RAPPORT

DEFI REYSSOUZE

Rapport définitif

Financé par

H. Caltran, C. Robin, M. Thibert

Novembre 2005

SOMMAIRE

1 Présentation de l'étude, du bassin de la Reyssouze et de la méthodologie. 4

1.1 Objets de l'étude 4

1.2 Présentation de la Reyssouze et de son bassin versant 5

1.2.1 Situation géographique 5

1.2.2 Relief et la géologie 5

1.2.3 Réseau hydrographique 6

1.2.4 Hydrologie 6

1.3 Méthodologie 7

1.3.1 Détermination et caractérisation des sous-bassins versants et des points de mesures 7

1.3.2 Estimation des flux à la sortie des sous-bassins versants 8

1.3.3 Analyse des données 10

2 Résultats et interprétations 11

2.1 Débits 11

2.2 Variations des flux estimés dans le temps 11

2.2.1 Flux de nitrates 11

2.2.2 Flux de phosphore 14

2.3 Variations des flux estimés en fonction des sous-bassins. 15

2.3.1 Détermination des sous-bassins les plus contribuants 15

2.3.2 Influence des caractéristiques des sous-bassins versants sur les flux estimés 17

2.3.3 Relation entre flux estimé des nitrates et caractéristiques du bassin versant 19

2.3.4 Relations entre flux estimé du phosphore total et caractéristiques du bassin versant 20

3 Perspectives 21

3.1 Détermination du sous-bassin pilote 21

3.2 Suite de l'étude et pistes d'actions 22

3.2.1 Gestion et aménagement de l'espace 23

3.2.2 Limitation des intrants à la source 24

3.3 Retour sur la méthode 25

Annexes 26

Cartes 28

Graphiques 35

Introduction

La Reyssouze a fait l'objet entre 1997 et 2004 d'un contrat de rivière. De nombreuses actions ont été entreprises sur ce bassin versant pour traiter et limiter les pollutions domestiques et industrielles, causes d'une eutrophisation importante dans le cours d'eau. Les pollutions agricoles non prioritaires à l'époque le sont devenues aujourd'hui. En effet, l'agriculture du bassin a suivi le développement agricole national et s'est largement intensifié. Ces pratiques s'associent à une forte modification du territoire. Le bocage bressan disparaît alors que le drainage des prairies, les grandes cultures, l'élevage hors sol se développent. La généralisation de l'emploi des engrais et des pesticides semble en partie responsable d'une dégradation de la qualité des eaux des rivières et des nappes phréatiques.

Dans ce contexte, en 2003, l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (RMC) a entrepris de financer une procédure défi avec le Syndicat Intercommunal d'Aménagement et d'Entretien de la Reyssouze (SIAER). L'objectif général du défi est la lutte contre l'eutrophisation de la rivière liée aux activités agricoles. Pour cela, il est prévu de classer différents sous-bassins versants en fonction de leurs contributions en azote et phosphore puis d'en choisir un ou plusieurs pour y définir un plan d'action contre la pollution diffuse d'origine agricole. Accessoirement la méthodologie devait être analysée pour évaluer sa reproductibilité sur d'autres sous-bassins.

Ce rapport s'articule autour de trois parties. Dans un premier temps, l'étude, le bassin versant et la méthodologie sont présentés. Puis dans une deuxième partie, les résultats commentés sont exposés. Enfin les perspectives sont développées.

Présentation de l’étude, du bassin de la Reyssouze et de la méthodologie.

1.1 Objets de l’étude

La pollution des eaux résulte d’une multitude de rejets dans le réseau hydrographique. Les uns sont rejetés au rythme des activités humaines, généralement indépendamment du régime pluvial. Ils sont dits ponctuels car localisés précisément. Les autres sont fortement dépendants de la pluviométrie. Ils sont dits diffus car il est difficile de définir précisément leur origine géographique.

Dans le cadre du contrat de rivière de la Reyssouze, un des objectifs était de traiter la pollution domestique car principale source de pollution ponctuelle du bassin versant dans les années passées.

Depuis 2001, malgré une amélioration globale et probante de la qualité de l’eau, une nette dégradation vis-à-vis du paramètre nitrate est observée. Ce paramètre souligne une source de pollution diffuse.

La gestion future du bassin versant de la Reyssouze et la prochaine étape de l’amélioration de la qualité des eaux superficielles passent par la prise en compte de la pollution agricole diffuse.

Les pertes diffuses agricoles résultent du ruissellement de l’eau sur les sols et de l’infiltration. Le ruissellement est fonction de la nature des sols et en Bresse, le sol argileux, compact et de faible porosité empêche la pénétration des eaux et favorise le ruissellement.

L’objet du présent travail est donc d’étudier les flux de nitrates et phosphore au niveau des eaux superficielles afin de caractériser le poids des différents sous-bassins en terme d’apports d’origine agricole sur le bassin versant de la Reyssouze. Pratiquement l’étude repose sur une campagne de mesure, l’identification de différentes pressions (physiques ou anthropiques) par sous-bassin versant, la détermination du poids respectif des différents sous-bassins versants, la détermination d’un (ou plusieurs) sous-bassin(s) versant(s) prioritaire(s) et des propositions d’un programme d’action sur ce (ou ces) sous-bassin(s) versant(s) prioritaire(s)

Ce travail permettra d’affiner la connaissance de la pollution agricole diffuse, en permettant de définir des secteurs où elle est particulièrement présente. L’étude constituera également la référence à partir de laquelle un suivi ou un approfondissement pourra être mené mais également à partir de laquelle des actions de reconquête de la qualité de l’eau pourront être conduites.

1.2 Présentation de la Reyssouze et de son bassin versant

1.2.1 Situation géographique

La Reyssouze est un cours d'eau du département de l'Ain. Elle prend sa source à Journans, petit village au pied du Revermont puis traverse la région de la Bresse avant de confluer avec la Saône au niveau de Pont-de-Vaux.
Son bassin versant de 470 km² est orienté Sud-Est Nord-Est **(Carte 1).**

1.2.2 Relief et la géologie

Le bassin versant est dominé à l'est par le Revermont, formation jurassienne calcaire **(Carte 2)**. Puis la Bresse forme un pays de plateaux vallonnés peu accidentés, d'altitude comprise entre 200 et 300 mètres et dont le trait morphologique majeur est la large vallée à fond plat de la Reyssouze. Le domaine bressan se compose de deux unités distinctes :

- le plateau de Polliat à l'Ouest de la Reyssouze constitué de matériaux fins argileux et sableux
- le plateau de Jasseron à l'Est où le substratum de marnes de Bresse est recouvert d'une nappe de cailloutis alpins surmontés d'une épaisse couche de limons.

La Reyssouze, après avoir recueilli les eaux de la zone karstique du Revermont, traverse un cône de sédiments fluvio-glaciaires. A partir de Bourg en Bresse, elle s'écoule au travers des sédiments lacustres du pliocène de la Bresse. Enfin elle rejoint les alluvions modernes du Val de Saône.

1.2.3 Réseau hydrographique

La Reyssouze prend sa source à 285 m d'altitude. Elle conflue avec la Saône à l'altitude de 169 m, après un parcours de 75 km. Elle présente naturellement 3 grands secteurs morphologiques :

- La haute Reyssouze : de sa source à Bourg-en-Bresse (pente moyenne d'environ 0,4%, largeur moyenne de 1,5 à 8 m).
- La moyenne Reyssouze de Bourg-en-Bresse à St Julien sur Reyssouze (pente moyenne d'environ 0,12 %, largeur moyenne de 8 à 10 m).
- La basse Reyssouze de St Julien su Reyssouze à sa confluence avec la Saône (pente très faible d'environ 0,06 %, largeur moyenne de 10 à 18 m).

Ses principaux affluents sont : la Vallière, le Jugnon et le bief de la Gravière sur la rive droite, la Leschère, le Reyssouzet, le bief de l'Enfer et le bief Rollin en rive gauche **(Carte 3)**.

1.2.4 Hydrologie

La surveillance hydrométrique du bassin versant de la Reyssouze est assurée par le Service des Etudes des Milieux Aquatiques de la DIREN. Trois stations limnimétriques sont implantées sur le bassin : Montagnat et Majornas, respectivement en amont et en aval de Bourg en Bresse, la troisième, Saint-Julien-sur-Reyssouze sert uniquement à l'annonce des crues.

La comparaison des débits moyens mensuels mesurés en 2003 avec les valeurs moyennes interannuelles montre une très faible hydraulicité (57 %) avec des valeurs mensuelles systématiquement inférieures aux écoulements moyens hormis pour le mois de janvier 2004 (**graphique 1**).

L'analyse des débits moyens journaliers de janvier 2003 à janvier 2004 montre des périodes de crues importantes en novembre, décembre et janvier (**graphique 2**), sans toutefois atteindre le dédit journalier d'une crue biennale (16,9 m3/s).

1.3 Méthodologie

1.3.1 Détermination et caractérisation des sous-bassins versants et des points de mesures

Le bassin versant de la Reyssouze a été divisé en neuf sous-bassins : 5 concernent la rivière mère et 4 les affluents. Dix points d'échantillonnage ont été choisis, 9 en fermeture des sous-bassins et 1 à la source pour servir de référence. La nomenclature des sous-bassins et les stations d'échantillonnage sont présentées ci-dessous et sur la **carte 5**.

Sous-bassins versants	Stations d'échantillonnage
	La source de la Reyssouze à Journans
Reyssouze 1	La Reyssouze en amont de Bouvent (Bourg en Bresse)
Reyssouze 2	La Reyssouze au moulin de Bret (Attignat)
Reyssouze 3	La Reyssouze en amont de St Julien
Reyssouze 4	La Reyssouze au moulin de la Besace (Chavannes)
Reyssouze 5	La Reyssouze à Pont de Vaux
La Leschère	La Leschère en amont immédiat du rejet de la STEP de Certines
Le Jugnon	Le Jugnon en amont de la confluence avec la Reyssouze
Le Reyssouzet	Le Reyssouzet en amont de la confluence avec la Reyssouze
La Gravière	Le bief de la Gravière en amont de sa confluence

Chaque sous-bassin a été caractérisé à l'aide de 9 variables pour tenter d'expliquer les flux de pollutions diffus :

- densité du réseau hydrographique (données BD cartage)
- compacité du bassin versant
- superficie de pente supérieure à 5% (données BD alti)
- superficie de sol hydromorphe (données DONESOL)
- superficie de sol drainé
- superficie de sol épandu
- superficie de terres labourables (données RGA)
- surface toujours en herbe (données RGA)
- densité en bovins et porcins (données RGA)

Les surfaces sont exprimées en pourcentage de sous-bassin.

	Densité du réseau hydro	Compacité	Surface dont pente > à 5%	Surface hydromorphe	Surface drainée	Surface épandue	Surface en Terre Labourable	Surface toujours en herbe	densité bovins porcs
	Km/Km²		%	%	%	%	%	%	nbre/km2
Reyssouze 1	1,06	1,37	34	25,53	1,59	6,30	24,30	18,53	46,1
Reyssouze 2	0,82	1,66	13	15,88	4,28	8,27	27,56	9,32	66,4
Reyssouze 3	0,99	1,93	14	43,83	8,82	21,66	35,38	25,37	134,6
Reyssouze 4	0,86	1,54	10	97,47	16,16	8,91	36,82	30,14	232,3
Reyssouze 5	0,90	1,37	13	98,52	20,85	16,73	46,14	25,48	147,7
Leschère	1,34	1,58	8	37,50	1,59	16,65	32,20	11,76	31,3
Jugnon	0,99	1,73	9	82,48	11,89	8,98	30,46	11,15	64,1
Foissiat	1,02	1,40	31	89,73	16,42	22,56	48,22	35,58	309,9
Reyssouzet	0,98	1,60	8	97,90	10,36	17,61	38,38	27,15	157,2

1.3.2 Estimation des flux à la sortie des sous-bassins versants

Les prélèvements ont commencé le 22 janvier 2003 et achevés le 22 janvier 2004. Ils ont été effectués tous les quinze jours par le SIAER.

A chaque prélèvement, pour l'ensemble des stations, les débits ont été estimés par la méthode de mesure par flotteur à partir de profils en travers de la rivière et d'une vitesse moyenne du courant.

De plus, à chaque station 4 paramètres de base (température de l'eau, pH, oxygène dissous et conductivité) ont été relevés. Les concentrations en nitrates (NO_3) et phosphore total (Pt) ont été mesurées. Les analyses d'eau ont été confiées au laboratoire départemental d'analyse des eaux de Bourg en Bresse.

A partir des débits et des concentrations, les flux de NO3 et de Pt ont été calculés en sortie d'exutoire des sous-bassins.

Ces flux calculés sont en fait le résultat d'une somme de plusieurs flux :

- un flux issu de la pollution ponctuelle provenant des rejets des STEP du sous-bassin étudié
- un flux issu de la pollution diffuse d'origine agricole, domestique et industrielle venant du sous-bassin étudié
- un flux issu de la pollution venant éventuellement du sous-bassin amont.
- un bruit de fond naturel (dégradation de la matière organique, relargage par les sédiments..)

Afin d'estimer au mieux les pollutions diffuses, à chaque point de prélèvements les rejets des STEP et les éventuels apports des sous-bassins amont sont déduits des flux calculés. Le nouveau flux obtenu est qualifié de flux diffus estimé.

Sur le bassin versant de la Reyssouze, la pollution diffuse industrielle est quasiment nulle et la pollution domestique diffuse est faible (programme de collecte des effluents dans les STEP dans le contrat de rivière).

Les flux diffus estimés se composeront donc essentiellement de la pollution diffuse agricole et en partie du bruit de fond naturel.

Les flux estimés seront enfin divisés par la surface des bassins versant dont ils sont issus afin d'obtenir des flux estimés par km2.

Les rejets des STEP sont localisés sur la **carte 5.** Quatre sont relativement importants : Certines, Bourg-en-Bresse, Etablissement Point (entreprise d'équarrissage), Montrevel-en-Bresse. Tous les flux de rejets des STEP ont été obtenus par l'intermédiaire du Service d'Assistance Technique aux Exploitants des Stations d'Epuration de l'Ain (SATESE), des exploitants (Sogédo) et responsables des diverses stations.

1.3.3 Analyse des données

Deux tableaux de données sont constitués :

- un tableau de flux estimés et données physico-chimiques des cours d'eau avec six colonnes (NO3, Pt, t°, O_2, pH, conductivité) et 270 lignes des stations de prélèvements (10 lignes de stations par 27 dates de prélèvements)
- un tableau des 9 caractéristiques environnementales des sous-bassins avec les variables en colonnes et neuf sous-bassins en lignes.

Les données du premier tableau sont traitées par une analyse factorielle (analyse en composantes principales) réalisée avec le logiciel ADE. Elle permet de donner des représentations synthétiques, graphiques, de vastes ensembles de valeurs numériques. La méthode ne sera pas détaillée et seuls les résultats seront présentés et commentés.

Les données du tableau physico-chimique seront analysées en fonction des caractéristiques des sous-bassins par une régression « partiellement aux moindres carrés » dite régression PLS. Cette méthode permet de définir le degré de dépendance entre une variable dépendante (le flux estimé de NO_3 ou de Pt) et plusieurs variables dites indépendantes (le pourcentage de surface épandue, le pourcentage de terrains hydromorphes…). Il est possible d'estimer l'importance ou la contribution des caractéristiques des sous-bassins sur l'explication de la variation du flux estimé de NO_3 ou de Pt.

La méthode consiste à estimer la variable dépendante « y » par une combinaison linéaire des variables indépendantes x1, x2, .. ;xn selon l'équation y = a1x1 +a2 x2+ ……+ b. Des coefficients de régression sont ensuite calculés pour mesurer les contributions relatives des variables indépendantes à l'explication de la variable dépendante. Il est ainsi possible de savoir si une variable dépendante a un effet significatif sur la variable indépendante, si deux ou trois variables ont une contribution additive dans l'explication de la variation de la variable dépendante …

La régression se fait sur des variables normalisées (transformation pour que la variance soit égale à 1) et réduites (variables dont on enlève la moyenne) afin d'autoriser les comparaisons.

L’objectif de cette étude est de chercher un modèle expliquant les variations de flux en fonction des caractéristiques des sous-bassins. Il n’est pas de construire un modèle prédisant les flux en fonction de variations des caractéristiques des sous-bassins. Les méthodes et exigences pour le second étant largement plus contraignantes.

2 Résultats et interprétations

2.1 Débits

La comparaison des débits mesurés sur l’ensemble des stations situées sur la Reyssouze avec les débits enregistrés par la Diren à Majornas montre une cohérence aussi bien entre les stations que par rapport à la référence (**graphique 3**). Les quelques points de divergences (La Besace 4/9, 2/10, 2/12) s’expliquent probablement par des manœuvres sur les vannes des moulins amont (ouverture ou fermeture). La cohérence est également satisfaisante pour les débits des affluents (**graphique 4**).

2.2 Variations des flux estimés dans le temps

Certaines stations, une fois les apports des STEP déduits, présentent à certaines dates des flux de NO3 ou Pt négatif. Cela se produit en particulier en été lorsque l’eutrophisation est maximale. L’auto-épuration de la rivière par l’assimilation des nutriments par les végétaux associée au stockage des nutriments dans les sédiments est supérieure aux apports de pollution diffuse. Dans tous les cas les flux ont été considérés comme égal à 0.

2.2.1 Flux de nitrates

Le tableau ci dessous présente les valeurs maximales, minimales, les moyennes et écart type des flux estimés de NO3 à chaque exutoire des sous-bassins.

	Nitrates				
	Maximum en mg/s/km2	**Minimum** en mg/s/km2	**Moyenne** en mg/s/km2	**Ecart-type**	**Moyenne** en kg/an/ha
Journans	737	5	146	154	48,56
Bouvent	1070	47	267	171	84,2
Bret	3586	0	416	523	131,19
St Julien	2539	0	267	302	84,2
Besace	1406	0	207	243	65,28
Pont de Vaux	3086	0	449	521	141,6
Leschère	182	0	22	32	6,94
Jugnon	2530	0	393	447	123,94
Gravière	2961	0	230	308	72,53
Reyssouzet	1451	0	222	289	70,01

Les résultats montrent que les variations de flux de NO3 sur la période étudiée sont importantes. Par ailleurs deux stations s'individualisent : la source à Journans et Bouvent par leur minimum différent de 0. L'apport en NO3 y est toujours supérieur aux phénomènes d'autoépuration. A la source, cela s'explique par le fait que la Reyssouze pourrait être une résurgence karstique de la rivière du Suran, fortement chargée en NO3. A Bouvent, la Reyssouze est alimentée par la nappe phréatique du couloir de Certines. Cette nappe présente des concentrations en NO3 conséquentes. La nappe est sous un sol très perméable, sur le plateau de Certines, et sur lequel l'agriculture exerce une forte pression. Cela est confirmé par le fait que le flux estimé moyen de NO3 dans la Leschère (cours d'eau drainant le bassin versant au-dessus de la nappe du couloir de Certines) est au moins 10 fois inférieur aux flux estimés pour les autres sous-bassins.

A titre de comparaison le flux de nitrates issus des pertes des agricoles est pour les grandes cultures de l'ordre de 10 à 15 kg/an/ha (données IFEN). Sur les sous-bassins le flux estimé peut être supérieur d'un facteur 10, ce qui est possible pour les types de sol argileux qui composent la Bresse.

Le **graphique 5** présente pour chaque sous-bassin de la Reyssouze l'évolution annuelle des flux de NO3 issus de la pollution diffuse. Le **graphique 6** présente la même évolution pour les sous-bassins versants des affluents.

Que ce soit pour les sous-bassins de la Reyssouze ou de ses affluents les valeurs des pics de flux estimés de nitrates sont du même ordre de grandeur entre 1g/s/km2 et 3g/s/km2.

Tous les sous-bassins subissent la même évolution au cours de l'année. On observe un phénomène une décroissance plus ou moins continue des flux estimés de NO3 du début jusqu'au milieu de l'année, puis de nouveau une augmentation progressive. Deux périodes distinctes apparaissent sur les graphiques. La première correspond aux mois de juin, juillet, août et septembre pour lesquels les flux estimés sont très faibles voire nul. La deuxième correspond aux autres mois de l'année. Les flux estimés y sont plus variables et atteignent les maxima en décembre ou janvier.

La période estivale représente la période pour laquelle l'assimilation des NO3 est supérieure aux arrivées diffuses. La période hivernale correspond à la période de fertilisation agricole et au lessivage des NO3.

A Journans, le point de référence, les variations d'amplitude du flux estimé en NO3 sont relativement faibles. Le flux maximal est fin janvier début février et le flux minimal en juillet août.

La Leschère est le sous-bassin où les variations d'amplitude sont les plus faibles. Le flux maximal et minimal sont respectivement en janvier février et en été.

Les sous-bassins Reyssouze 1 et Reyssouze 2 ont des variations un peu plus fortes. Les flux maxima sont fin janvier début février et les flux minima sont entre fin juin et fin août.

Les autres sous-bassins montrent des variations encore plus fortes.

Le tableau ci-dessous présente les moyennes des flux sur les deux périodes précitées.

	Nitrates en mg/s/km2			
	du 22/1/03 au 28/5/03 et du 2/10/03 au 22/1/04		**du 1/6/03 au 1/10/03**	
	Flux moyen	écart type	Flux moyen	écart type
Journans	202,73	216,44	9,73	57,16
Reyssouze 1	332,66	253,56	109,94	57,16
Reyssouze 2	590,59	889,02	0,00	0,00
Reyssouze 3	375,43	592,73	10,45	29,56
Reyssouze 4	294,48	380,31	0,00	0,00
Reyssouze 5	621,54	871,87	38,60	101,31
Leschère	31,89	54,31	0,00	0,00
Jugnon	558,61	748,59	0,00	0,00
Gravière	327,34	675,90	0,00	0,00
Reyssouzet	315,39	456,30	0,54	1,33

2.2.2 Flux de phosphore

Le tableau ci dessous présente les valeurs maximales, minimales, les moyennes et écart type des flux estimés de Pt à chaque exutoire des différents sous-bassins..

	Phosphore total				
	Maximum en mg/s/km2	**Minimum** en mg/s/km2	**Moyenne** en mg/s/km2	**Ecart-type**	**Moyenne** en kg/an/ha
Journans	8	0	0,8	1,01	0,25
Bouvent	12	0	1	1,55	0,32
Brêt	38	0	8	6.38	2,52
Saint Julien	19	0	2	2,38	0,63
Besace	8	0	2	2,02	0,63
Pont de Vaux	43	0	6	5,66	1,89
La Leschère	2	0	0,2	0,29	0,06
Le Jugnon	19	0	2	2,28	0,63
Gravière	15	0	3	3,31	0,95
Reyssouzet	27	0	3	3,57	0,95

Les résultats montrent que les variations de flux estimés de Pt sur la période étudiée sont importantes. Contrairement à ce qui se passait pour les flux estimés de NO3, tous les bassins ont un flux minimum de phosphore total égal à 0. Cela est en partie du au comportement différent des NO3 solubles dans l'eau par rapport au phosphore qui a tendance à se fixer aux particules terreuses. Le flux moyen estimé est néanmoins largement inférieur au niveau de la station de la Leschère

Le flux estimé moyen le plus haut (8 mg/s/km2 soit 2,5 kg/ha/an) entre dans la fourchette haute des valeurs de pertes de Pt données par Dorioz et Trévisan (2001) pour des bassins agricoles à dominantes cultures.

Le **graphique 7** présente pour chaque sous-bassin de la Reyssouze l'évolution annuelle des flux estimés de Pt issus de la pollution diffuse. Le **graphique 8** présente la même évolution pour les sous-bassins versant des affluents.

Tous les sous-bassins réagissent de la même façon. On observe comme pour les flux estimés de NO3 un phénomène de décroissance plus ou moins continue des flux estimés de Pt du début jusqu'au milieu de l'année, puis de nouveau une augmentation progressive. Ce phénomène est cependant plus chaotique pour le flux estimé de Pt. La période correspondant aux mois de janvier, février, mars présente les pics maxima pour les flux. Une deuxième période de juillet à septembre correspond aux flux les plus faibles. Les autres mois de l'année présente des oscillations de flux.

	Phosphore total			
	du 22/01/03 au 19/03/03		**du 02/04/03 au 25/06/03**	
	Flux moyen mg/s	écart type	Flux moyen mg/s	écart type
Journans	1	2	0,1	0,03
Reyssouze 1	2	3	0,2	0,3
Reyssouze 2	10	11	3	2,8
Reyssouze 3	2	5	0,8	1
Reyssouze 4	2	3	0,9	1,3
Reyssouze 5	7	10	1,6	1,5
Leschère	0,3	0,4	0,3	0,7
Jugnon	3	5	0,1	0,2
Gravière	4	5	0,2	0,3
Reyssouzet	4	8	0,1	0,2

2.3 Variations des flux estimés en fonction des sous-bassins.

2.3.1 Détermination des sous-bassins les plus contribuants

La représentation des résultats d'une ACP consiste en des plans factoriels dans lesquels sont projetés des points. Dans notre cas, ces points sont les dates et les stations de prélèvements. L'interprétation des plans s'appuie sur le cercle des corrélations. Dans l'analyse présentée l'effet temporel précédemment identifié a été supprimé (ACP intragroupes). Les quatre premiers axes factoriels ont été analysés mais seuls les deux premiers sont présentés par rapport à leur intérêt.

Le cercle des corrélations ci-dessous **(graphe 9)** indique que l'axe F1 est essentiellement expliqué par la conductivité et le pH (paramètres indépendants de la pollution diffuse). L'axe F2 est expliqué essentiellement par les flux de NO3 et Pt. On y retrouve une influence de la conductivité. La température, paramètre fortement dépendant de l'effet temporel, centrée sur le cercle souligne la suppression de cet effet temporel.

Le **graphe 10** présente 27 plans factoriels F1/F2 qui correspondent aux 27 dates de prélèvement. Dans chaque plan sont projetées les 10 stations de prélèvements. On retrouve en condensé les résultats des graphiques 5, 6, 7, 8.

Du plan factoriel 22/1 au 5/2/03 les stations sont orientées selon une diagonale ascendante gauche/droite. Les flux de NO3 et Pt sont maximaux. Des plans 19/2 au 12/5, le nuage de points se contracte, les flux de NO3 et Pt diminuent. A partir du plan 26/5 au plan 4/9, le nuage prend une orientation horizontale. Les flux de NO3 et Pt sont très faibles ou nulles. Par contre l'influence de la conductivité et du pH est importante. Cela signe les phénomènes d'eutrophisation. A partir du plan 17/9, le nuage se dilate jusqu'au plan 25/11. La conductivité augmente et sur certains bassins les flux de NO3 et Pt sont de nouveaux influents. Du plan 10/12/03 au plan 22/1/04 le nuage se réoriente selon une diagonale ascendante gauche/droite. Les flux de NO3 et Pt sont de nouveau maximaux.

Le **graphe 11** présente 10 plans factoriels correspondant aux 10 stations de prélèvements. Les points représentent cette fois les dates. Le comportement des stations présente plusieurs types.

Pour Journans, la station de référence, le nuage de point est centré. Les flux estimés de NO3 et Pt sont faibles et varient peu. L'eau est plutôt caractérisée par une variation de sa conductivité due à la dissolution du calcaire du massif karstique.

La station de Bouvent présente des similitudes avec Journans. Le nuage de points est relativement groupé. Pendant les mois du printemps, de l'été et début d'automne les flux estimés de NO3 et Pt sont faibles et varient peu. Ces flux augmentent en fin d'automne et en hiver tout en restant modestes.

Pour la Leschère, le nuage de point est sur une diagonale peu épaisse et ascendante de gauche à droite. Les flux estimés de NO3 et Pt sont assez faibles. La conductivité et le pH de cette station varient peu. L'orientation des points est soumise à l'influence de la teneur en O2.

Pour la Gravière, le nuage est très éclaté et prend une diagonale ascendante droite/gauche. Les flux estimés de NO3 et Pt peuvent être importants, mais on mesure essentiellement une variation de conductivité. Cette dernière est due à une pollution saline conséquence des travaux de dissolution des sels profonds pour la création du stockage de gaz à Etrez. par Gaz de France.

Les stations du Jugnon et du Reyssouzet sont sur le même type de diagonale que la Leschére, bien que plus décalée vers le haut du plan. Cela signe des flux estimés de NO3 et Pt plus important que sur la Leschère. L'influence du pH et de la conductivité est faible. Les phénomènes d'eutrophisation sont faibles.

Les stations de Brêt (Reyssouze 2), Saint Julien (Reyssouze 3), la Besace (Reyssouze 4) et Pont de Vaux (Reyssouze 5), ont des nuages de points sur une diagonale ascendante gauche/droite mais bien plus large que celle de la Leschére. Les flux estimés de NO3 et Pt sont conséquents tout comme l'influence de la conductivité et du pH. Les phénomènes d'eutrophisation sur le cours de la Reyssouze sont bien plus importants que sur les affluents.

A partir des graphes précédents et des contributions factorielles des sous-bassins ont été reprises et représentées par une échelle de couleur sur la **carte 7**. La carte tient compte de la combinaison des flux estimés de NO3 et de Pt.

Trois groupes de sous-bassins apparaissent :

- Un premier groupe comprenant les sous-bassin Reyssouze 5 (exutoire Pont de Vaux), Reyssouze 2 (exutoire Brêt), Jugnon, Reyssouze 4 (exutoire Besace). Ce sont ces bassins qui présentent les plus forts flux estimés.
- Un deuxième groupe comprenant les sous-bassins Reyssouze 3 (exutoire St Julien), Reyssouze 1 (exutoire Bouvent), la Gravière et le Reyssouzet. Ces bassins ont des contributions moindres.
- Un troisième groupe comprenant le sous-bassins de la Leschère et le point référence Journans. Les contributions sont les plus basses.

.

2.3.2 Influence des caractéristiques des sous-bassins versants sur les flux estimés

Les premières analyses ont montré que pendant les mois de juillet, août et septembre sur certains sous-bassins, l'eutrophisation et l'autoépuration de la rivière étaient telles que les flux de NO3 et Pt estimés à l'exutoire étaient nuls. Ces analyses ont également montré que les flux maximaux étaient en décembre, janvier, février et mars. Donc seuls les flux de ces derniers mois seront conservés pour l'analyse des relations flux estimés de NO3, de Pt et caractéristiques des sous-bassins.

Les corrélations entre les neufs variables explicatives caractéristiques des sous-bassins ont été calculées et sont présentées ci dessous. En effet, il est important d'avoir d'utiliser des variables peu corrélées pour limiter les biais de l'analyse ultérieure.

	Densité réseau hydro	Compacité du sous-bassin	pente > 5%	terrain hydromorphe	terres drainées	terres épandues	terres labourables	surface toujours en herbe	Densité bovine et porcine
Densité du réseau hydro	1								
Compacité du sous-bassin	- 0,04	1							
de pente > 5%	0,05	- 0,53	1						
terrain hydromorphe	- 0,26	- 0,25	-0,23	1					
terres drainées	- 0,5	- 0,25	- 0,10	0,87	1				
terres épandues	0,27	0 14	-0 00	0,30	0,33	1			
terres labourables	- 0,14	0,30	0,02	0,75	0,83	0,74	1		
surface toujours en herbe	- 0,24	- 0,30	0,31	0,65	0,67	0,56	0,78	1	
Densité bovine et porcine	- 0,35	-0,26	0,23	0,68	0,74	0,50	0,81	0,91	1

Il existe de fortes corrélations positives entre les surfaces labourées, les surfaces hydromorphes, les surfaces drainées, les surfaces épandues, les surfaces toujours en herbe et la densité de bovins et porcins sur les sous-bassins versants.

Seules les variables suivantes seront donc retenues : la densité du réseau hydrographique, la compacité du sous-bassin, le pourcentage de pente supérieure à 5 %, le pourcentage de surface drainée, le pourcentage de terre labourable et la densité bovine et porcine.

2.3.3 Relation entre flux estimé des nitrates et caractéristiques du bassin versant

Le tableau ci-dessous présente les corrélations entre les variables caractéristiques des bassins versant et les flux moyens de NO3 ainsi que les coefficients de régressions de chacune des variables. Les coefficients de corrélation permettent de déterminer la contribution de chacune des caractéristiques du sous-bassin versant dans l'explication du flux estimé.

Variables	Coefficient de corrélation	Coefficient de régression
Densité du réseau hydrographique	**-0.78197**	**-0.52757**
Compacité du bassin versant	0.11317	0.076352
Surface de pente > 5 %	-0.047695	-0.032178
Surface drainée	**0.35474**	**0.23933**
Surface de terre labourable	0.047356	0.031949
Densité bovine et porcine	0.047386	0.03197

Pour le NO3, la variance expliquée par la totalité des 6 variables est de 54 %.

La cohérence corrélation - coefficients de régression est respectée entre toutes les variables ce qui signe la stabilité de modèle. En fait deux variables interviennent de façon importante : la densité du réseau hydrographique et la surface drainée.

Plus la densité du réseau hydrographique augmente dans un sous-bassin plus le flux de NO3 diminue à son exutoire. Cela s'explique par le fait que plus le réseau est dense plus l'assimilation des NO3 et la dénitrification a le temps de se faire.

Par contre plus la surface drainée augmente plus le flux de NO3 à l'exutoire croit. Ceci est essentiellement du à 2 phénomènes :

- la solubilité des NO3 dans l'eau qui passent directement dans les drains sans être assimilé dans le sol ou par les végétaux
- l'état des fossés de collecte des parcelles drainées qui sont souvent désherbés et rectilignes, empêchant ainsi l'assimilation des NO3 par les végétaux.

La compacité du sous-bassin, la surface de pente à plus de 5 %, la surface de terre labourable et la densité bovine et porcine interviennent peu dans l'explication du flux estimé de NO3 aux exutoires.

2.3.4 Relations entre flux estimé du phosphore total et caractéristiques du bassin versant

Le tableau ci-dessous présente les corrélations entre les variables caractéristiques des bassins versant et les flux moyens de Pt ainsi que les coefficients de régressions de chacune des variables.

Variables	Coefficient de corrélation	Coefficient de régression
Densité du réseau hydrographique	**-0.67533**	**-1.0823**
Compacité du bassin versant	-0.11942	-0.34061
Surface de pente > 5 %	-0.038702	-0.12976
Surface drainée	**0.26688**	**-0.5266**
Surface de terre labourable	**0.18764**	**1.1434**
Densité bovine et porcine	0.057112	-0.97611

Pour le Pt, la variance expliquée par la totalité des 6 variables est de 34 % à la première étape de la régression PLS et de 79 % à la quatrième étape.

La cohérence corrélation coefficients de régression n'est pas respectée pour toutes les variables en particulier pour la surface de terre labourable (coefficient de corrélation modeste : 0,18 mais coefficient de régression fort : 1,14) et la densité bovine et porcine (coefficient de corrélation très faible 0,05 et coefficient de régression fort –0,97). En fait ces deux variables sont fortement corrélées (0,8) et causent sûrement l'instabilité du modèle et la non cohérence des deux coefficients.

Tout comme pour le flux de NO3, les 2 variables qui expliquent le plus le flux de Pt sont la densité du réseau hydrographique et la surface drainée.

Plus la densité du réseau hydrographique augmente dans un sous-bassin plus le flux de Pt diminue à son exutoire. Cela s'explique par le fait que plus le réseau est dense plus l'assimilation du P et plus son stockage dans les sédiments peuvent se faire.

De la même façon, plus la surface drainée augmente plus le flux de Pt à l'exutoire augmente. Ceci peut être du à 2 phénomènes :

- l'exportation rapide de la fraction phosphore soluble par les drains
- les sols drainés sont majoritairement ceux sur lequel se fait la culture du maïs. Laissés nus en hiver les sols s'érodent. Les limons potentiellement chargés en phosphore particulaire sont entraînés dans le réseau hydrographique. D'ailleurs cette hypothèse connue semble confirmé par le fait que la variable surface labourable présente une légère corrélation avec le flux de Pt.

La compacité du bassin versant, la surface de pente à plus de 5 %, et la densité bovine et porcine interviennent peu dans l'explication du flux de Pt aux exutoires.

Si les mêmes caractéristiques des bassins versant (densité du réseau hydrographique et surface drainée) interviennent sur les flux de NO3 et de PT, leurs contributions est plus forte pour le NO3. La régression est également plus stable pour le nitrate.

3 Perspectives

3.1 Détermination du sous-bassin pilote

Quatre sous-bassins particulièrement « contribuants » à la pollution agricole diffuse ont été mis en évidence : les sous-bassins Reyssouze 5 (exutoire Pont de Vaux), Reyssouze 2 (exutoire Brêt), Jugnon, Reyssouze 4 (exutoire Besace). Ce sont ces bassins qui présentent les plus forts flux estimés de NO3 et de Pt conjugués.

Parmi eux le sous-bassin Reyssouze 2 peut être laissé de côté pour l'avenir car étant directement sous l'influence de Bourg en Bresse et des rejets des STEP de Bourg en Bresse et Point. La pollution issue des rejets domestiques masque la pollution diffuse agricole.

Le choix peut donc se porter indifféremment sur les 3 sous-bassins restant. Le choix du ou des sous-bassins pilotes ne devra se faire qu'après discussion avec les acteurs de la profession agricole des sous-bassins concernés. Les pistes d'actions évoquées dessous devront s'appuyer sur une large communication.

3.2 Suite de l’étude et pistes d’actions

L’azote et le phosphore sont des nutriments d’origines minérales (engrais et produits de synthèse industriels) ou organiques (épandages de lisiers ou de boues de stations d’épuration). Ils sont nécessaires à la fertilisation du sol, mais ont des conséquences négatives s’ils sont utilisés de manière inappropriée ou surdosée. Cela peut-être le cas lors de l’intensification des cultures et de la spécialisation agricole. Les doses d’engrais épandus sur une culture correspondent le plus souvent à une dose voisine de l’optimum défini supérieurement. Cette dose permet la production d’une quantité maximale de matière sèche si les conditions de croissance ne sont pas limitantes. Du fait des variations interannuelles du climat et d’autres facteurs limitants, ce niveau n’est pas toujours atteint. Le lessivage d’azote augmente proportionnellement à l’écart entre la production espérée et la production réellement obtenue. Pour le phosphore, ce sont les méthodes de cultures qui sont responsables des pertes. En effet, le phosphore est généralement entraîné lors du ruissellement avec les limons. Les cultures de maïs laissant les terres à nu en hiver sont souvent des facteurs aggravant ces pertes en phosphore.

Sur le ou les sous-bassins choisis, il conviendra donc de poursuivre le diagnostic et les investigations. Une connaissance fine des exploitations (localisation des cultures, modes de travail, fertilisation, présence de ripisylve, ….) sera à acquérir et à cartographier.

En même temps que des d’actions pilotes seront mises en place, il sera nécessaire de reprendre les mesures des flux de NO3 et Pt sur le(s) sous-bassin(s) choisi(s) pendant deux ans à des fréquences relativement élevées (tous les 15 jours) puis pendant une année à une fréquence moindre (tous les mois) afin de mesurer l’efficacité des actions mises en place.

Les pistes d’actions possibles sont de deux ordres : la gestion de l’espace et la limitation des intrants à la source.

3.2.1 Gestion et aménagement de l’espace

La restauration du milieu physique a un rôle dans l’amélioration de la qualité de l’eau. Trois facteurs contribuent à l’épuration des eaux : la ripisylve, les bandes enherbées et la densité du réseau hydrographique

- La ripisylve agit comme un filtre naturel important pour l’épuration des eaux, surtout au niveau des échanges nappe-rivière. Elle peut ainsi limiter considérablement les transferts de polluants entre les terres cultivées et la rivière. Les éléments nutritifs contenus dans les eaux de nappe ou les eaux d’infiltration, comme les nitrates, peuvent être prélevés par la végétation ou éliminés par les micro-organismes du sol. La restauration de la ripisylve semble indispensable.
- L’épuration des eaux en bord de rivière par la ripisylve peut s’avérer insuffisante. Il est donc possible, plus en amont, au bas de chaque champ cultivé, d’installer des bandes enherbées protégeant les fossés et ruisseaux. Ces aménagements ne sont efficaces que s’ils ne sont pas court-circuités par des drainages passant sous les bandes enherbées. Contre l’entraînement des substances polluantes, les bandes enherbées agissent de cinq façons :
    - l’herbe ralentie l’eau qui dépose ses éléments terreux
    - les débris végétaux et l’humus superficiels fixent les substances organiques et minérales
    - le chevelu racinaire crée une forte perméabilité permettant à l’eau de s’infiltrer
    - l’activité biologique dégrade les résidus organiques
    - l’interception des molécules dérivées par le vent

Les nouvelles directives de la PAC contribuent actuellement à la mise en place de ces bandes enherbées.

- Un réseau hydrographique dense favorise l’assimilation des nutriments. Il convient dés lors de sensibiliser le monde agricole à la sauvegarde de ce réseau, et en particulier le réseau des fossés. Un arrêt des désherbages systématiques et un arrêt du busage sont à préconiser. Des opérations de restauration peuvent également être entreprises.

Des actions complémentaires sont également envisageables :

- - incitation au maintien des prairies sur des secteurs sensibles, en particulier en bordure des cours d'eau et des plans d'eau (zones tampons)
- - limiter l'érosion par la réimplantation des haies
- - garder ou installer une couverture végétale en hiver
- - privilégier un sens de labour perpendiculaire au sens du ruissellement
- - privilégier les petites tailles de parcelles
- - favoriser les berges aux pentes douces pour augmenter l'effet de filtre de la ripisylve
- - mettre en place des banquettes d'absorption-diffusion pour épurer les eaux transportées par les drains et les fossés qui normalement rejoignent directement la rivière

3.2.2 Limitation des intrants à la source

Les apports dus aux lisiers des élevages sont responsables de rejets importants en azote et en phosphore directement disponibles pour les végétaux. Ils constituent la part essentielle des apports d'origine agricole pour le phosphore. Le stockage des lisiers et la gestion correcte des épandages doivent être une préoccupation prioritaire. Le stockage ainsi que l'épandage par l'intermédiaire d'études, de matériels appropriés et efficaces et d'une assistance technique pour le respect des plans prévus par l'étude doit être amélioré surtout en ce qui concerne les exploitations de taille modeste.

Les pâturages doivent également être suivis. En effet, des risques existent car de plus en plus les prairies font l'objet de fertilisation dont la maîtrise est difficile. De plus si le pâturage est intensif et qu'il y a un accès à un cours d'eau, une pollution directe par le bétail est possible. La mise en place d'abreuvoirs et de clôtures pour bloquer l'accès direct aux eaux de surface est souvent une action efficace.

Réglementairement, la lutte contre la pollution diffuse s'appuie sur la directive nitrates. La directive nitrates (n°91/676/CEE du 12 décembre 1991) a pour objectif « la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles ». Elle définit des zones vulnérables et met en œuvre sur ces secteurs des programmes d'actions. Ces programmes impliquent des contraintes réglementaires pour les agriculteurs en ce qui concerne notamment les opérations de fertilisation des sols et les épandages.

Pour les secteurs non couverts par la directive nitrates comme c'est le cas sur le bassin versant de la Reyssouze, une gestion raisonnée des engrais est recherchée. Ces actions ne peuvent être que volontaires. Elles se basent sur des opérations du type fertimieux, le code des bonnes pratiques agricoles et les mesures agri-environnementales. Toutes cherchent à limiter les intrants sur les cultures. Ces mesures pour être efficaces doivent absolument concerner la quasi majorité des acteurs.

3.3 Retour sur la méthode

La méthode utilisée semble pertinente. Elle donne des résultats exploitables et cohérents. La méthode de mesure des débits par flotteur à partir de profils en travers de la rivière et d'une vitesse moyenne du courant donne également des résultats satisfaisants et est plus rapide que la méthode des moulinets.

Quelques améliorations peuvent être apportées :

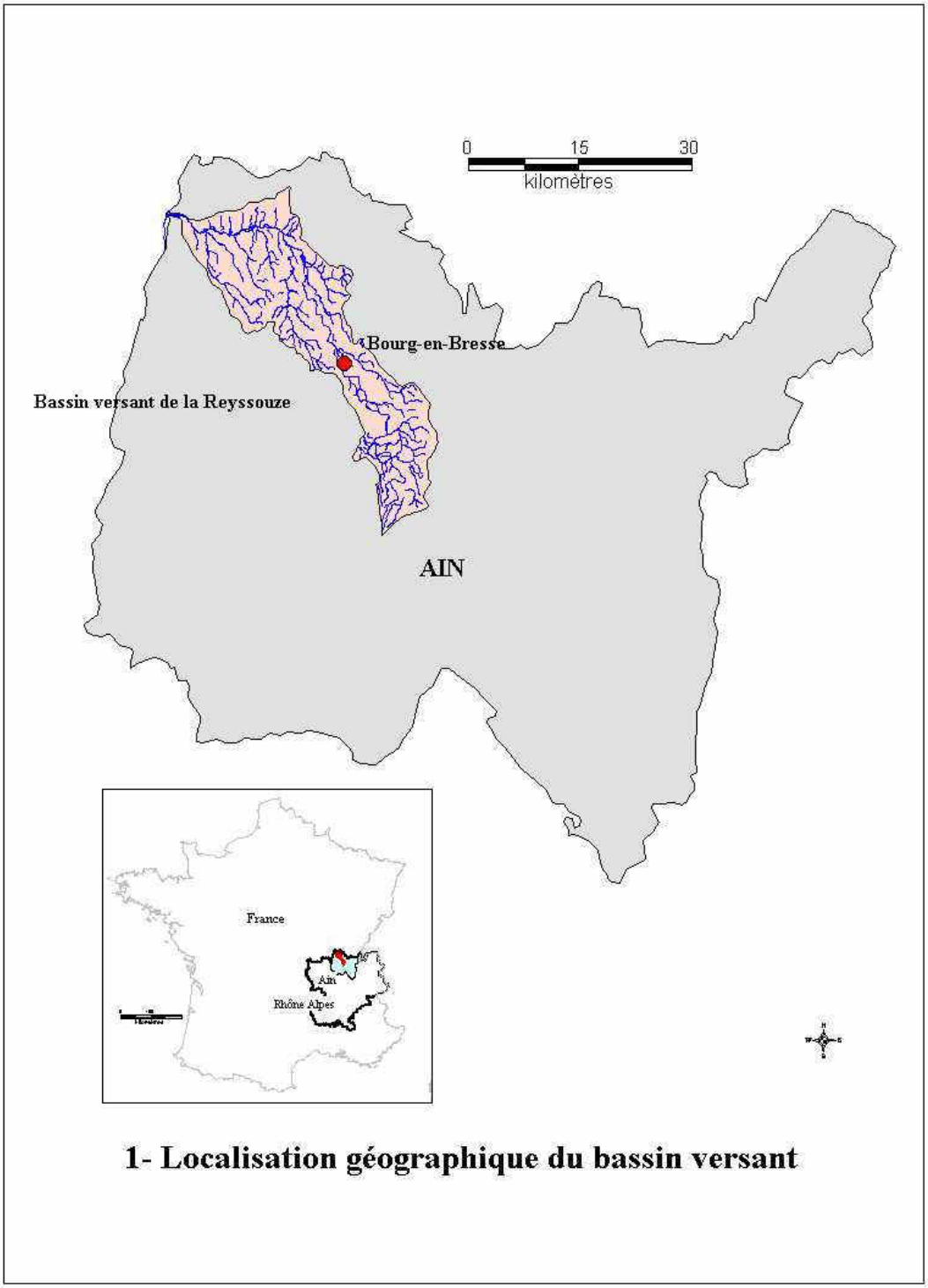
- Sur les prélèvements :
  - Le nombre de prélèvements pourrait être augmenté en prélevant tous les 10 jours au lieu de tous les 15 jours.
  - Une pré-étude sur les sous-bassins, à l'aide de préleveurs automatiques, des temps de transferts des NO3 et du Pt après une pluie permettrait d'effectuer les prélèvements dans les pics de concentration.
- Sur les données caractéristiques des sous-bassins
  - Les données utilisées pour déterminer l'influence des pressions humaines sur les flux sont issues dans cette étude du RGA. Or ces données sont rattachées au siège de l'exploitation et ne correspondent pas forcément à la réalité du sous-bassin, surtout ci ceux-ci sont de taille restreinte. Il conviendrait donc de travailler avec des données plus précises du type données PAC et images satellites.
  - L'intégration de données non disponibles telles que la quantité d'apports d'engrais agricoles réalisés sur les sous-bassins durant la réalisation de l'étude, ou l'évolution de l'occupation de l'espace serait riche d'enseignement. Il est illusoire de vouloir connaître ces informations lors de chaque prélèvement mais une connaissance mensuelle ou saisonnière peut être envisageable.

ANNEXES

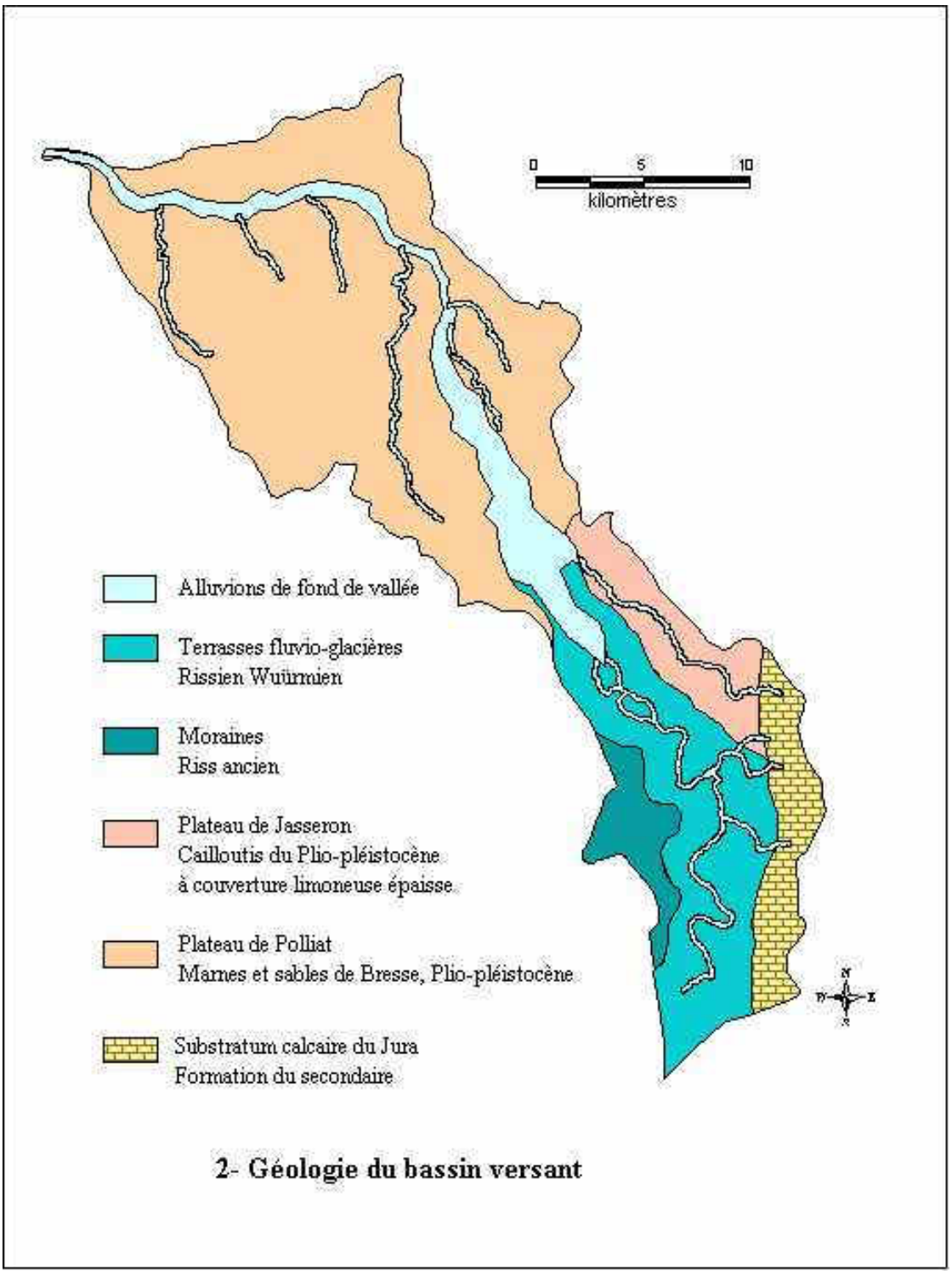
Flux de nitrates en mg/s/km2										
station	**Journans**	**Leschère**	**Jugnon**	**Gravière**	**Reyssouzet**	**Bouvent**	**Bret**	**St Julien**	**Besace**	**Pont de vaux**
	1	**2**	**4**	**6**	**8**	**3**	**5**	**7**	**9**	**10**
surface km2		**47,15**	**32,3**	**20,83**	**65,23**	**57,94**	**50,98**	**47,18**	**89,38**	**79**
date										
22/1/03	534,60	74,60	954,60	611,70	923,80	515,10	1 147,00	346,80	919,80	522,90
05/2/03	736,60	78,00	830,30	520,40	1 135,50	682,00	857,60	988,30	216,70	909,30
19/2/03	212,80	25,60	353,00	152,90	269,30	523,30	356,90	157,20	0,00	247,80
05/3/03	137,80	9,60	193,10	98,50	97,30	330,60	44,80	0,00	313,00	131,30
19/3/03	102,60	3,80	46,20	220,20	43,30	212,90	50,10	289,50	213,80	88,30
02/4/03	62,40	1,50	94,30	15,60	10,30	220,70	217,90	36,10	98,80	86,40
16/4/03	52,20	0,00	12,40	0,00	0,00	269,10	5,70	29,60	21,70	0,00
27/4/03	32,40	0,40	49,70	41,30	4,30	225,50	0,00	192,80	152,90	0,00
12/5/03	27,50	0,20	13,30	2,20	2,10	263,10	0,00	0,00	171,00	88,40
26/5/03	26,50	0,40	86,30	35,30	17,30	186,80	0,00	0,00	411,00	535,50
12/6/03	10,00	0,00	0,00	0,00	3,80	166,50	0,00	0,00	0,00	288,80
25/6/03	18,80	0,00	0,00	0,00	0,50	203,30	0,00	0,00	0,00	1,10
09/7/03	7,10	0,00	0,00	0,00	0,00	66,20	0,00	0,00	0,00	0,00
24/7/03	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,30	0,00	0,00	0,00	0,00
07/8/03	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00	63,80	0,00	0,00	0,00	0,00
20/8/03	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	64,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/9/03	10,40	0,00	0,00	0,00	0,00	87,40	0,00	0,00	0,00	18,90
17/9/03	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	68,00	0,00	83,60	0,00	0,00
02/10/03	7,90	0,00	1,90	1,50	0,00	47,30	0,00	10,90	0,00	13,50
16/10/03	6,00	0,00	211,70	2,40	0,00	68,60	65,70	263,20	0,00	67,00
30/10/03	261,50	5,30	401,50	38,30	12,10	510,10	245,20	261,60	0,00	17,30
13/11/03	417,40	1,20	425,00	17,30	140,70	100,40	484,80	750,50	0,00	2 574,30
25/11/03	97,40	1,20	528,70	53,30	237,60	157,50	270,80	415,60	332,50	585,40
10/12/03	102,10	52,00	1 088,40	499,80	455,20	248,10	1 146,40	619,70	0,00	3 085,80
23/12/03	424,60	154,70	2 530,60	647,70	990,60	543,30	1 767,60	2 538,70	1 406,00	1 253,60
07/01/04	100,90	15,60	376,90	300,50	202,20	146,20	974,40	232,60	679,10	499,70
22/01/04	508,60	181,90	2 415,60	2 960,60	1 450,80	1 069,90	3 586,40	0,00	658,90	1 102,70

Flux de phosphore total en mg/s/km2										
station	**Journans**	**Leschère**	**Jugnon**	**Gravière**	**Reyssouzet**	**Bouvent**	**Bret**	**St Julien**	**Besace**	**Pont de vaux**
	1	**2**	**4**	**6**	**8**	**3**	**5**	**7**	**9**	**10**
surface km2		**47,15**	**32,3**	**20,83**	**65,23**	**57,94**	**50,98**	**47,18**	**89,38**	**79**
date										
22/1/03	7,9	1,4	19,2	14,7	27,1	6,3	38,2	0,0	0,0	16,3
05/2/03	2,5	1,1	9,4	11,5	22,5	11,8	31,1	18,5	6,6	43,4
19/2/03	1,5	0,2	1,8	5,6	2,0	1,6	11,0	0,0	0,0	2,0
05/3/03	2,9	0,2	1,5	6,1	2,5	0,6	3,8	0,0	0,3	1,8
19/3/03	0,6	0,1	0,0	10,5	0,4	1,3	1,8	0,0	1,4	11,0
02/4/03	0,2	0,1	1,3	0,3	0,2	0,0	9,2	0,0	0,0	0,8
16/4/03	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	6,6	0,0	1,1	2,5
27/4/03	0,5	0,1	1,6	2,6	2,2	1,8	0,0	5,9	8,1	0,0
12/5/03	0,1	0,1	1,6	1,5	0,2	0,0	13,3	0,0	2,3	0,0
26/5/03	0,3	0,2	5,2	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0	2,5	1,0
12/6/03	0,1	0,1	0,0	0,2	0,6	0,2	8,4	0,0	0,0	0,0
25/6/03	0,2	2,0	0,0	0,9	0,2	0,0	6,8	0,5	3,2	3,0
09/7/03	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	1,9	1,2	1,9	3,7
24/7/03	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,9	1,6	0,0	0,0	0,9
07/8/03	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,1	2,8	0,0	0,0	0,2
20/8/03	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,4	3,0	0,0	2,4
04/9/03	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,7	0,0	0,0	2,9
17/9/03	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,9	0,0
02/10/03	0,0	0,0	1,1	3,4	0,0	0,1	1,1	0,0	0,0	8,6
16/10/03	0,0	0,0	6,0	0,9	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,4
30/10/03	0,2	0,0	0,7	8,0	1,4	1,6	3,9	1,8	6,1	0,0
13/11/03	0,4	0,2	1,2	3,1	0,6	0,2	11,9	0,0	0,0	17,4
25/11/03	0,7	0,0	1,8	0,0	0,9	0,6	2,1	0,0	0,6	3,3
10/12/03	0,2	0,1	0,9	1,9	1,0	0,8	4,0	2,3	0,0	7,8
23/12/03	0,9	0,4	4,1	0,0	3,0	1,9	8,2	8,7	6,3	11,2
07/01/04	0,4	0,1	0,3	0,0	0,5	0,5	10,9	0,0	1,8	1,5
22/01/04	2,9	0,3	6,9	9,6	6,2	5,3	20,7	4,3	7,3	7,4

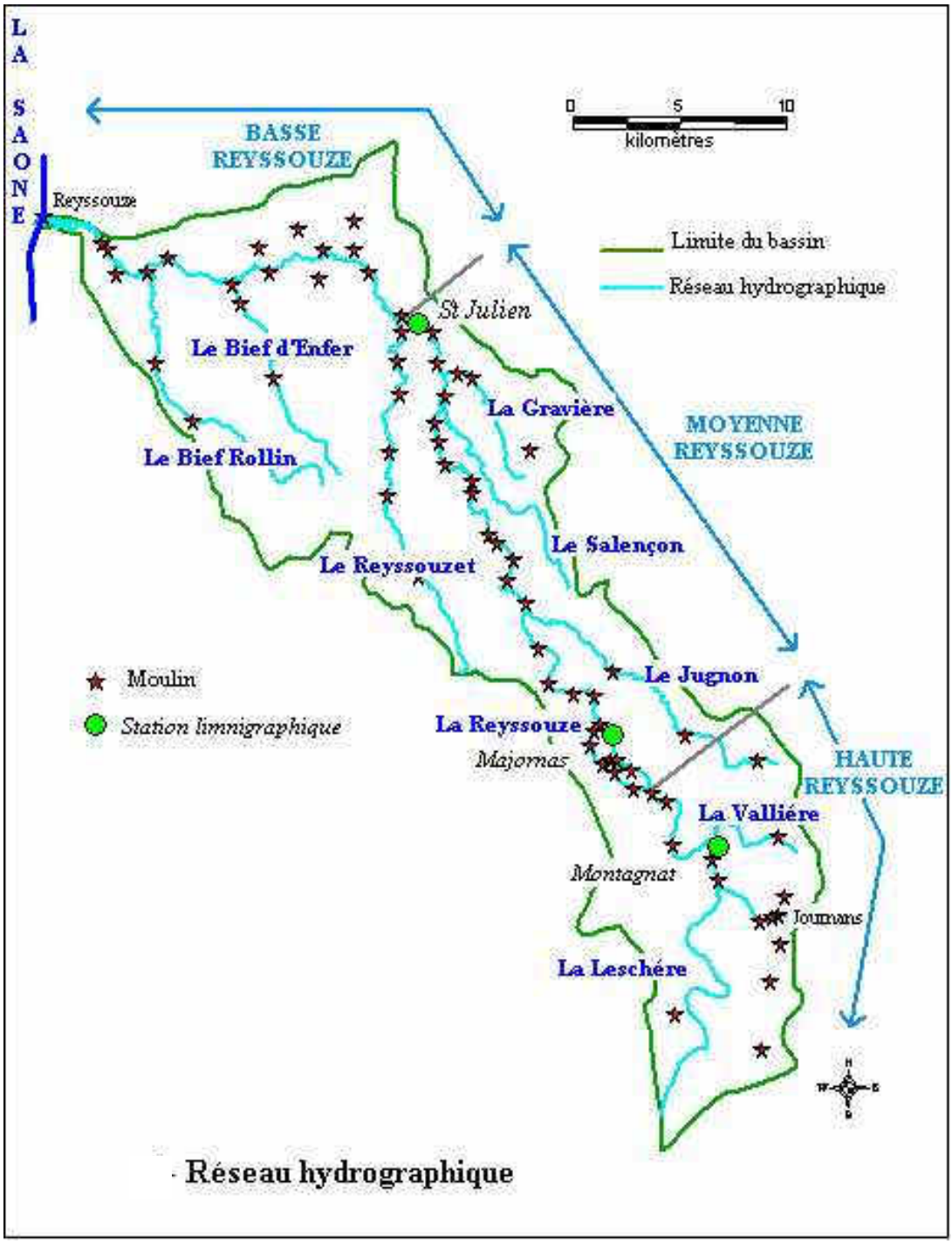
CARTES

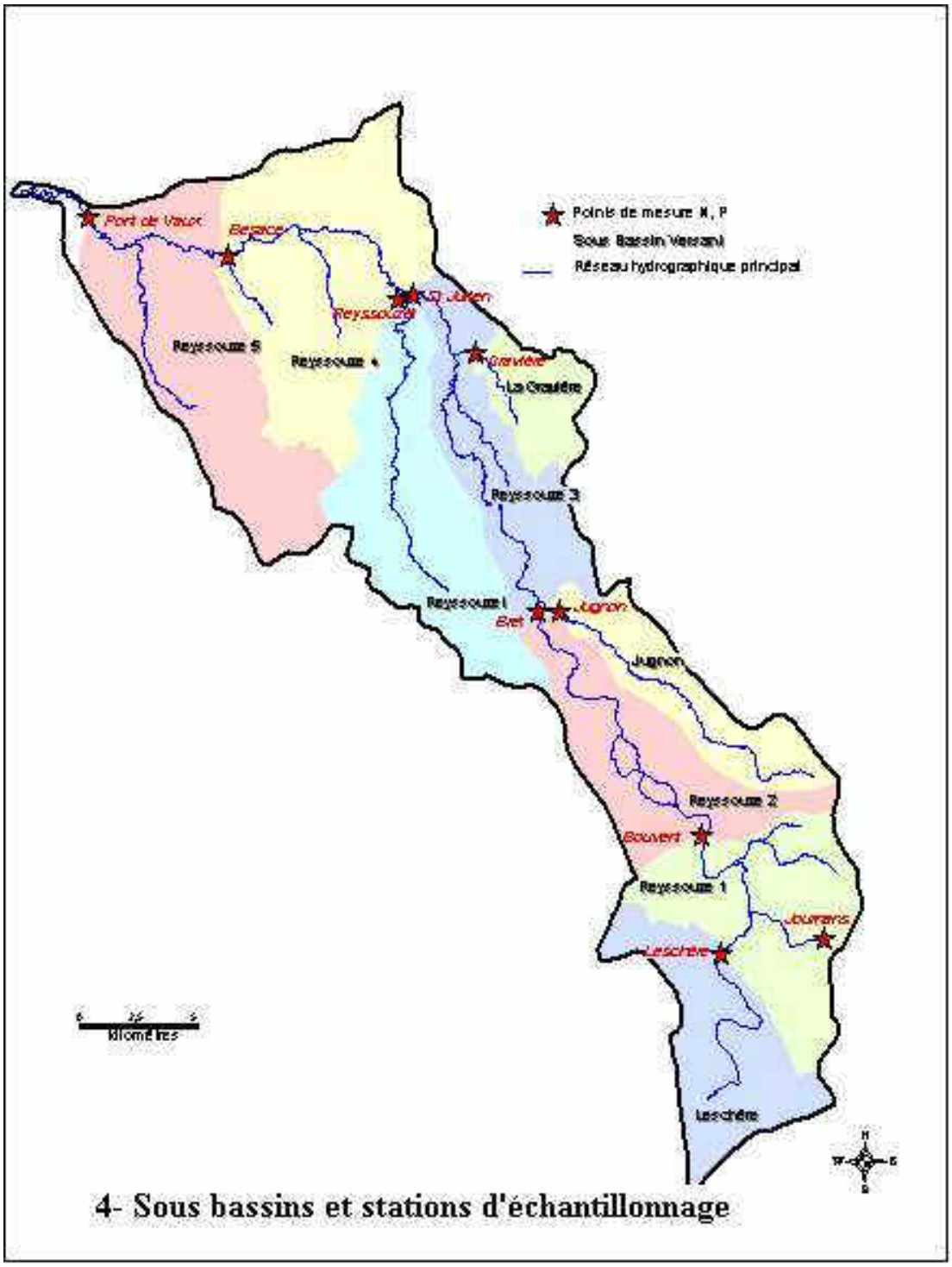


1- Localisation géographique du bassin versant



2- Géologie du bassin versant

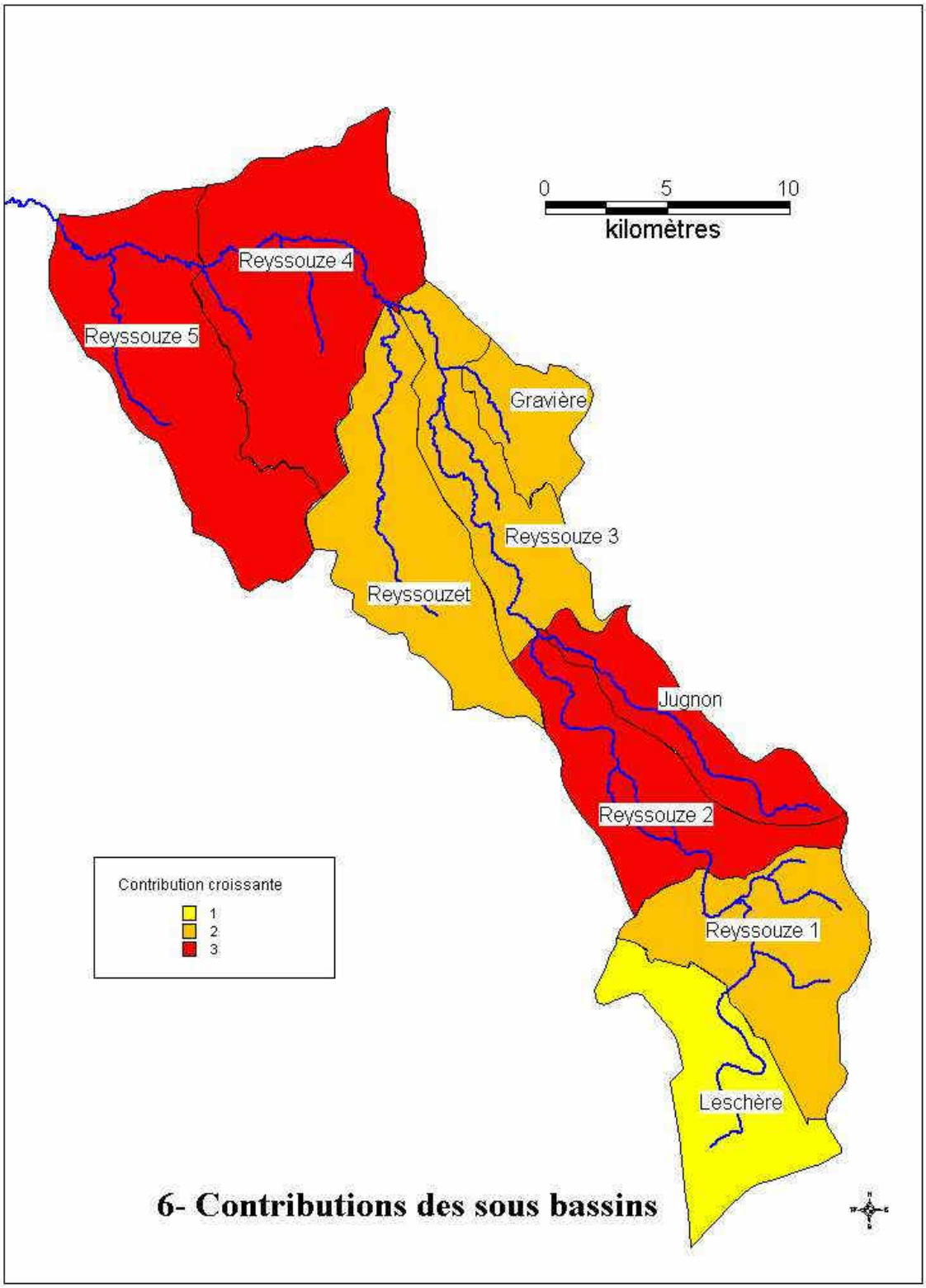

LA SAONE
Reyssouze
BASSE REYSSOUZE
0
5
10
kilomètres
Limite du bassin
Réseau hydrographique
St Julien
Le Bief d'Enfer
La Gravière
MOYENNE REYSSOUZE
Le Bief Rollin
Le Salençon
Le Reyssouzet
Le Jugnon
Moulin
Station limnigraphique
La Reyssouze
Majornas
HAUTE REYSSOUZE
La Valliére
Montagnat
Journans
La Leschére
Réseau hydrographique



4- Sous bassins et stations d'échantillonnage



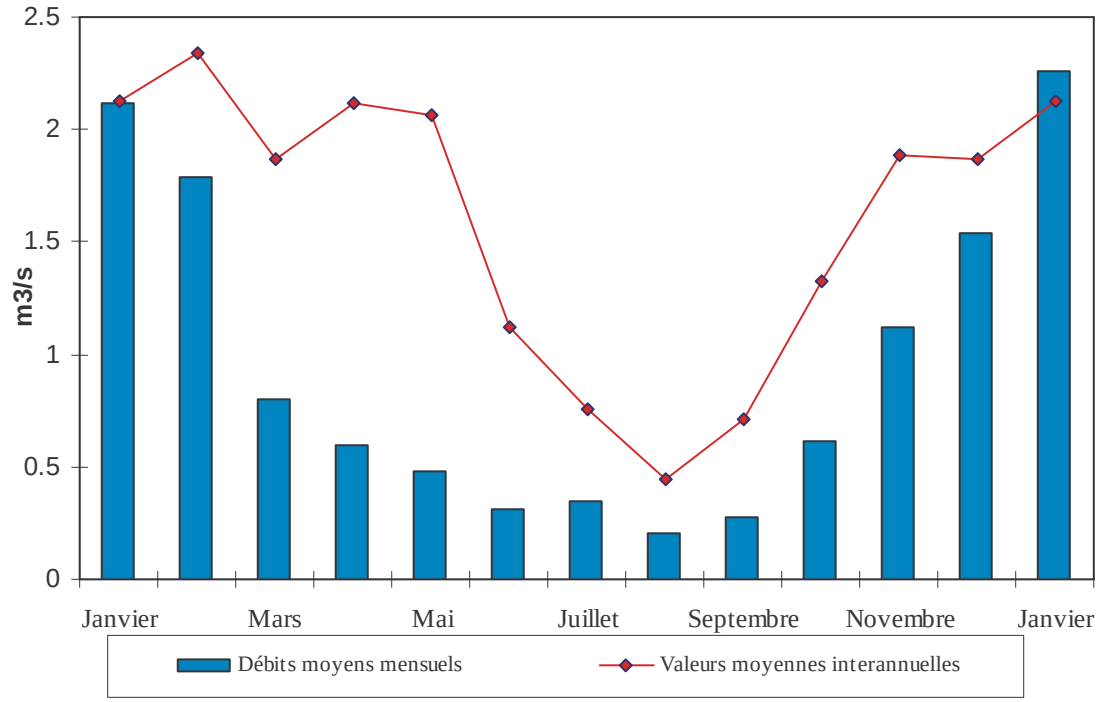
5- Stations d'échantillonnage et rejets des STEP



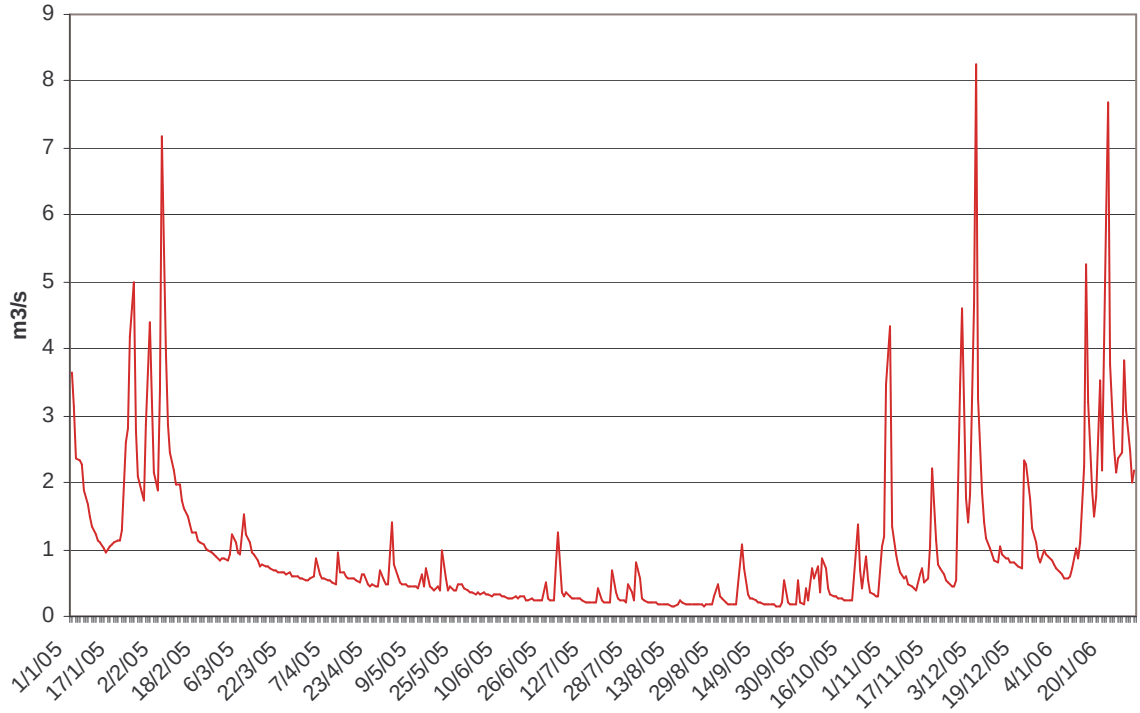
6- Contributions des sous bassins

GRAPHIQUES

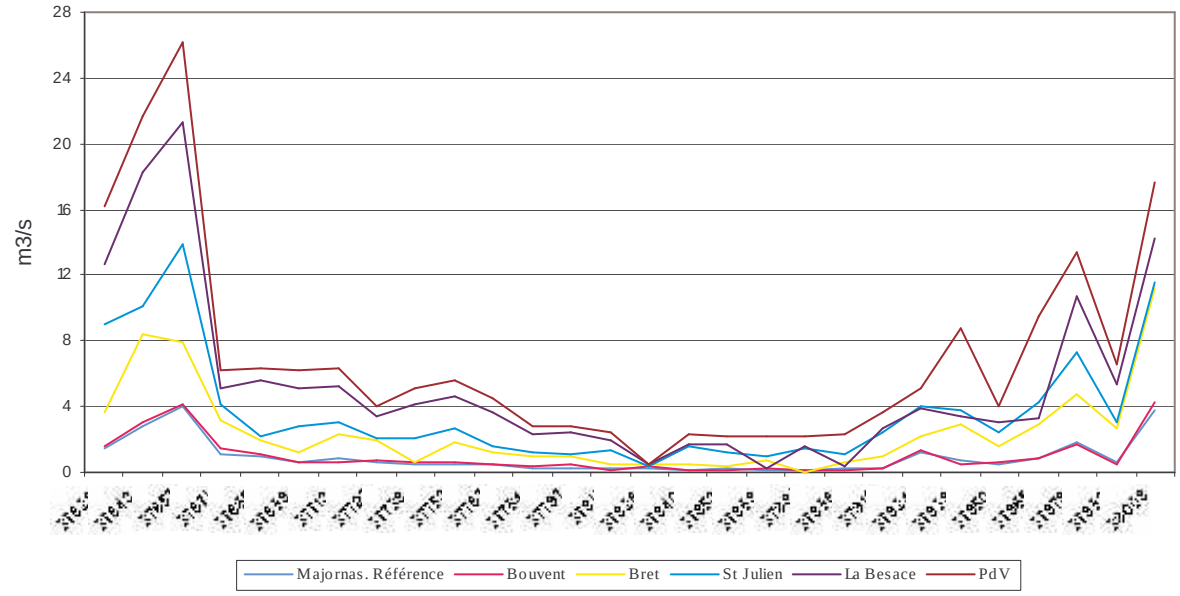
Graphique 1 : DEBITS MOYENS MENSUELS MAJORNAS



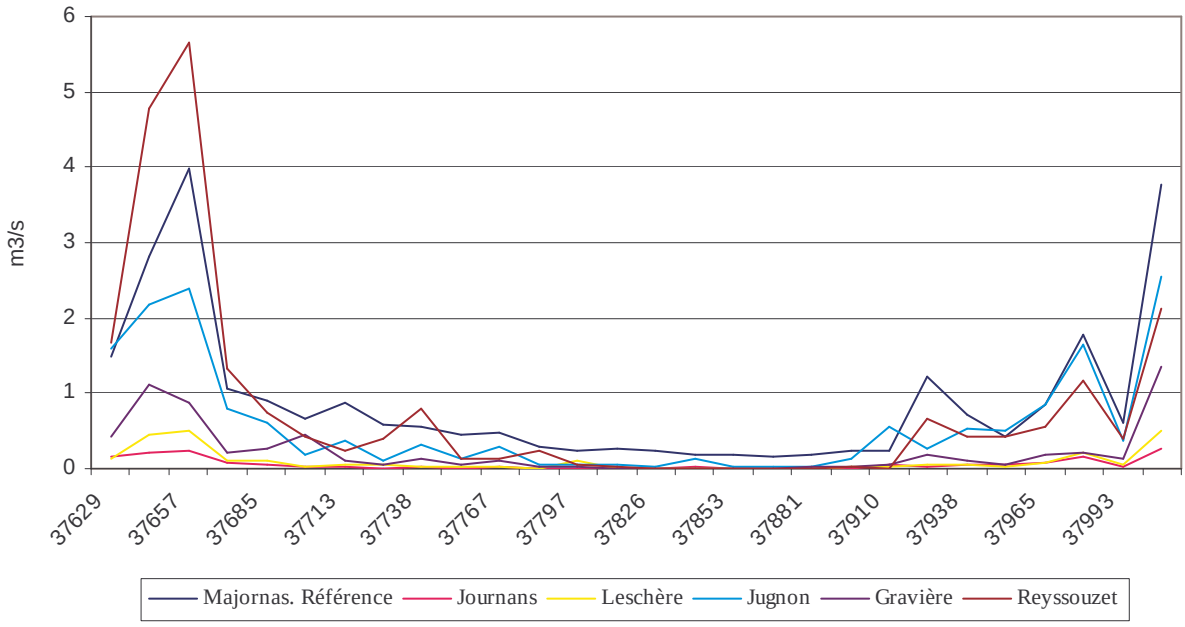
Graphique 2 : DEBITS JOURNALIERS MAJORNAS



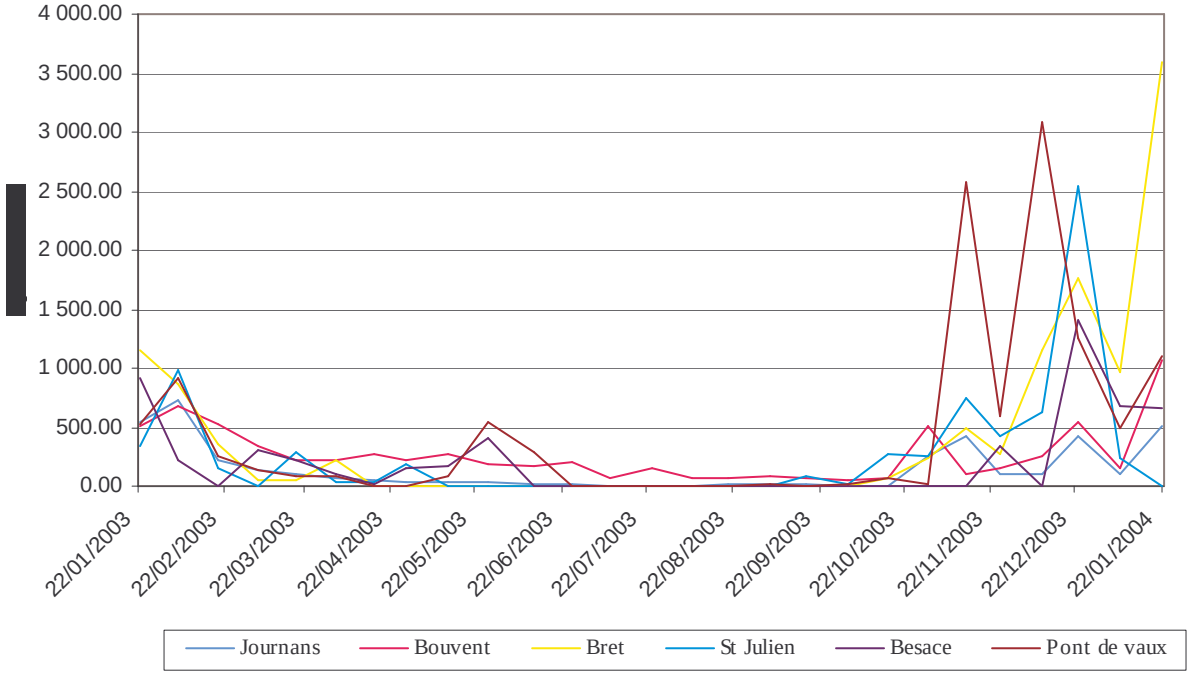
Graphique 3 : DEBITS DE LA REYSSOUZE



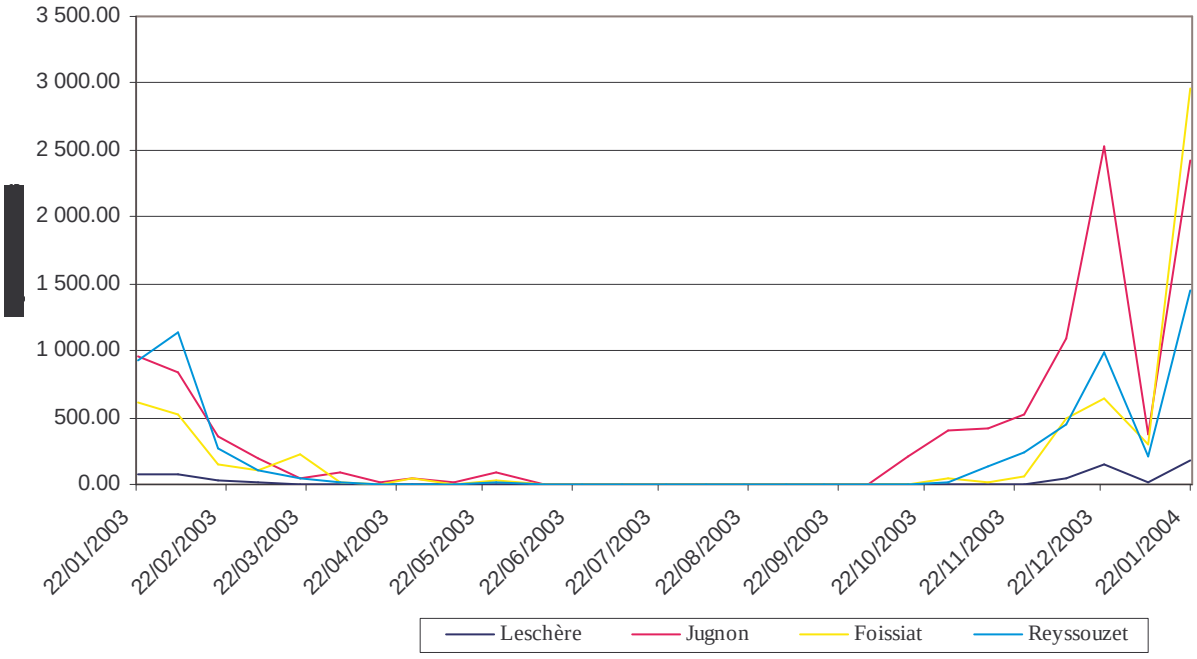
Graphique 4 : DEBITS AFFLUENTS



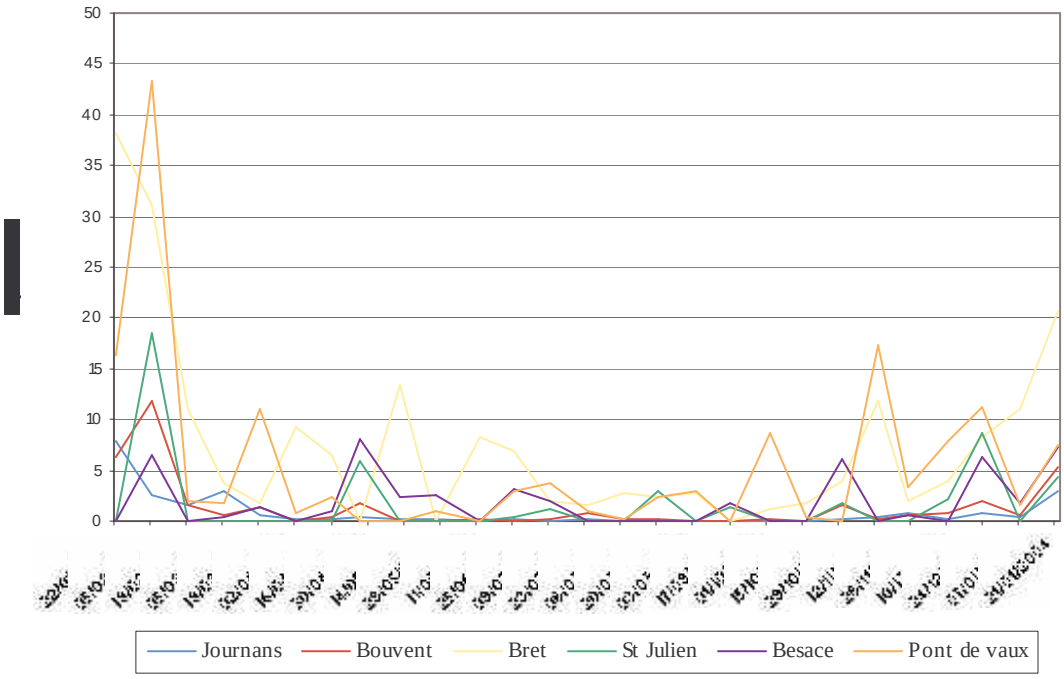
Graphique 5 : FLUX DE NO3 SOUS BASSIN DE LA REYSSOUZE



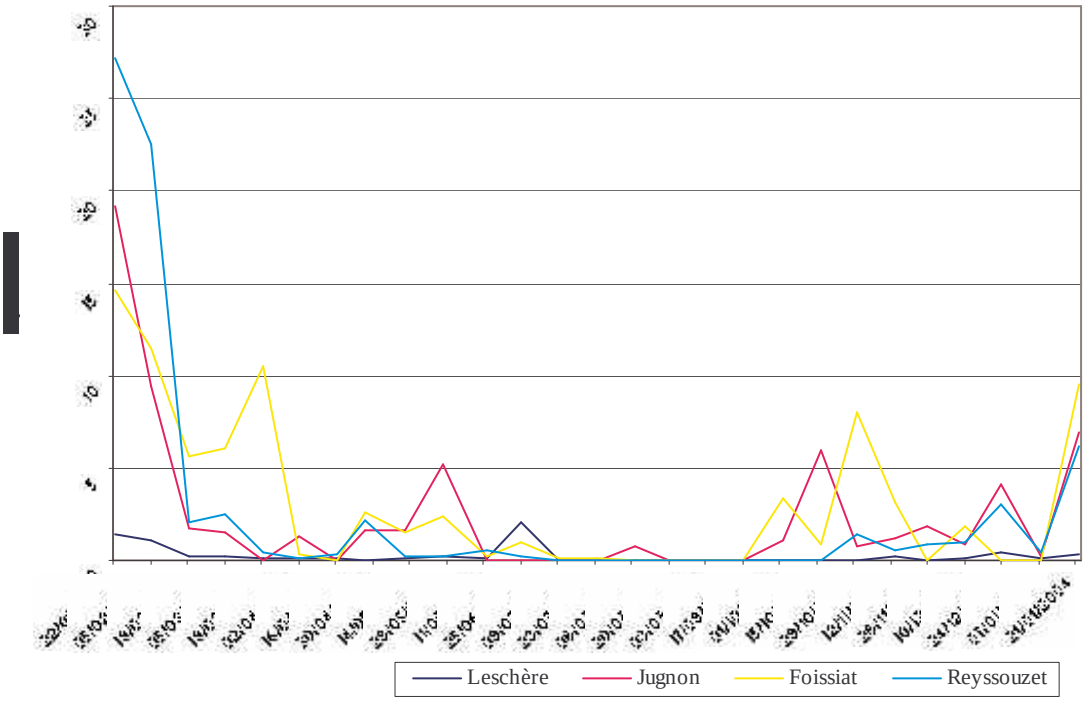
Grapique 6 : FLUX DE NO3 SOUS BASSINS AFFLUENTS



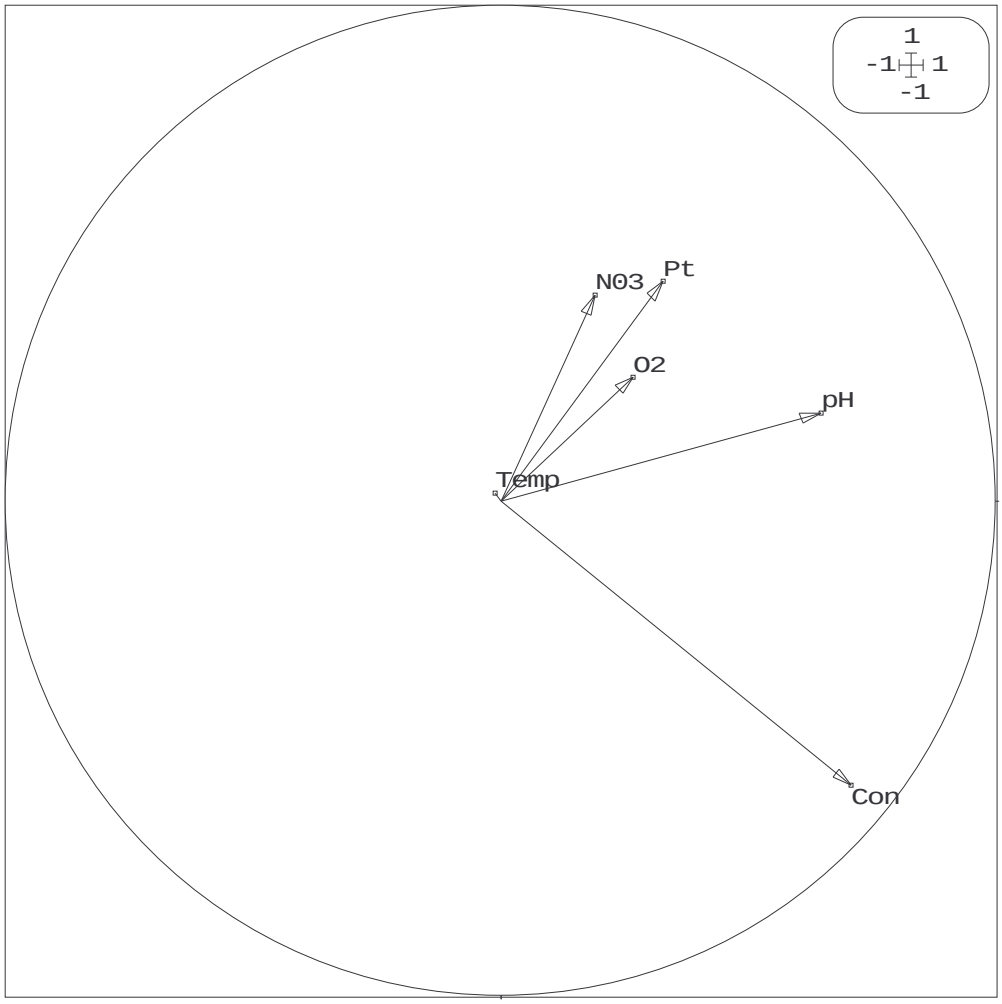
Graphique 7 : FLUX DE Pt SOUS BASSINS DE LA REYSSOUZE

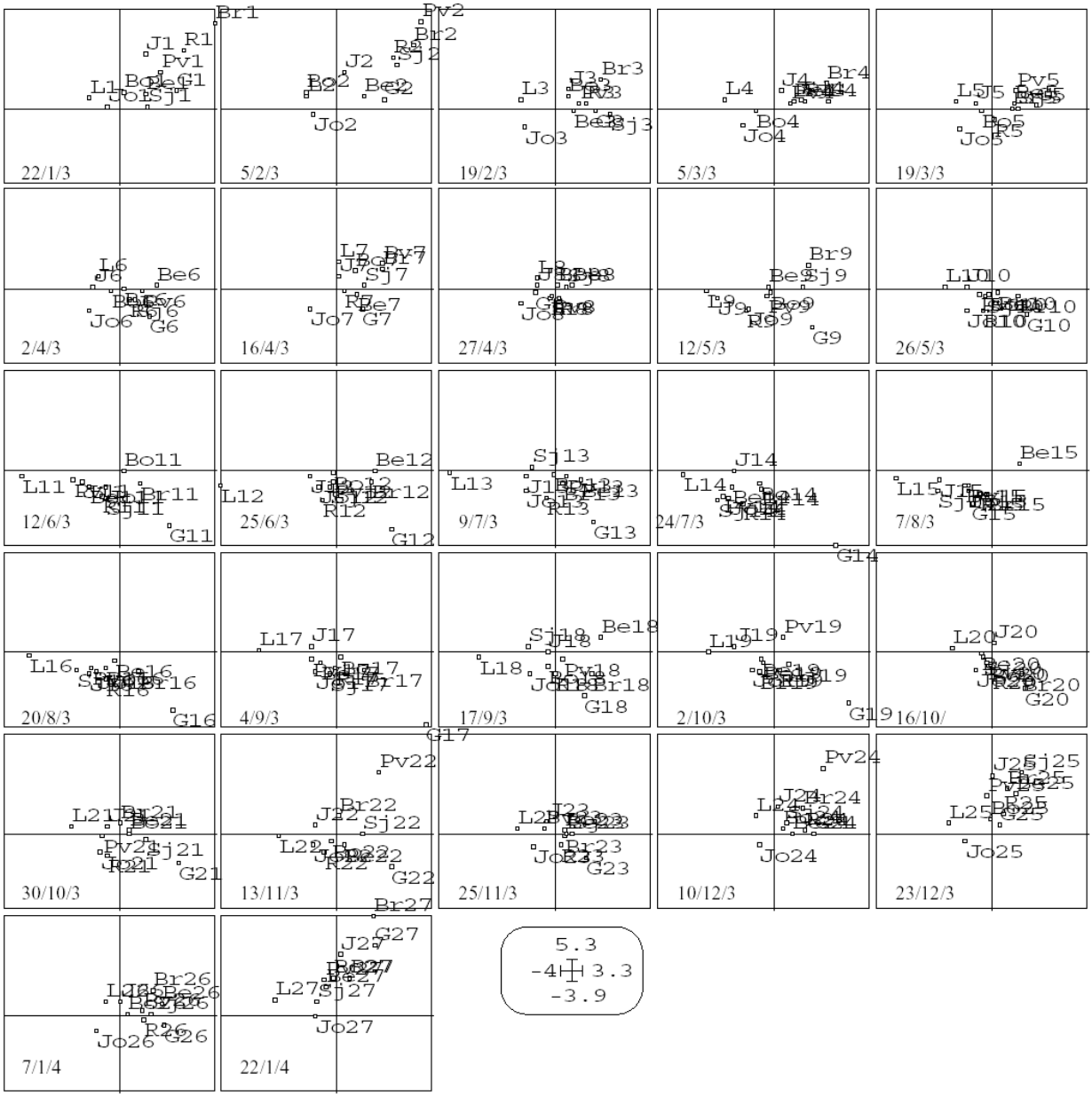


Graphique 8 : FLUX DE Pt SOUS BASSINS AFFLUENTS

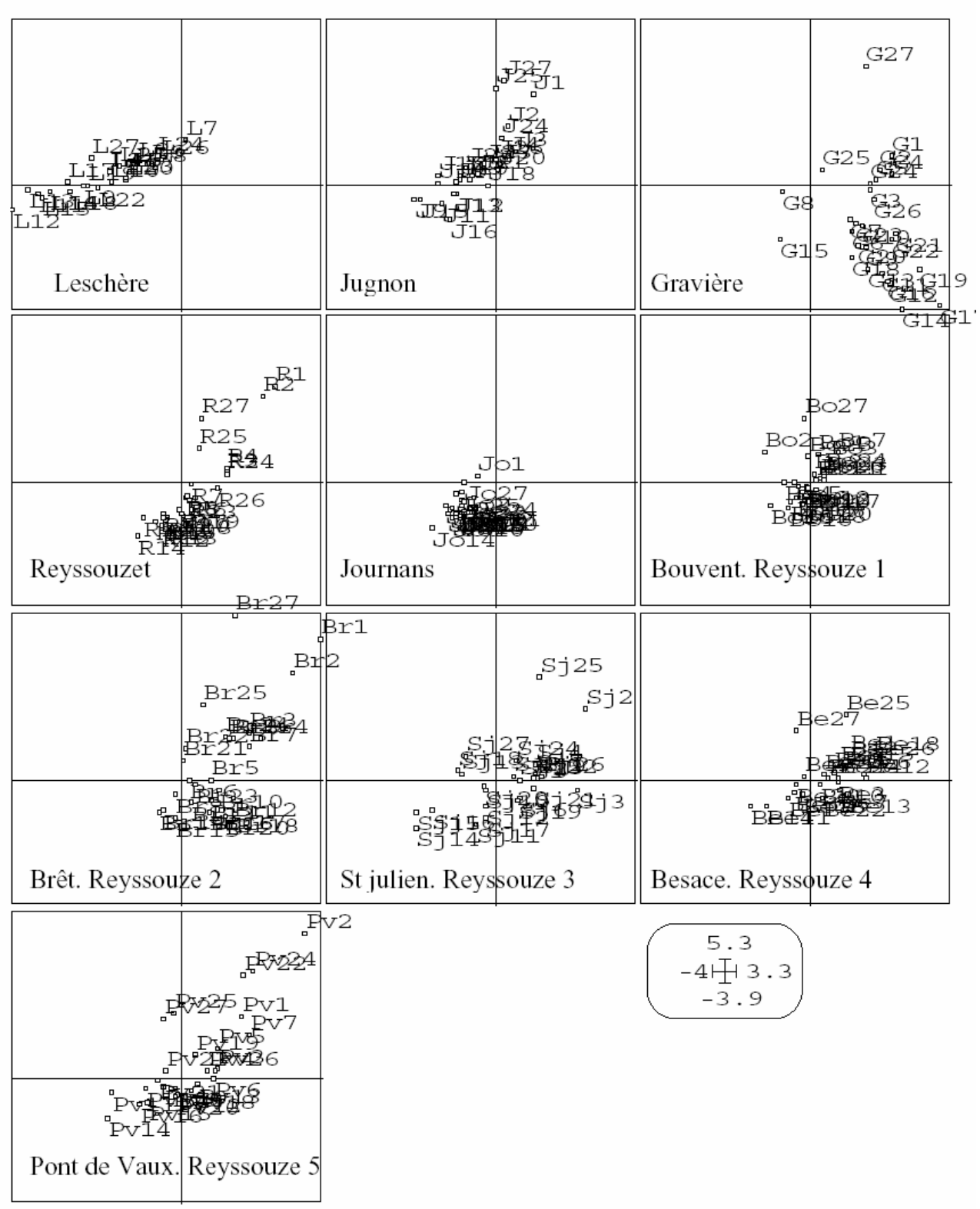


Graphique 9 – Cercle des corrélations





Graphe-10. Plans factoriels F1/F2. 10 stations dans 27 dates



Graphique 11 -Plans factoriels F1/F2. 27 prélèvements par sous bassins.