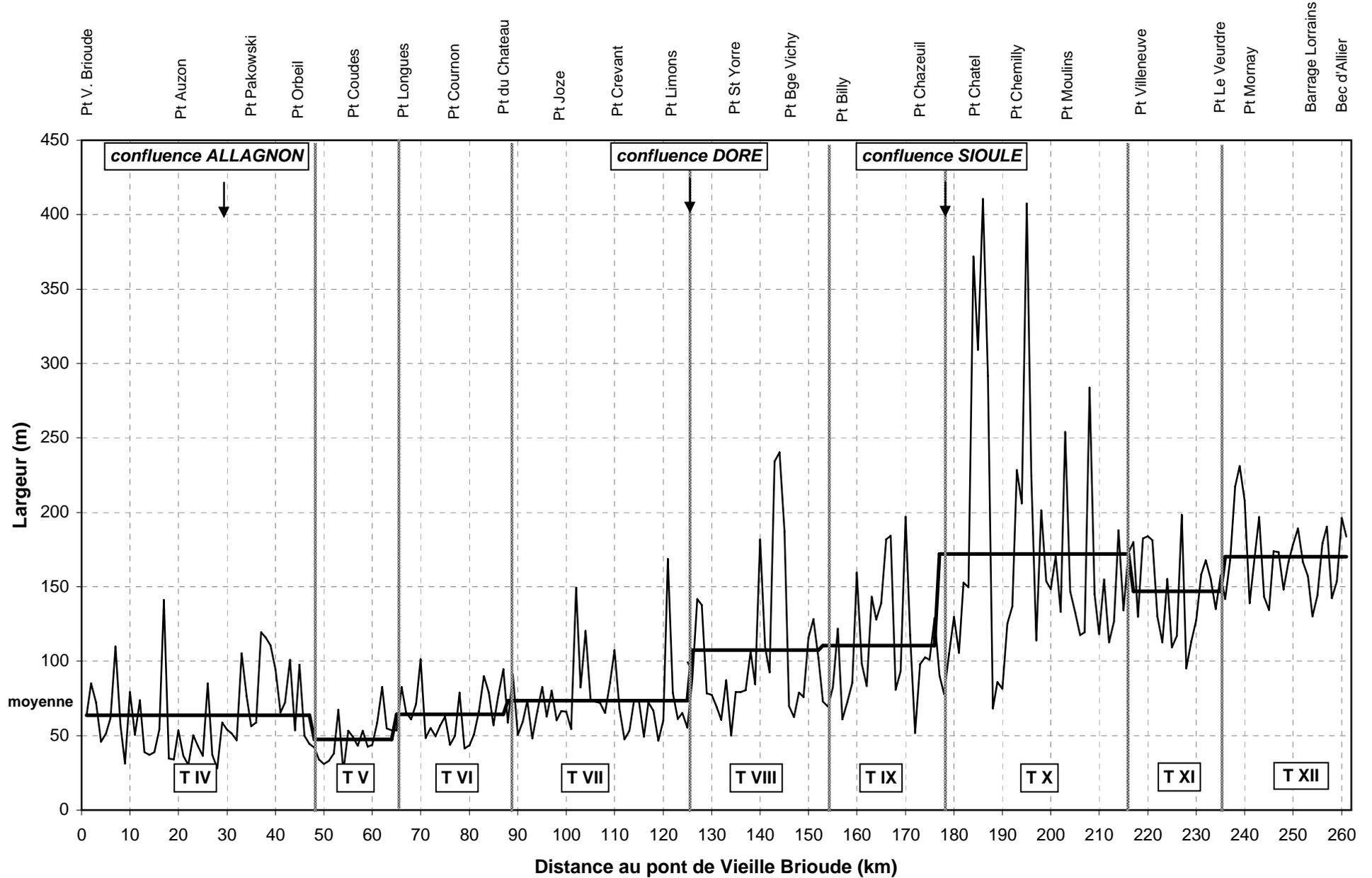
4) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER : LARGEUR DES ALLUVIONS MODERNES: Fz et Fyz



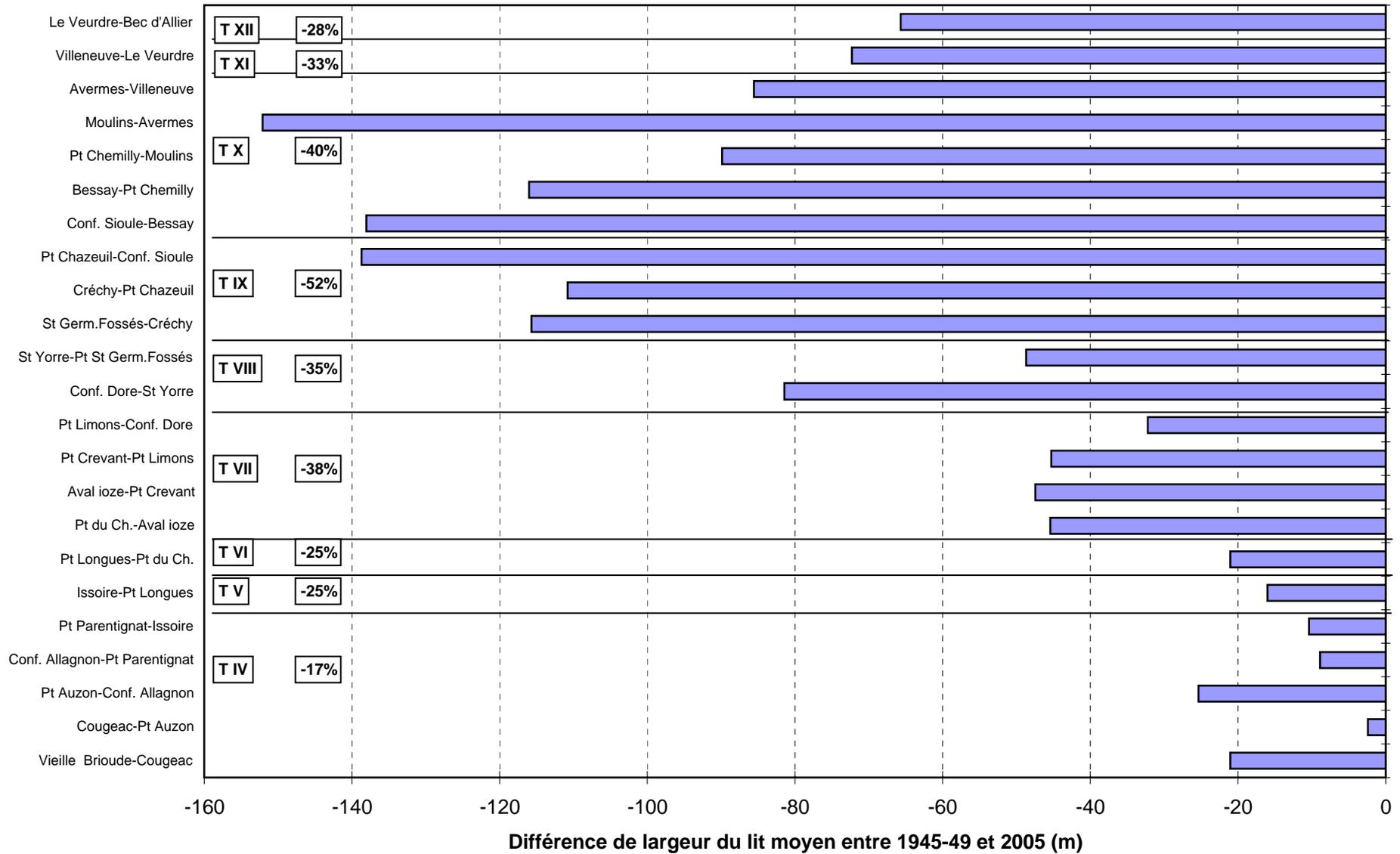
**5) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (tronçons)
LARGEUR MOYENNE DES ALLUVIONS MODERNES (Fz - Fyz) ET DU LIT MOYEN ACTUEL (2005)**



6) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER : LARGEUR DU LIT MOYEN EN 2005

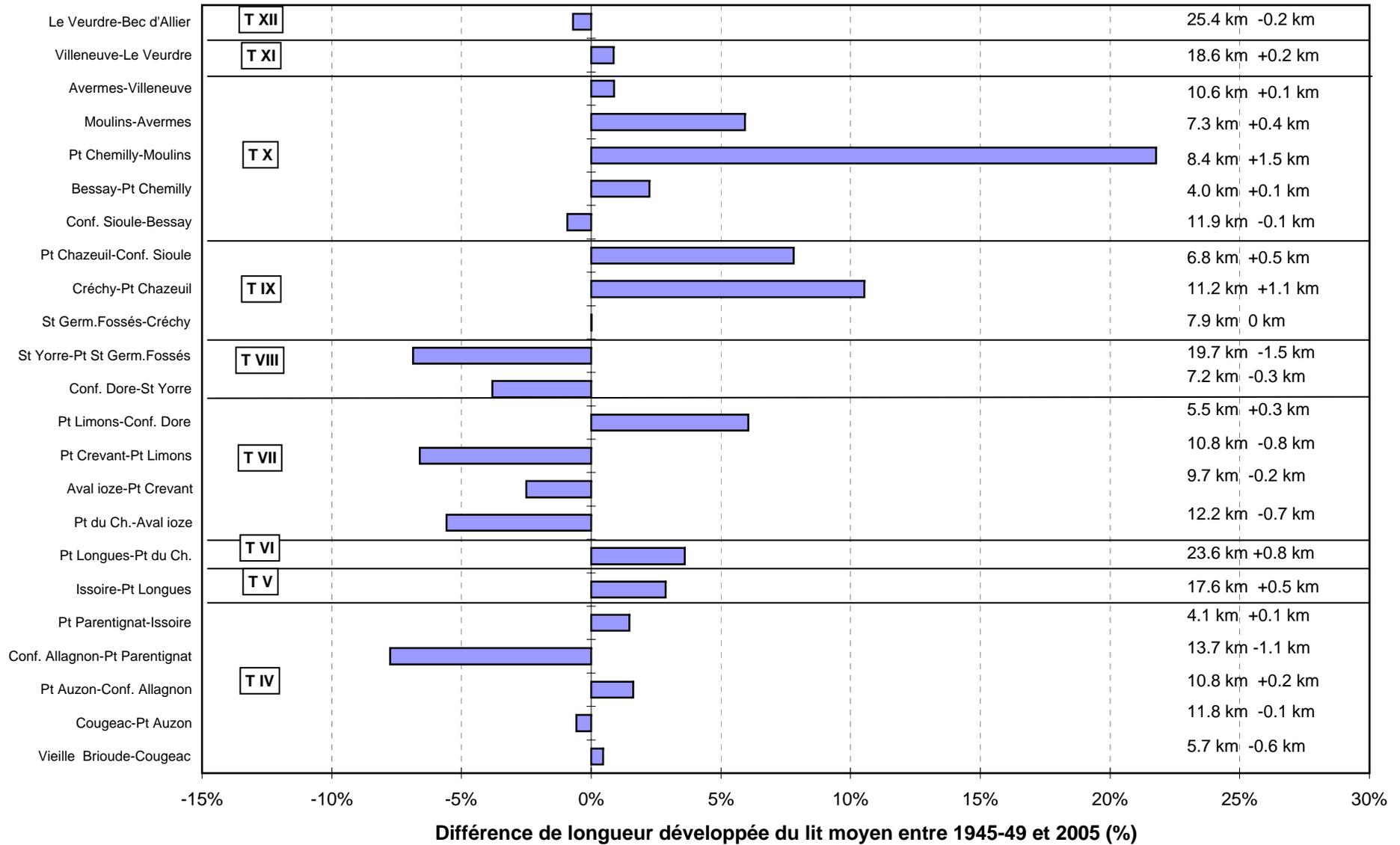


**7) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (sous-trançons)
EVOLUTION DE LA LARGEUR DU LIT MOYEN ENTRE 1945 ET 2005**

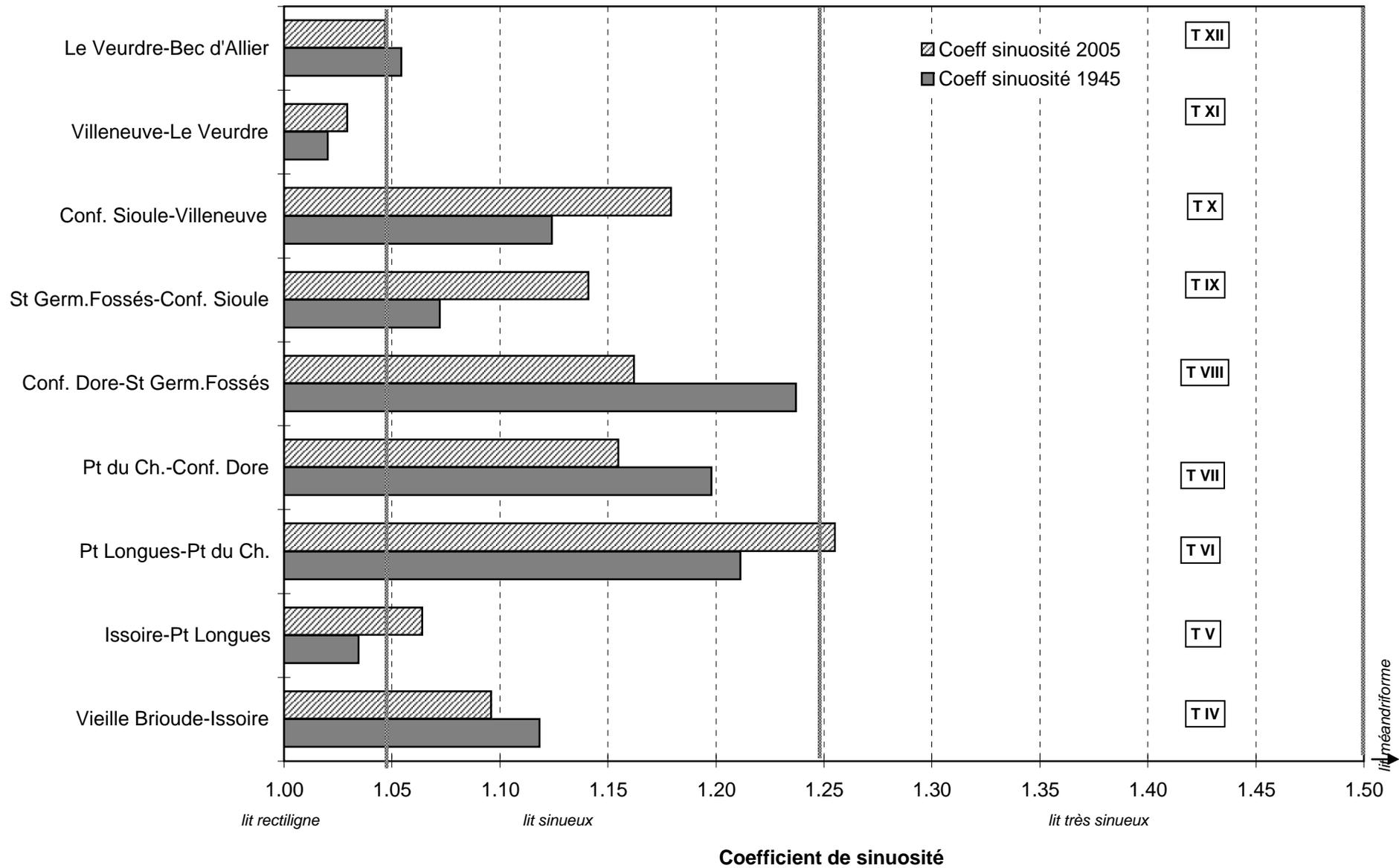


**8) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (sous-trançons)
EVOLUTION DE LA LONGUEUR DU LIT MOYEN ENTRE 1945 ET 2005**

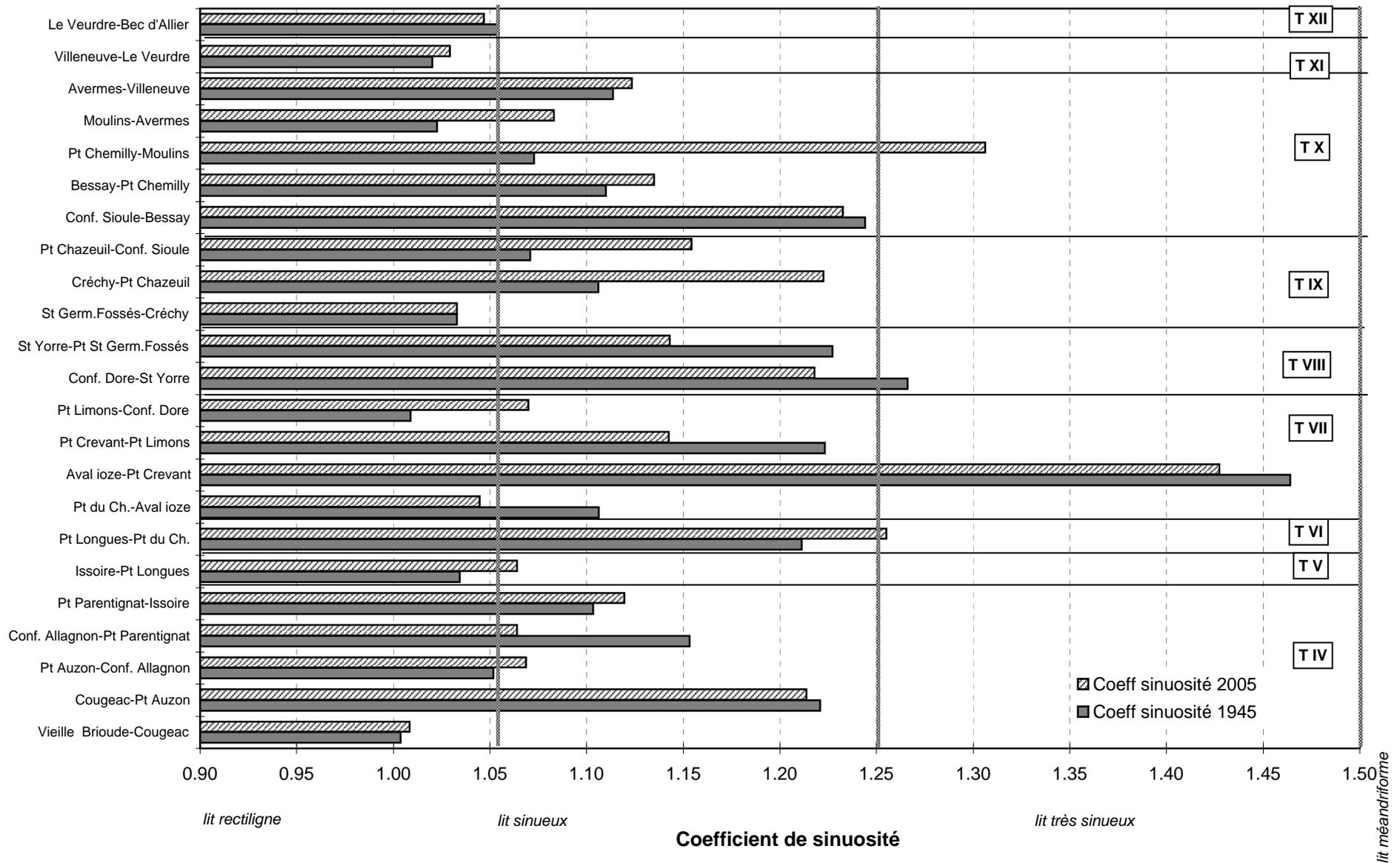
Longueur du sous-trançon en 2005
Evolution en km depuis 1945



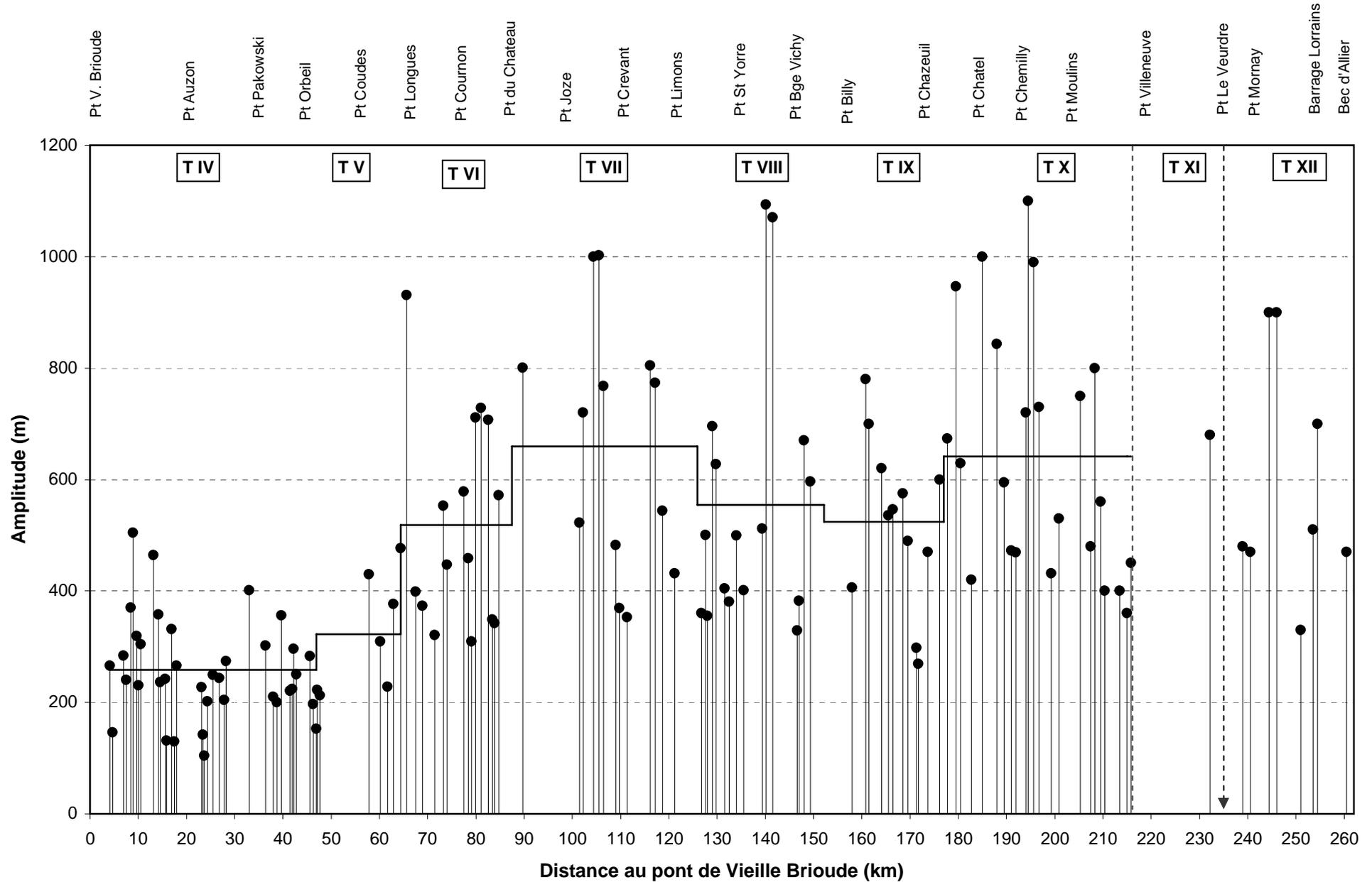
9) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (tronçons)
EVOLUTION DU COEFFICIENT DE SINUOSITE DU LIT MOYEN ENTRE 1945 ET 2005
 (SI = longueur développée du cours d'eau/longueur de l'axe de la vallée)



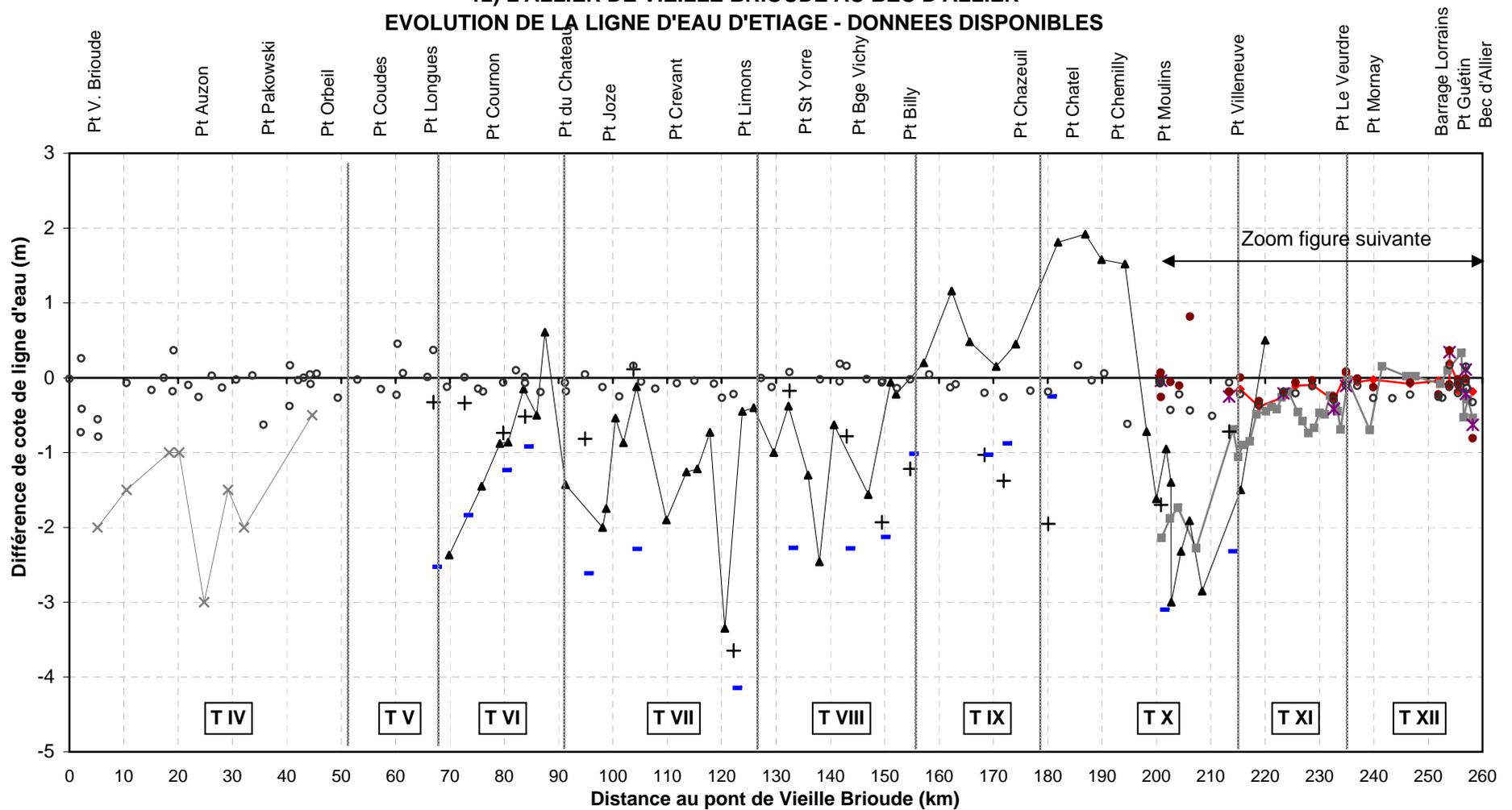
10) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE A VILLENEUVE (sous-tronçons)
EVOLUTION DU COEFICIENT DE SINUOSITE DU LIT MOYEN ENTRE 1945 ET 2005
 (SI = longueur développée du cours d'eau/longueur de l'axe de la vallée)



11) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER : AMPLITUDE DES SINUSITES ACTUELLES

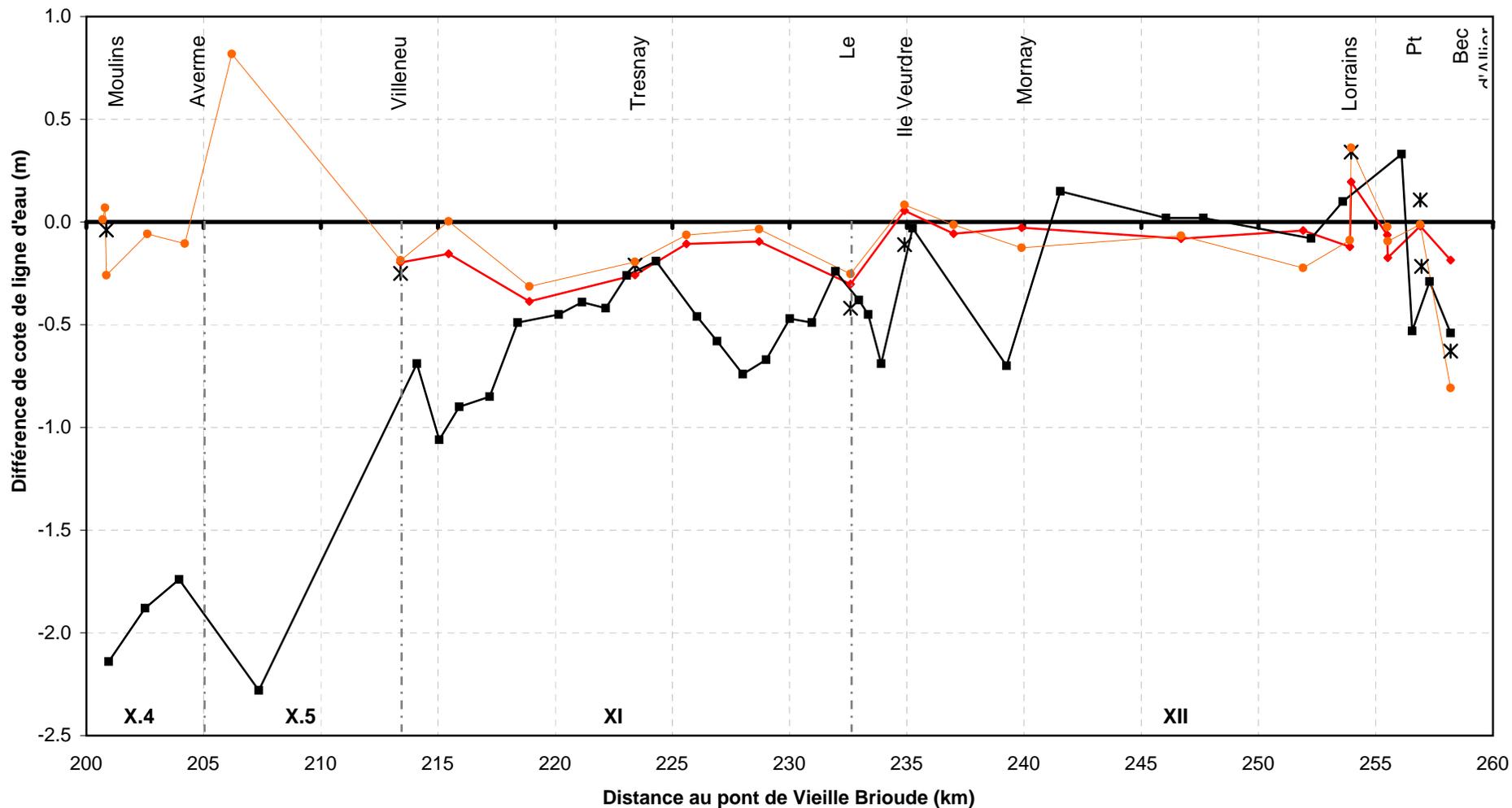


12) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUE AU BEC D'ALLIER EVOLUTION DE LA LIGNE D'EAU D'ETIAGE - DONNEES DISPONIBLES

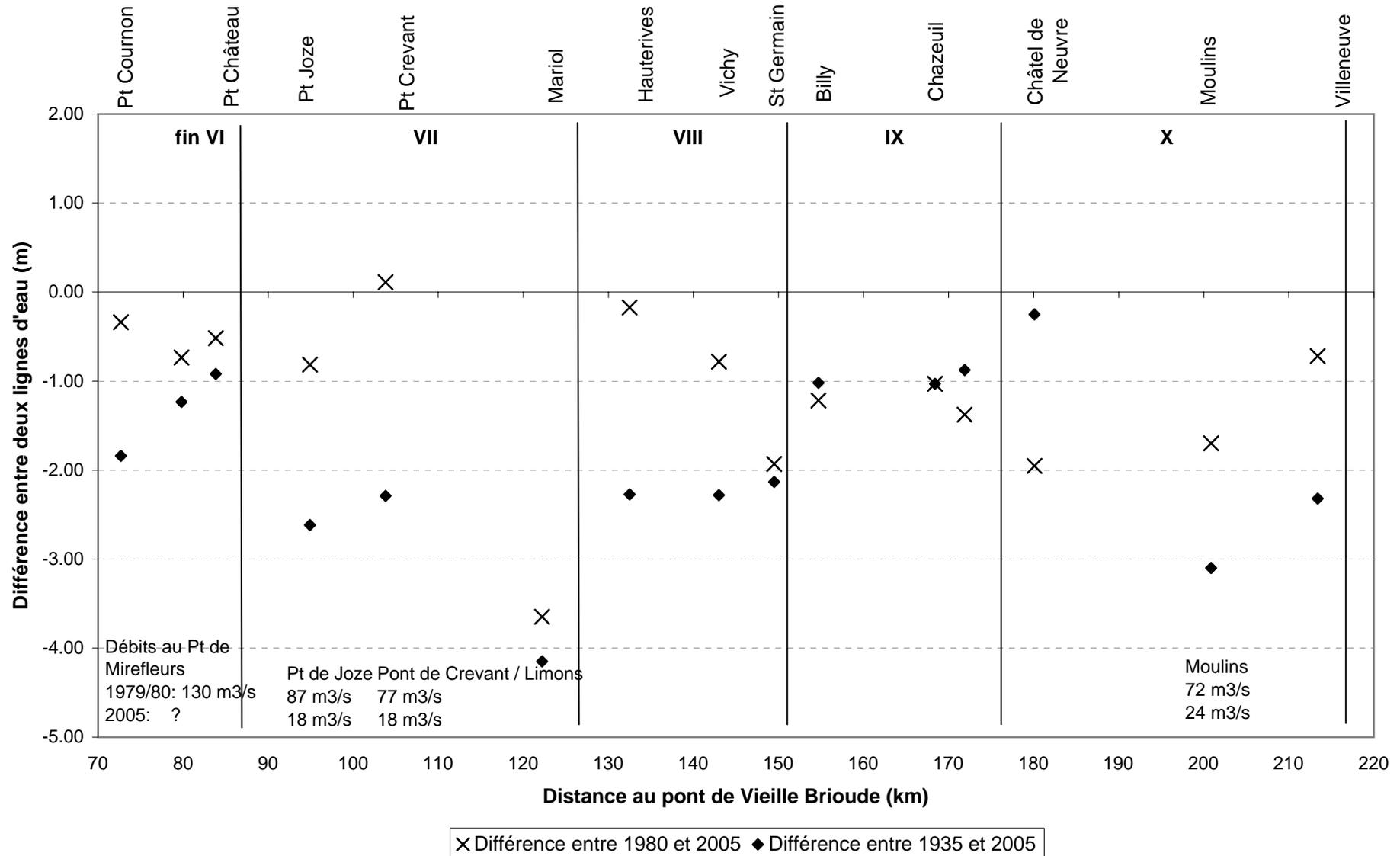


- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> —●— Evolution entre étiages 9/12 août 2005 et 18/19 juillet 1989 —▲— Evolution entre étiages hiver 1980 (lever CSP) et 1933/1935 (SNGF) —×— Evolution entre étiages août 2005 et juillet 1983 —+— Evolution entre étiages 2005 et 1980 —○— Evolution entre étiages 2005 et 2000 | <ul style="list-style-type: none"> —■— Evolution entre modèle Sogreah 1983 et étiage octobre 1931/32 (IGN) —×— Evolution entre étiages 1980 et 1933/1935 (Etude CETE 1995) ● Evolution entre étiages août 2005 et septembre 1991 —■— Evolution entre étiages 2005 et 1935 |
|---|--|

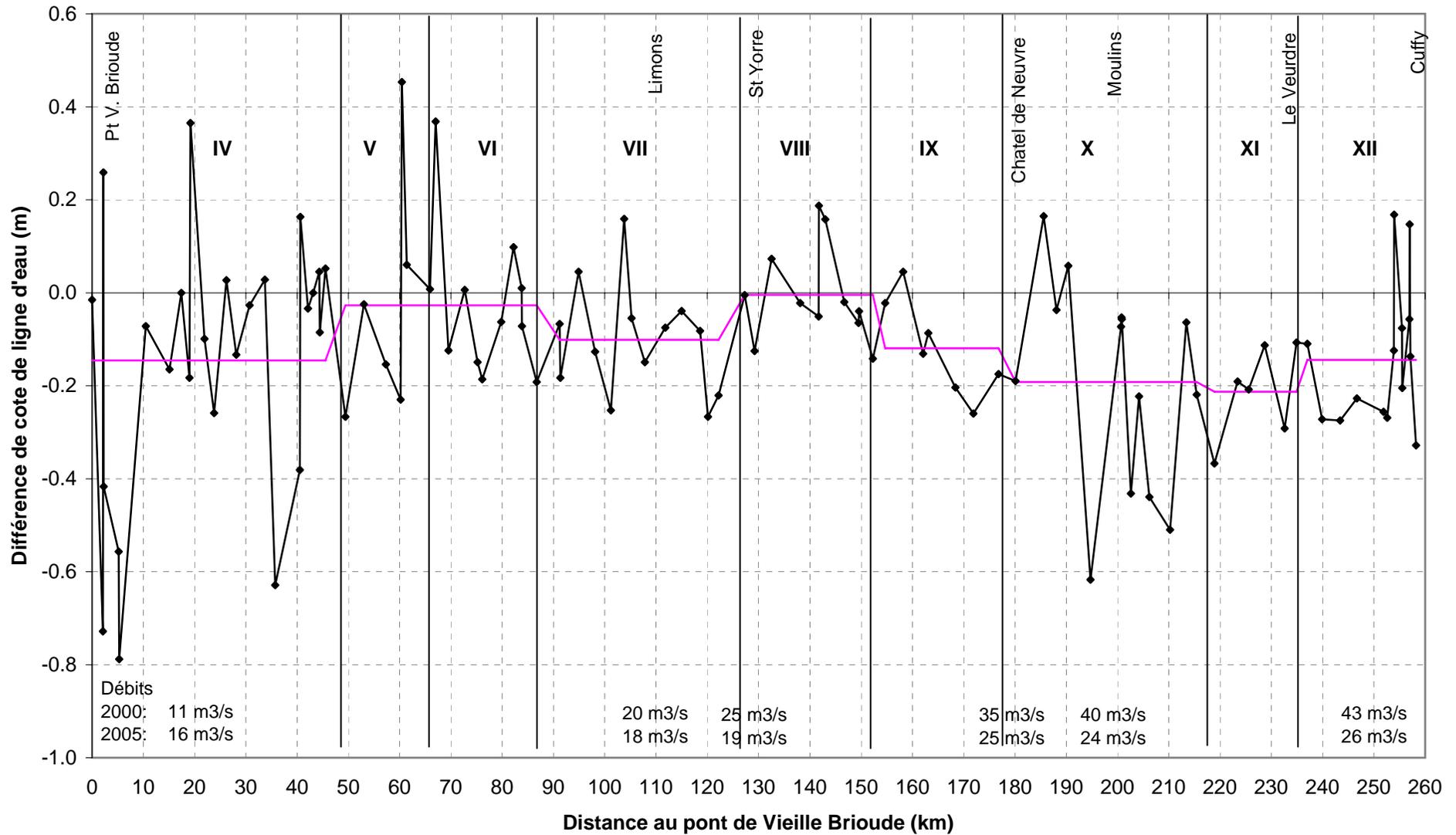
**13) L'ALLIER DE MOULINS AU BEC D'ALLIER :
EVOLUTION DE LA LIGNE D'EAU D'ETIAGE ENTRE 1931/32 ET 1983, ENTRE 1983/89/91 ET 2005**



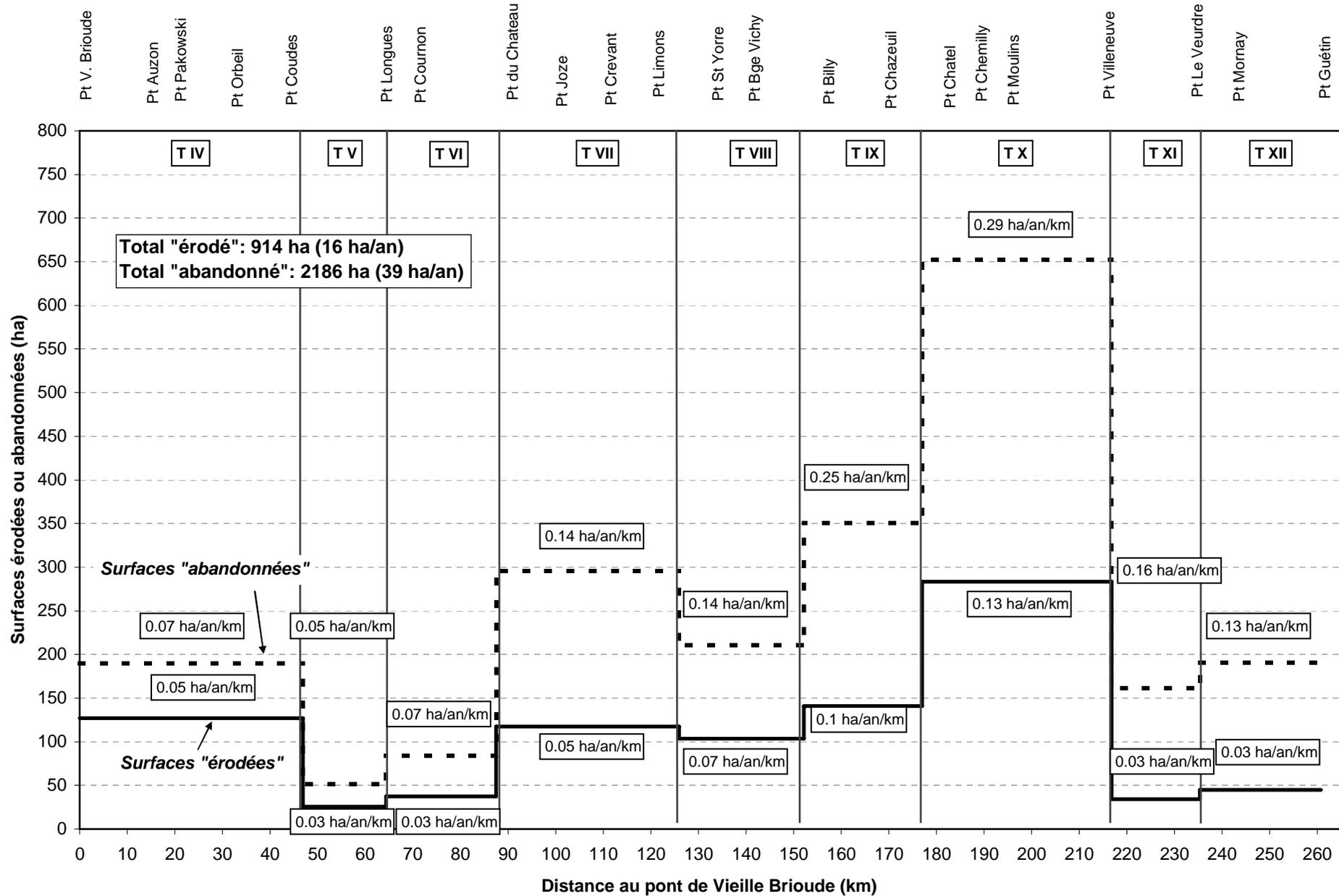
14) L'ALLIER DE COURNON A VILLENEUVE : COMPARAISON DES LIGNES D'EAU DE 1933/35, 1979/80 ET 2005



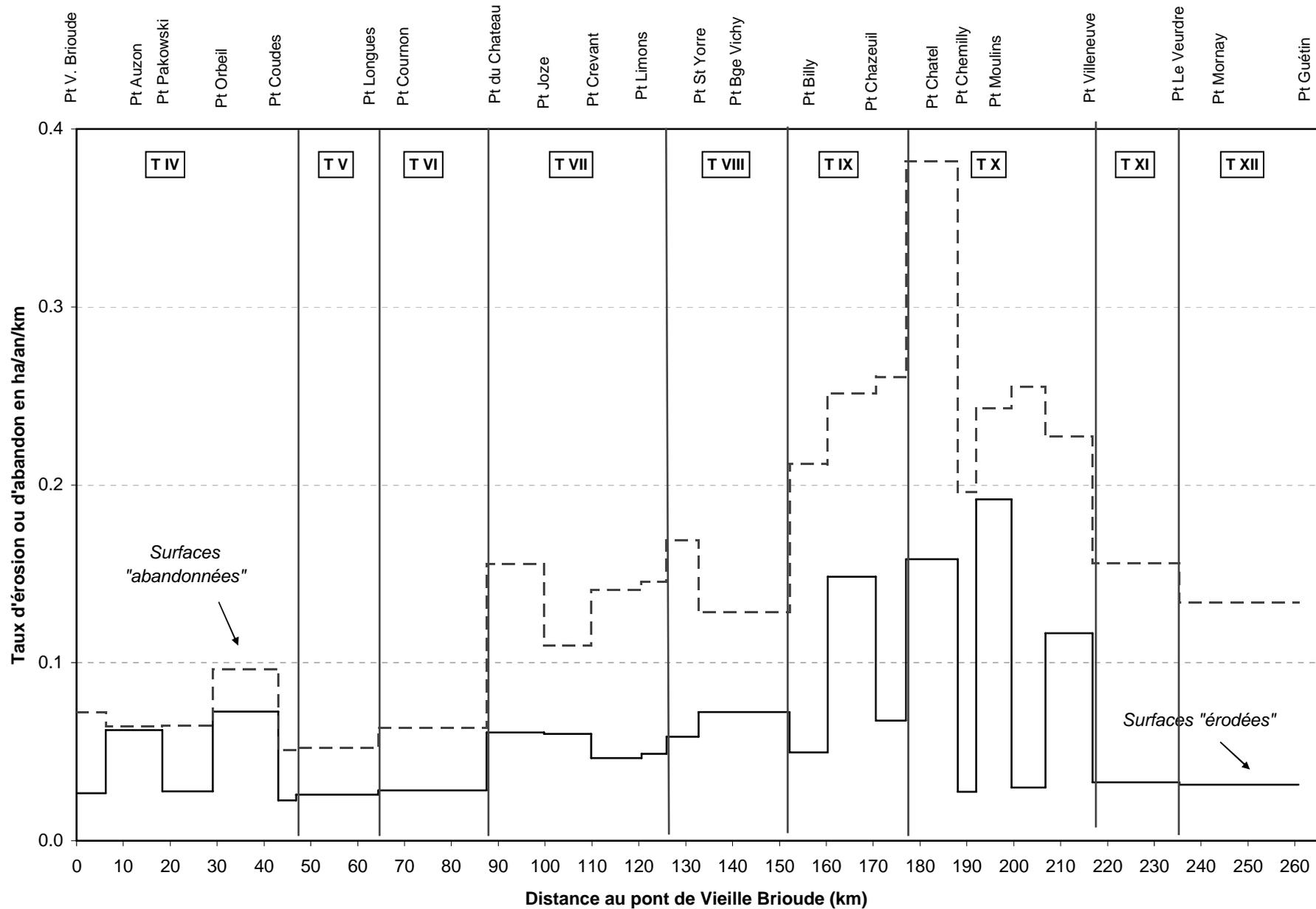
**15) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER
EVOLUTION DE LA LIGNE D'EAU D'ETIAGE ENTRE 2005 ET 2000**



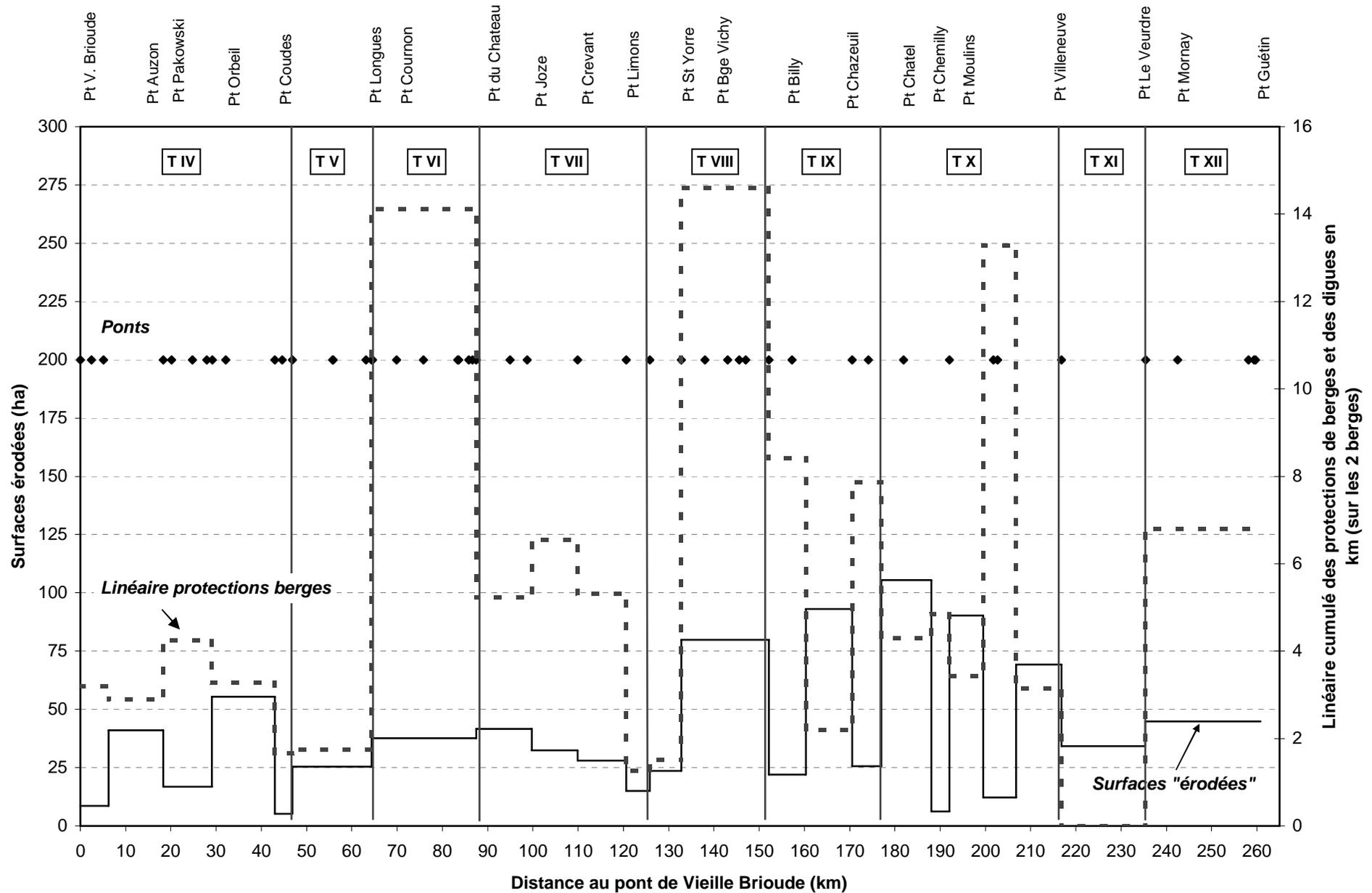
**16) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (tronçons)
SURFACES ERODEES ET ABANDONNEES ENTRE 1945 ET 2005**



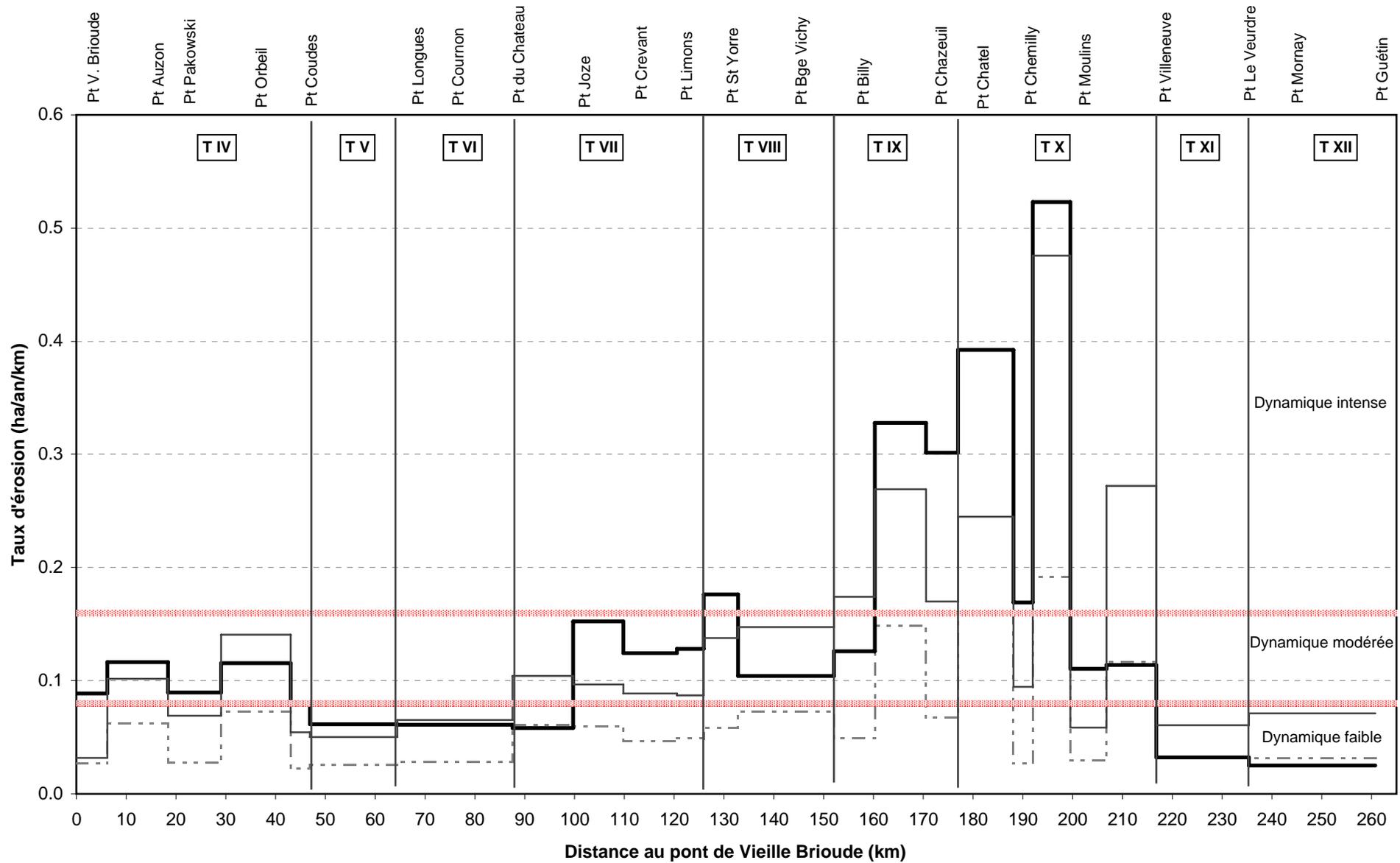
**17) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (sous-trançons)
SURFACES ERODEES ET ABANDONNEES ENTRE 1945 ET 2005**



**18) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (sous-tronçons)
SURFACES ERODEES ENTRE 1945 ET 2005, EMLACEMENTS DES PONTS ET DES PROTECTIONS DE BERGE**

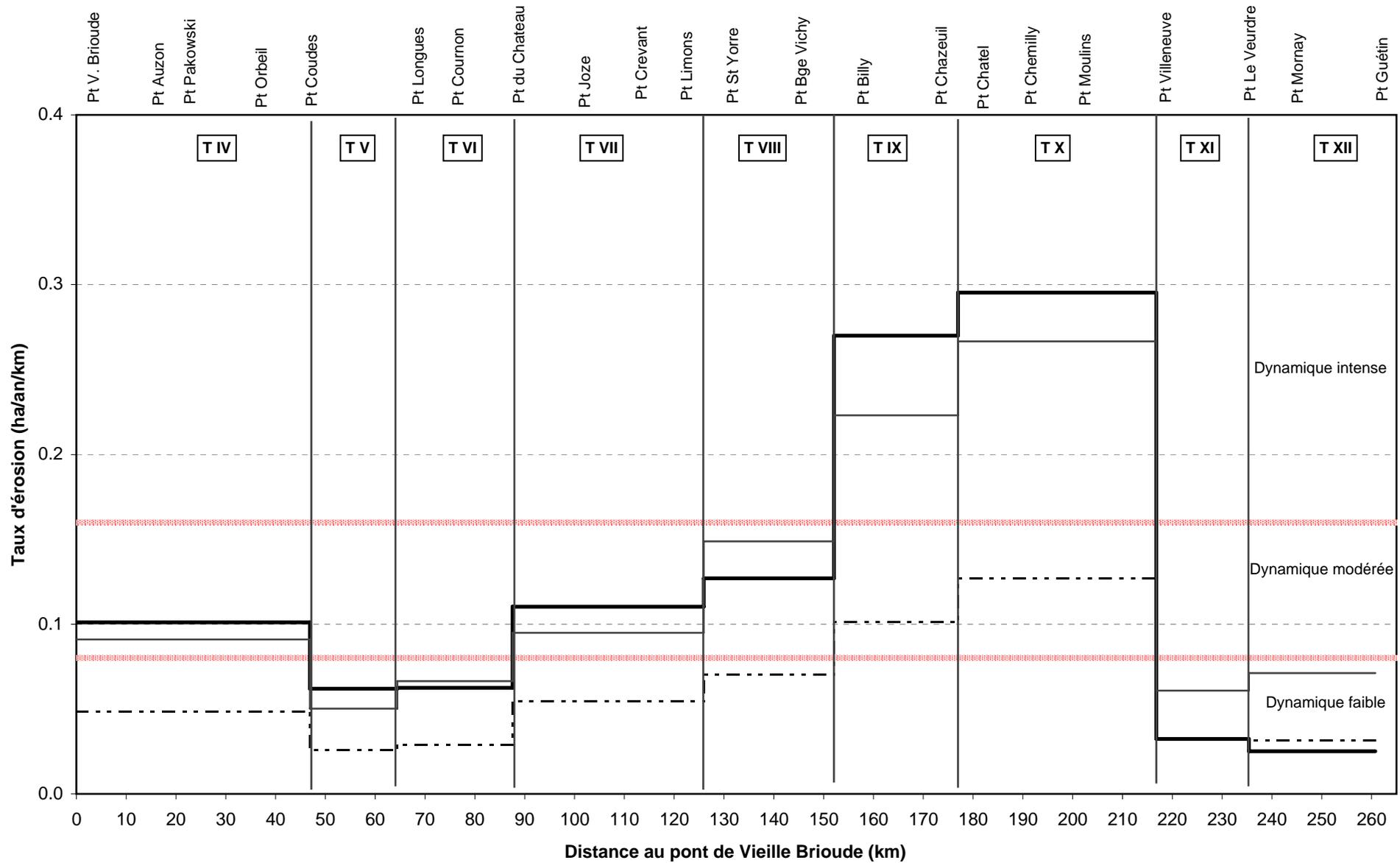


19) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (sous-trançons)
COMPARAISON DES TAUX D'ÉROSION ANNUELS SUR LES PERIODES 1945-1983, 1983-2005, 1945-2005



--- Taux d'érosion 1949-2005 ——— Taux d'érosion 1983-2005 ——— Taux d'érosion 1949-1983

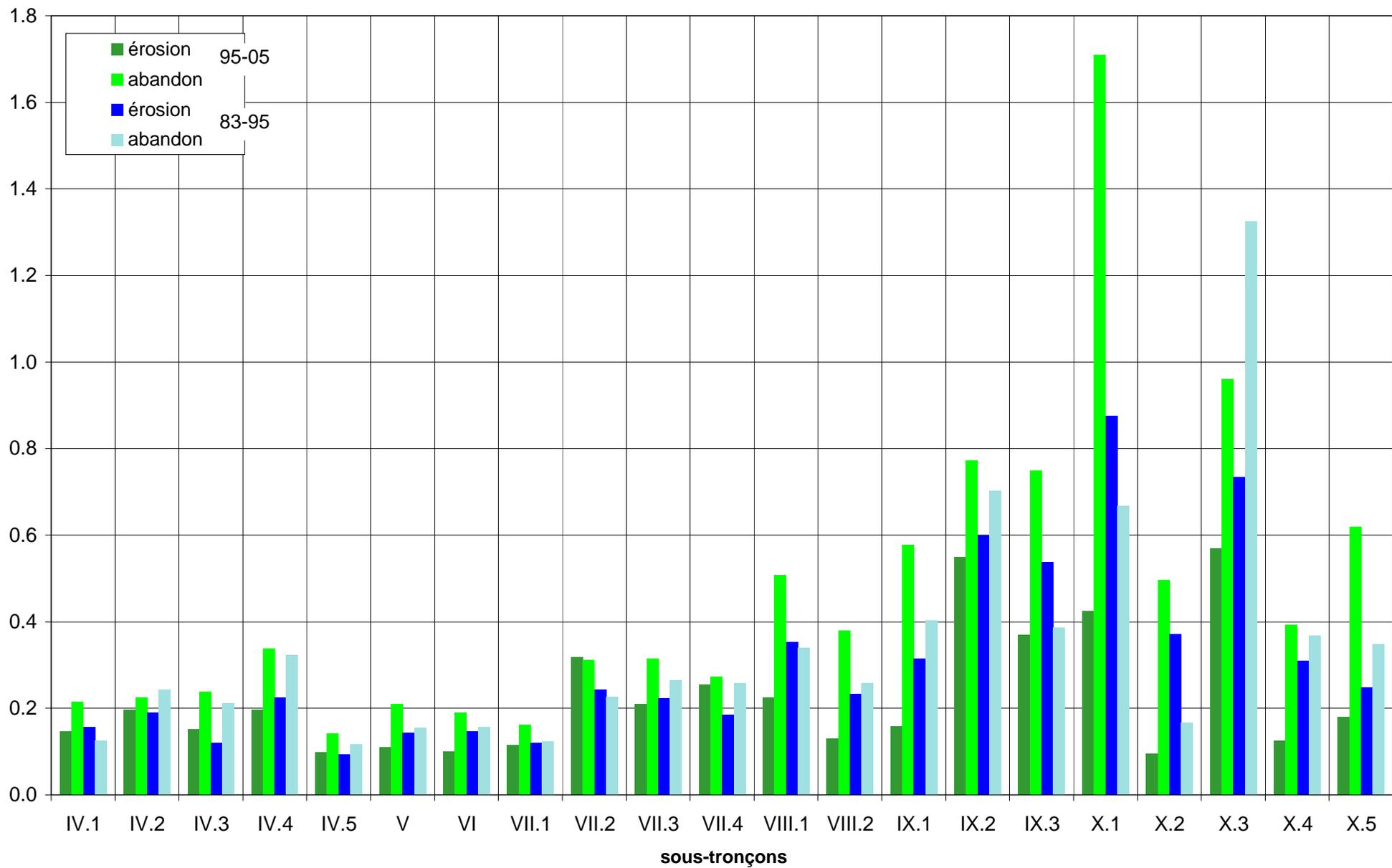
**20) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (tronçons)
COMPARAISON DES TAUX D'ÉROSION ANNUELS SUR LES PERIODES 1945-1983, 1983-2005, 1945-2005**



--- Taux d'érosion 1949-2005 ——— Taux d'érosion 1983-2005 ——— Taux d'érosion 1949-1983

**21) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE A VILLENEUVE (sous-tronçons)
SURFACES ERODEES ET ABANDONNEES ENTRE 1983, 1995 ET 2005**

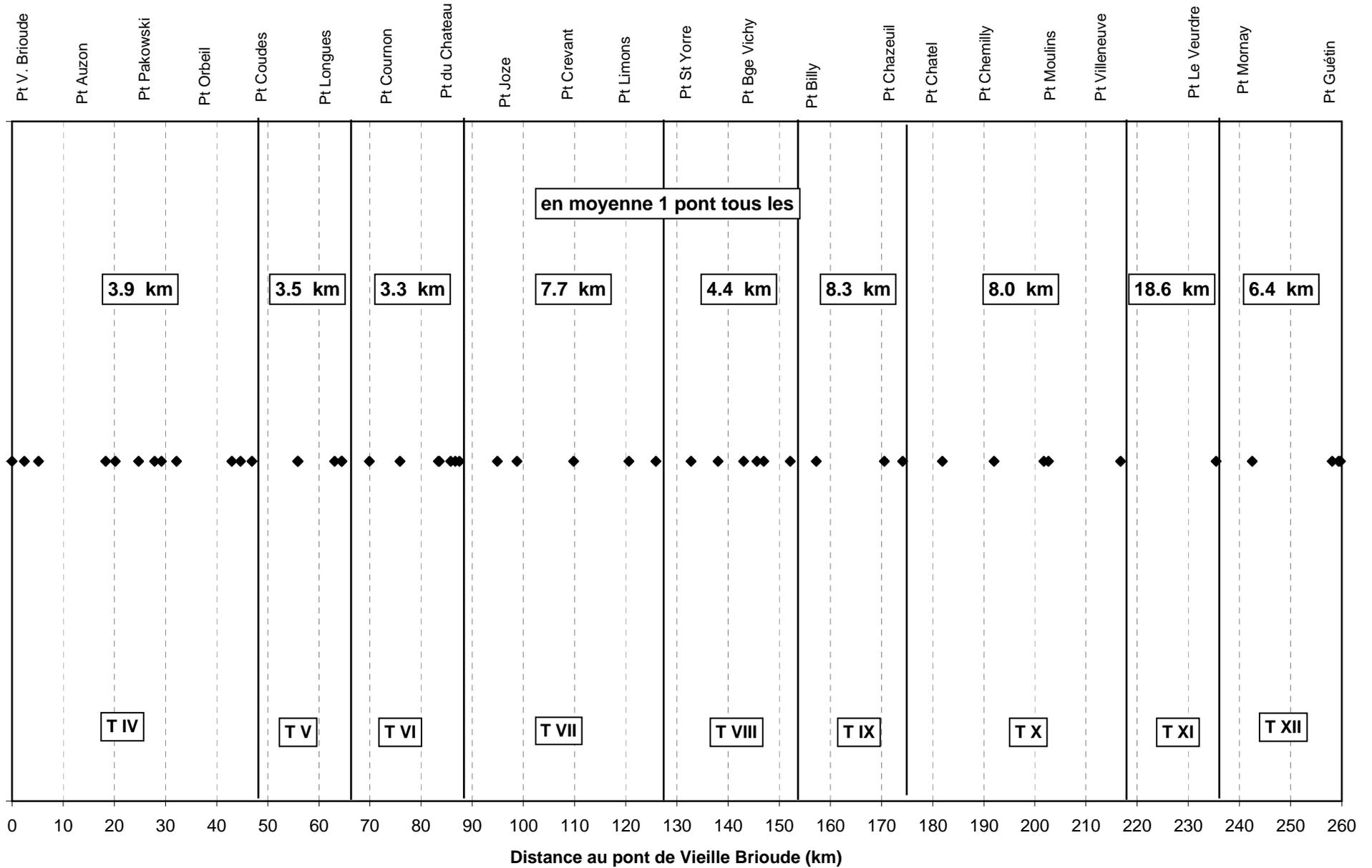
taux d'érosion (ha/an/km)



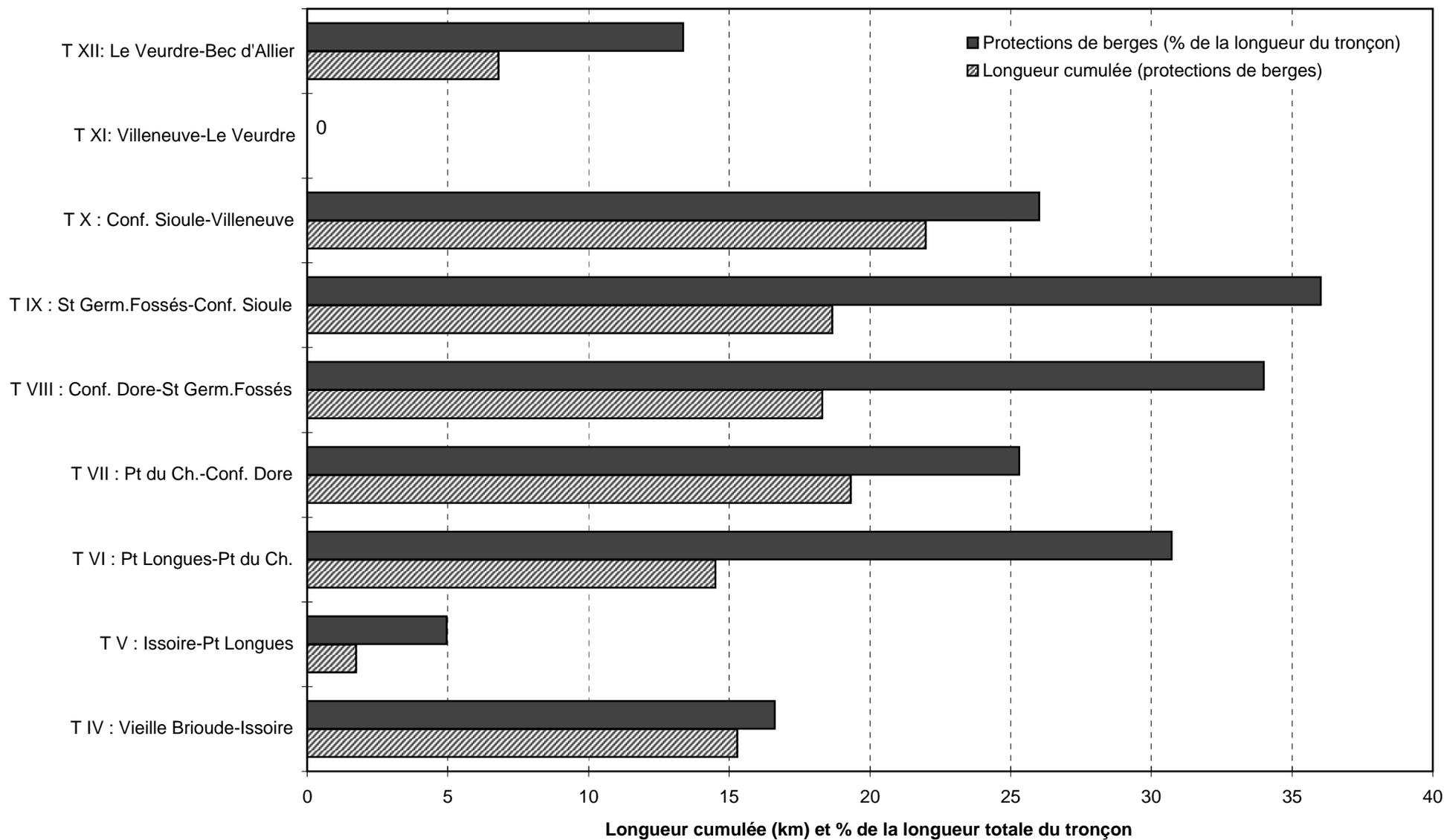
22) Occupation des sols 500 m de part et d'autre du lit moyen de l'Allier, par sous-tronçons

| N° Sous-Tronçon | 11 - Zones urbanisées | 12 - Zones industrielles | 13 - Carrières | 14 - Espaces verts urbains | TOTAL artificialisé | 21/22 - Cultures | 23 - Prairies | 24 - Zones agricoles hétérogènes | TOTAL agricole | 31 - Forêt | 32 - Milieux arbustifs | 33 - Plages | TOTAL Naturel | 511 - Cours d'eau | 512 - Plans d'eau | TOTAL en eau | TOTAL général |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|----------------|----------------------------|---------------------|------------------|---------------|----------------------------------|----------------|--------------|------------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------|
| 4.1 | 0.3% | 0.0% | 10.5% | 0.0% | 10.7% | 51.3% | 20.2% | 0.0% | 71.5% | 17.7% | 0.0% | 0.0% | 17.7% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 4.2 | 3.4% | 0.0% | 2.3% | 0.0% | 5.7% | 36.5% | 36.0% | 3.2% | 75.7% | 18.6% | 0.0% | 0.0% | 18.6% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 4.3 | 14.3% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 14.3% | 17.1% | 28.9% | 0.0% | 46.0% | 37.8% | 1.8% | 0.0% | 39.6% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 4.4 | 2.5% | 0.0% | 7.9% | 0.0% | 10.4% | 35.7% | 3.3% | 10.1% | 49.1% | 21.6% | 18.8% | 0.0% | 40.4% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 4.5 | 1.9% | 12.4% | 0.0% | 7.0% | 21.3% | 3.4% | 24.4% | 26.9% | 54.8% | 23.4% | 0.6% | 0.0% | 24.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 5 | 9.9% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 9.9% | 16.2% | 9.2% | 18.3% | 43.7% | 36.5% | 9.8% | 0.0% | 46.4% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 6 | 15.7% | 0.5% | 3.5% | 3.1% | 22.7% | 29.6% | 10.0% | 14.7% | 54.4% | 14.8% | 5.0% | 0.0% | 19.8% | 0.0% | 3.1% | 3.1% | 100% |
| 7.1 | 5.0% | 0.1% | 11.7% | 0.0% | 16.8% | 40.9% | 8.3% | 3.4% | 52.6% | 14.4% | 6.6% | 0.0% | 21.1% | 6.8% | 2.7% | 9.5% | 100% |
| 7.2 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 29.7% | 0.1% | 23.0% | 52.8% | 44.4% | 0.0% | 0.0% | 44.4% | 2.9% | 0.0% | 2.9% | 100% |
| 7.3 | 3.1% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 3.1% | 26.9% | 23.7% | 8.9% | 59.4% | 33.0% | 4.5% | 0.0% | 37.5% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 7.4 | 4.3% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 4.3% | 32.7% | 24.2% | 0.3% | 57.2% | 38.5% | 0.0% | 0.0% | 38.5% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 8.1 | 7.5% | 0.0% | 5.6% | 0.0% | 13.1% | 27.6% | 21.4% | 15.7% | 64.7% | 13.2% | 0.0% | 9.0% | 22.2% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100% |
| 8.2 | 21.2% | 10.7% | 0.0% | 6.9% | 38.8% | 5.8% | 15.5% | 13.8% | 35.1% | 6.9% | 7.1% | 0.0% | 14.0% | 12.1% | 0.0% | 12.1% | 100% |
| 9.1 | 2.6% | 1.2% | 4.2% | 0.0% | 8.0% | 35.4% | 11.1% | 27.0% | 73.5% | 2.7% | 0.9% | 0.0% | 3.6% | 12.0% | 3.0% | 14.9% | 100% |
| 9.2 | 0.2% | 0.8% | 0.0% | 0.0% | 1.0% | 37.8% | 26.5% | 3.1% | 67.3% | 0.0% | 11.6% | 0.0% | 11.6% | 20.1% | 0.0% | 20.1% | 100% |
| 9.3 | 0.0% | 0.0% | 5.7% | 0.0% | 5.7% | 28.6% | 18.7% | 1.9% | 49.2% | 10.2% | 15.3% | 0.0% | 25.6% | 15.8% | 3.7% | 19.5% | 100% |
| 10.1 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 25.5% | 20.7% | 5.6% | 51.8% | 8.9% | 11.0% | 0.0% | 20.0% | 28.2% | 0.0% | 28.2% | 100% |
| 10.2 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 58.3% | 1.4% | 0.0% | 59.6% | 7.6% | 16.6% | 0.0% | 24.2% | 16.2% | 0.0% | 16.2% | 100% |
| 10.3 | 0.2% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.2% | 27.2% | 19.4% | 3.9% | 50.4% | 6.4% | 15.2% | 4.2% | 25.7% | 23.6% | 0.0% | 23.6% | 100% |
| 10.4 | 32.3% | 0.0% | 0.0% | 21.1% | 53.4% | 16.7% | 7.9% | 0.8% | 25.4% | 2.0% | 3.3% | 0.0% | 5.3% | 15.8% | 0.0% | 15.8% | 100% |
| 10.5 | 2.3% | 0.0% | 2.1% | 0.0% | 4.4% | 18.2% | 30.8% | 7.0% | 56.0% | 5.4% | 14.2% | 2.1% | 21.8% | 17.8% | 0.0% | 17.8% | 100% |
| 11 | 0.4% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.4% | 10.9% | 49.6% | 2.8% | 63.2% | 18.1% | 0.0% | 0.0% | 18.1% | 18.3% | 0.0% | 18.3% | 100% |
| 12 | 3.6% | 0.7% | 0.0% | 0.0% | 4.3% | 2.3% | 63.3% | 2.8% | 68.4% | 9.6% | 0.4% | 0.0% | 10.0% | 17.3% | 0.0% | 17.3% | 100% |
| TOTAL | 6.6% | 1.2% | 2.0% | 1.5% | 11.4% | 22.9% | 24.0% | 8.4% | 55.3% | 16.3% | 6.1% | 0.5% | 22.8% | 9.9% | 0.6% | 10.5% | 100% |

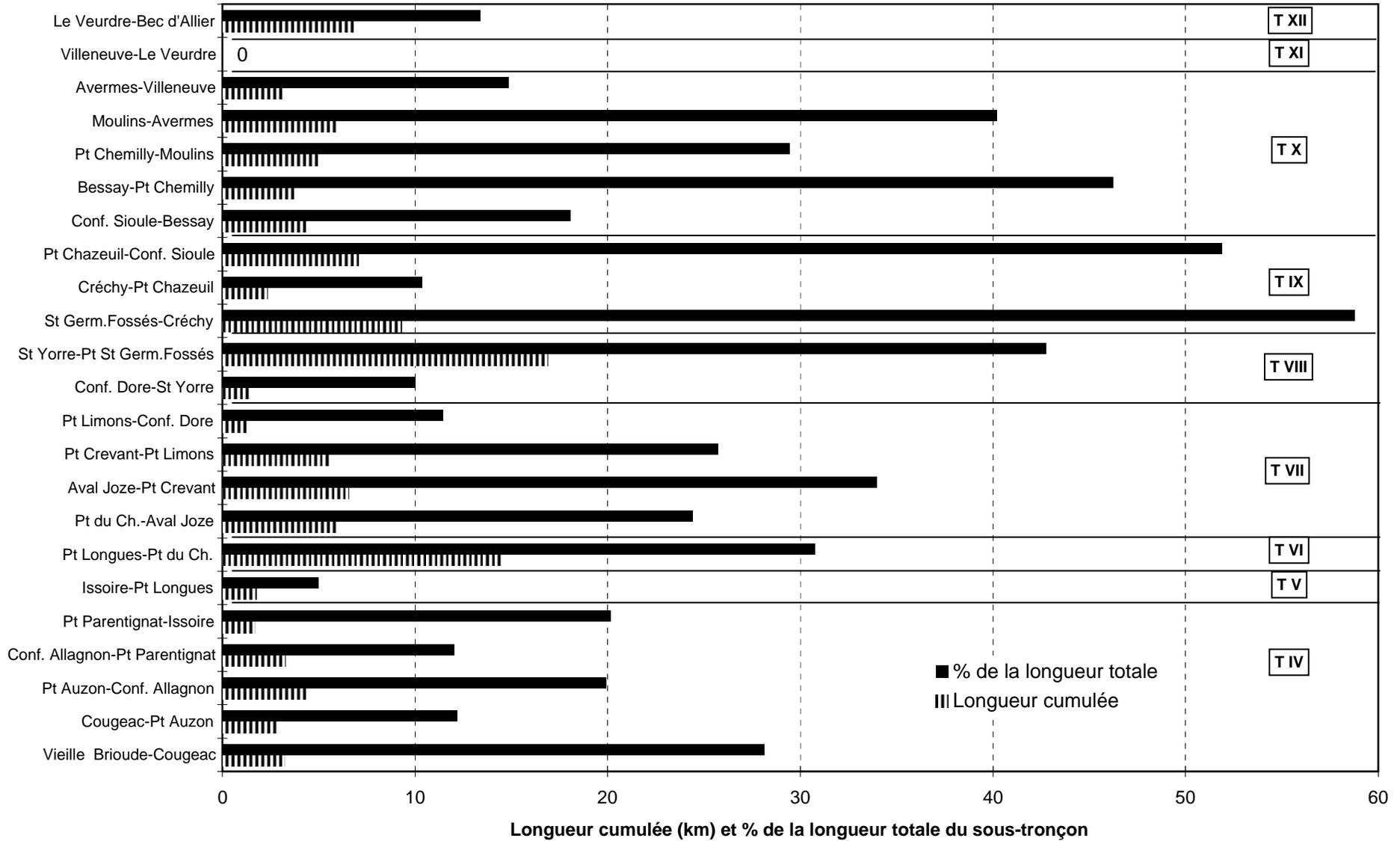
23) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER : DISTRIBUTION DES PONTS



24) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (tronçons)
LINEAIRE CUMULE DES PROTECTIONS DE BERGES: ENROCHEMENTS ET DIGUES (2 berges confondues)



25) L'ALLIER DE VIEILLE BRIOUDE AU BEC D'ALLIER (sous-trançons)
LINEAIRE CUMULE DES PROTECTIONS DE BERGES: ENROCHEMENTS ET DIGUES (2 berges confondues)



26) Comparaison des longueurs d'enrochements et de digues entre 1995 et 2005

| Tronçon | Enrochements (longueur en m) | | | | Digues (longueur en m) | | |
|------------------|------------------------------|--------------|--------------|-----------------|------------------------|--------------|-----------------|
| | Fichier Epteau | SIG Epteau | SIG Hydratec | variation 95/05 | SIG Epteau | SIG Hydratec | variation 95/05 |
| XII | 0 | 0 | 860 | 860 | 0 | 5933 | 5933 |
| XI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| X.5 | 0 | 3138 | 3139 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| X.4 | 2075 | 1687 | 1687 | 0 | 5870 | 10679 | 4809 |
| X.3 | 2375 | 4059 | 4019 | -40 | 0 | 926 | 926 |
| X.2 | 2145 | 3453 | 3529 | 77 | 0 | 1205 | 1205 |
| X.1 | 2250 | 3863 | 4297 | 434 | 0 | 0 | 0 |
| IX.3 | 2714 | 3616 | 3417 | -199 | 5245 | 6339 | 1094 |
| IX.2 | 1253 | 1979 | 1979 | 0 | 0 | 339 | 339 |
| IX.1 | 2823 | 4543 | 2387 | -2156 | 0 | 6897 | 6897 |
| VIII.2 | 9768 | 11462 | 10939 | -524 | 0 | 5935 | 5935 |
| VIII.1 | 894 | 1438 | 1439 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| VII.4 | 824 | 1325 | 1257 | -68 | 0 | 0 | 0 |
| VII.3 | 3187 | 5129 | 5143 | 13 | 800 | 417 | -383 |
| VII.2 | 3974 | 6396 | 6551 | 155 | 0 | 0 | 0 |
| VII.1 | 3942 | 4833 | 4690 | -143 | 1265 | 1265 | 0 |
| VI | 7983 | 12625 | 12789 | 164 | 2108 | 1712 | -396 |
| V | 1083 | 1742 | 1743 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IV.5 | 961 | 0 | 1659 | 1659 | 0 | 0 | 0 |
| IV.4 | 2531 | 2939 | 3278 | 339 | 0 | 0 | 0 |
| IV.3 | 2934 | 4295 | 4293 | -2 | 0 | 0 | 0 |
| IV.2 | 1972 | 2855 | 2856 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| IV.1 | 1348 | 892 | 893 | 0 | 2310 | 2310 | 0 |
| Total (m) | 57035 | 82271 | 82843 | 572 | 17598 | 43957 | 26359 |

27) Liste des captages d'eau potable à proximité du lit de l'Allier

| Localisation | Collectivité desservie | Nombre de puits |
|-----------------------|--|-----------------|
| Auzon | Syndicat Cézallier | 2 |
| Bagneux | SIAEP Nord Allier | 7 |
| Beauregard | Beauregard | 1 |
| Bellerive sur Allier | Bellerive sur Allier | 1 |
| Bessay sur Allier | Bessay sur Allier | 2 |
| Brassac les Mines | Brassac les Mines | 6 |
| Bressolles | Moulins | 10 |
| Brioude | Brioude | 10 |
| Charnat | SIAEP Dore Allier | 2 |
| Contigny | SIAEP Rive Gauche Allier | 14 |
| Cournon | Clermont Fd Cournon | 10 3 |
| Crevant La Veine | SIAEP Dore Allier | 4 |
| Cuffy | SIAEP de Cuffy / Cours les Barres | 1 |
| Dallet | Clermont Fd | 6 |
| Hauterive | Hauterive | 1 |
| Joze | Joze | 1 |
| Jumeaux | Jumeaux | 1 |
| La Ferté Hauterive | SIAEP Sologne Bourbonnaise | 1 |
| La Roche Noire | SIVOM d'Issoire | 6 |
| Lamothe | Syndicat Lamothe | 1 |
| Langeron | SIAEP Saint Pierre le Moutier | 1 |
| Le Breuil sur Couze | Le Breuil sur Couze | 2 |
| Le Broc | SIVOM d'Issoire | 3 |
| Le Veudre | SIAEP Nord Allier | 3 |
| Les Martres de Veyre | SIVOM d'Issoire | 2 |
| Limons | Puy Guillaume SIAEP Basse Limagne SIAEP Plaine de Riom | 5 6 6 |
| Marcenat | SIAEP Val d'Allier | 17 |
| Mars sur Allier | SIAEP Saint Pierre le Moutier | 1 |
| Mezel | Clermont Fd | 57 |
| Mirefleurs | Mirefleurs | 5 |
| Monetay sur Allier | SM Eaux de l'Allier | 5 |
| Neuvy le Barrois | SIAEP de la Vallée de Germiny | 2 |
| Nonette | Nonette | 1 |
| Orbeil | SIAEP Pont d'Orbeil | 3 |
| Orsonnette | SIVOM d'Issoire | 1 |
| Paray sur Briaille | SIAEP Val d'Allier | 6 |
| Pont du Château | SIAEP Basse Limagne SIAEP RG de la Dore | 14 1 |
| Ris | Ris | 1 |
| Saincaize Meauce | SIAEP Allier-Nivernais | 1 |
| St Germain les Fossés | SIAEP Val d'Allier | 4 |
| St Rémy en Pollat | SIAEP Vendat Chermeil St Rémy | 4 |
| St Yorre | St Yorre | 8 |
| Trevol | SIAEP Rive droite Allier | 2 |
| Varennnes sur Allier | SIAEP Val d'Allier Varennnes sur Allier | 3 4 |
| Vic le Comte | SIVOM d'Issoire | 1 |
| Vichy | Vichy | 2 |
| Vinzelles | SIAEP Dore Allier | 1 |
| Total | | 262 |