

BERNARD Valérie



Master Sciences et Technologies
Mention: Chimie
Spécialité : Chimie de l'Environnement et du Développement
Durable

ETUDE DES APPORTS EXTERNES EN PHOSPHORE DANS LE
LAC DU BOURGET

Année : 2007-2008

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au Comité InterSyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget de Chambéry en collaboration avec l'Université de Savoie et l'Institut National de la Recherche Agronomique de Thônon.

Je tiens particulièrement à remercier M. Renaud Jalinoux, directeur du CISALB et M. Cyrille Girel, mon maître de stage de m'avoir épaulée tout au long de ce stage de fin d'étude.

Ce travail n'aurait pas pu être mené à bien sans l'aide de M. Emmanuel Naffrechoux, président du comité scientifique du CISALB pour ses conseils et sa disponibilité.

Mes remerciements vont également à M. Jérôme Lazzaroto, responsable du laboratoire d'analyse à l'INRA de Thônon et à M. Jérôme Poulenard, directeur de recherche, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Je remercie aussi toute l'équipe du CISALB, celle du laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement de l'Université de Savoie et celle du laboratoire d'analyse de l'INRA de Thônon pour leur sympathie.

SOMMAIRE

I] Présentation de l'établissement ¹	8
1.1) Généralités	8
1.2) Historique et projets	8
1.3) Personnel et budget	8
1.4) Partenaires	8
II] Présentation du domaine de compétence « suivi et assainissement »	10
2.1) Rôles, attributions et fonctionnement de ce domaine de compétence	10
2.2) Conditions de travail	10
III] Synthèse et conclusion	11
IV] Contexte réglementaire sur l'eau ^{2, 3, 4}	14
V] Recensement des apports ponctuels	15
5.1) Les sources de phosphore ⁵	15
5.1.1) Les apports domestiques	16
5.1.2) Les apports agricoles	16
5.2) Présentation du bassin versant du lac	16
5.2.1) Description des sous bassins versants ^{1, 7, 8}	16
5.2.3) Modes d'occupation des sols ⁹	18
5.3) Evaluation des pressions et des rejets en phosphore	19
5.3.1) Les stations d'épuration ^{10, 11}	19
5.3.2) Les assainissements autonomes ^{4, 12, 13}	22
5.3.3) L'agriculture ¹⁴	25
5.3.4) Interprétation des résultats	30
VI] Estimation des flux	37
6.1) Modalités d'échantillonnage et de jaugeage ¹⁶	37
6.1.1) Prélèvement d'eau	42
6.1.2) Prélèvement de sédiment	42
6.1.3) Le jaugeage ⁷	42
6.2) Résultats des campagnes	42
VII] Interprétation des résultats ^{5, 8, 17, 18, 19, 20}	47
7.1) Conformité des résultats de campagnes de mesure	47
7.2) Estimation du bruit de fond	51
7.3) Part des apports ponctuels en P _{tot} dans les apports totaux au lac	51
7.4) Représentativité des résultats de campagne vis-à-vis du suivi en semi-continu des tributaires	53
7.5) Influence du débit et/ou de la concentration sur les valeurs de flux des campagnes	53
7.6) Part des apports ponctuels en P _{tot} mesurés lors des campagnes dans les apports totaux apportés au lac par les tributaires	54
7.7) Comparaison du débit spécifique et du flux spécifique entre les différentes campagnes	55
7.8) Biodisponibilité du phosphore particulaire	56
7.9) Part des orthophosphates dans le phosphore dissous et part du P dissous dans le phosphore total	61
7.10) Part de pollution urbaine et agricole	63
VIII] Propositions pour limiter les sources de phosphore ^{14, 15, 17}	65
Bibliographie	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Historique de la politique contre la pollution de l'eau

Figure 2 : bassins versants et sous bassins versants de l'étude

Figure 3 : Carte simplifiée des modes d'occupation des sols

Figure 4 : cartographie des UDEP classées par taille

Figure 5 : cartographie des assainissements non collectifs selon leur état de fonctionnement

Figure 6: cartographie des bâtiments d'élevage classés par taille

Figure 7: localisation des points de mesure de la campagne 1

Figure 8 : localisation des points de mesure de la campagne 2

Figure 9 : localisation des points de mesure de la campagne 3

Figure 10 : cartographie de la qualité de l'eau de la campagne 1

Figure 11 : cartographie de la qualité de l'eau de la campagne 2

Figure 12 : cartographie de la qualité de l'eau de la campagne 3

Figure 13 : Apports en P_{tot} par les tributaires du lac sur différentes années

Figure 14 : Graphe illustrant la relation entre PO_4 et P_{Olsen}

Figure 15 : Relation P_{tef_PO4} pour chacune des trois campagnes

Figure 16 : Relation $PO4_P_{tot}$ eau pour chacune des trois campagnes

Figure 17 : Graphe illustrant la relation entre PO_4 et NH_4

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1** : origines des différentes sources de phosphore
- Tableau 2** : tableau récapitulatif des données pour chaque UDEP
- Tableau 3** : tableau récapitulatif du nombre et du pourcentage d'AA selon leur état de fonctionnement sur le BV du lac
- Tableau 4** : tableau récapitulatif des valeurs des flux de déjections animales pour chaque commune du sous bassin versant de la Leysse
- Tableau 5** : tableau récapitulatif des valeurs des flux de déjections animales pour chaque commune du sous bassin versant du Sierroz
- Tableau 6** : tableau récapitulatif des valeurs des flux de déjections animales pour chaque commune du sous bassin versant du Tillet
- Tableau 7** : tableau récapitulatif de la répartition et de la notation intermédiaire des assainissements autonomes par point de mesure
- Tableau 8** : tableau récapitulatif des flux de rejet domestique à chaque point de mesure
- Tableau 9** : tableau récapitulatif des flux de déjections animales à chaque point de mesure
- Tableau 10** : Notation globale de la pression en phosphore pour chaque point de mesure
- Tableau 11** : Notation globale de la pression en phosphore par sous bassin versant
- Tableau 12** : tableau récapitulatif des données de chaque campagne
- Tableau 13** : résultats de la campagne 1
- Tableau 14** : résultats de la campagne 2
- Tableau 15** : résultats de la campagne 3
- Tableau 16** : tableau récapitulatif des valeurs de débit et de hauteur d'eau à chaque point de mesure sur la Deysse
- Tableau 17** : Apport en P_{tot} à la fermeture des tributaires du lac
- Tableau 18** : Flux de P_{tot} par sous BV
- Tableau 19** : Flux spécifique par sous BV
- Tableau 20** : répartition des points de mesure selon la part de phosphore particulaire
- Tableau 21** : répartition des points de mesure selon la valeur du rapport $P_{particulaire}/MES$
- Tableau 22** : Pourcentage de P_{Olsen} par rapport au $P_{particulaire}$ (campagne 3)
- Tableau 23** : Intensité des rapports $P_{particulaire}/MES$ et $P_{Olsen}/P_{particulaire}$ pour la campagne 3
- Tableau 24** : Répartition des trois familles du rapport NH_4/PO_4

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Abréviations et noms des cours d'eau

Annexe 2 : Répartition des communes par point de mesure

Annexe 3 : Courbes de tarage

Annexe 4 : Relation $P_{tot_débit}$ et $PO_4_débit$ aux points à l'embouchure des tributaires

Annexe 5 : Profils en long

Le lac du Bourget, situé au cœur des Alpes à proximité d'Aix-les-Bains, s'avère être le plus grand lac naturel de France. C'est aussi la plus importante ressource d'eau douce de la Région Rhône-Alpes avec un volume de 3,6 milliards de mètre cube sur 18 kilomètres de long et 3 de large. A proximité du lac se côtoient près de 185 000 habitants permanents dans un espace très convoité.

Il est donc primordial de préserver cette ressource en prenant en considération sa fragilité mais aussi ses atouts.

De nombreuses études sur le lac du Bourget et son bassin versant ont découlé de cette prise de conscience générale des acteurs de ce territoire.

Ces dernières années, les études ont portées notamment sur la gestion piscicole du lac et de ses rivières tributaires ainsi que sur la qualité des eaux au travers des micro-organismes.

A la suite de ces études, il a été conclu que la qualité écologique des eaux du lac s'était améliorée de manière continue et ceci depuis la mise en place de mesures de gestion dans les années 80, notamment la mise en service de la galerie de l'Epine en 1980, cette dernière permettant d'acheminer vers le Rhône les eaux épurées des agglomérations de Chambéry et d'Aix les Bains. Les teneurs en phosphore dans les eaux du lac ont largement diminué (de 120µgP/L à 30µgP/L), passant ainsi d'un milieu méso-eutrophe à un milieu mésotrophe. Cette concentration classe actuellement l'eau du lac en catégorie verte ; c'est-à-dire en bonne qualité de l'eau, du système d'évaluation de la qualité des eaux dans la version 2 (SEQ eau).

Cependant, depuis une dizaine d'années, ces mesures montrent leurs limites puisque cette concentration en phosphore stagne à un niveau encore suffisamment élevé pour permettre une efflorescence algale de cyanobactéries *Planktothrix rubescens*. Ces dernières se concentrent en premier lieu vers 15 à 20 m de profondeur d'eau à la fin de l'été puis occupent ensuite toute la colonne d'eau lors du brassage hivernal. Ces cyanobactéries sont susceptibles de synthétiser des hépatotoxines pouvant conduire à des incidents sanitaires chez les utilisateurs pour les usages d'eau potable et de pêche. Afin de diminuer la concentration en phosphore des eaux du lac sous le seuil de développement des cyanobactéries estimé à 15µgP/L, il est primordial de connaître la dynamique du phosphore sur le bassin versant et dans le lac. Les sources de phosphore sont caractérisées soit par les apports externes (apports ponctuels et diffus) soit par les apports internes (relargage par les sédiments).

La présente étude porte sur les apports externes ponctuels en régime hydrologique stable (régime établi). Elle vise à apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- Quelle est la part des apports ponctuels en phosphore total dans les 20 à 40 tonnes de phosphore apportées par les tributaires dans le lac chaque année ?
- Quelle est la distribution géographique des apports ponctuels en phosphore total ?
- Quelles sont les parts respectives des apports agricoles et domestiques ?
- Quel est le pourcentage de biodisponibilité du phosphore particulaire présent dans le réseau hydrographique du bassin versant du lac ?
- Quelles sont les actions à mettre en œuvre afin de lutter contre les apports externes en phosphore ?

I] Présentation de l'établissement¹

1.1) Généralités

Le Comité Intersyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget (CISALB) a été créé en février 1972 par deux agglomérations, celle de Chambéry et celle d'Aix-les-Bains. Le CISALB est un syndicat mixte fermé composé de 10 élus dont la moitié appartient à la Communauté d'Agglomération de Chambéry métropole (CACM) et l'autre moitié à la Communauté d'Agglomération du Lac du Bourget (CALB).

Le CISALB, dont le président est M. Michel Dantin et le vice-président M. Robert Aguetaz, est un établissement public de coopération intercommunale et s'appuie sur un comité scientifique dont le président est M. Emmanuel Naffrechoux.

1.2) Historique et projets

En 1972, un projet de grande ampleur voit le jour dans le but de diminuer les rejets de phosphore au lac, celui de rejeter vers le Rhône les eaux épurées des agglomérations de Chambéry et d'Aix les Bains. Le Rhône a été choisi du fait de sa proximité et de son fort débit. L'inauguration de la galerie longue de 12,2 km se fera en 1980, soit environ dix ans après le début des études préalables.

En 1985, le CISALB gère la décharge du Viviers-du-Lac, site de 30 hectares utilisé pendant plus de 30 ans comme dépôt de déchets des agglomérations aixoise et chambérienne tels que des ordures ménagères, de la laine de verre ou encore des encombrants.

En 1998, le CISALB s'engage dans l'élaboration du contrat de bassin versant du lac du Bourget et en 2002 il assure la coordination de ce contrat d'une durée de 7 ans. Ce contrat est assimilé au plan d'actions 2003-2009 avec cinq principaux objectifs. Ces derniers regroupent l'amélioration de la qualité de l'eau des rivières et du lac, la restauration et l'entretien des milieux aquatiques, la protection des biens et des personnes contre les crues, l'animation pédagogique et le suivi de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques.

En 2006, le CISALB acquiert de nouvelles compétences qui sont l'action pédagogique et la coordination des démarches territoriales de gestion de l'eau et des milieux aquatiques.

Le principal projet du CISALB est de bâtir un second contrat de bassin versant (2010-2017) dans la continuité du premier contrat.

1.3) Personnel et budget

Le personnel de cet établissement comprend 10 personnes dont le directeur, 5 chargés de mission dans les domaines de l'environnement et de la pédagogie, deux personnes dans le domaine de l'administration et la finance et deux animatrices dans le domaine de la pédagogie.

Le pôle environnement est divisé en plusieurs domaines de compétences dont l'assainissement, le suivi de la qualité de l'eau et des milieux, les déchets dangereux et les effluents industriels.

Le budget annuel total (fonctionnement et investissement) s'élève à 2 120 000 euros.

1.4) Partenaires

Les partenaires comprennent les organismes subventionnant le CISALB tels que l'Agence de l'eau, la Région Rhône-Alpes et le Département de la Savoie.

Aussi, chaque domaine possède ses propres partenaires. En effet, les travaux d'assainissement sont en coopération avec les communes de Chambéry métropole et avec les groupements de communes dont la communauté d'agglomération du lac du Bourget (CALB), la communauté de communes du canton d'Albens (CCCA) et la communauté de communes du pays d'Alby (CCPA).

Le domaine « déchets toxiques et effluents industriels » est porté par Environnement Savoie tandis que le volet « agricole » est animé par la Chambre d'agriculture.

Dans le domaine « pêche et milieux aquatiques », les partenaires du CISALB regroupent la fédération de pêche de Savoie, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) et les cinq associations de pêche.

Quant aux travaux en rivières, ceux-ci sont dirigés par les syndicats de cours d'eau dont notamment le Syndicat Intercommunal des Cours d'Eaux du bassin Chambérien (SICEC), le syndicat de la Deysse, le syndicat du Tillet, le syndicat du plateau de la Leysse et la Communauté de communes de Chautagne.

Un autre partenaire important est la Fédération Rhône Alpes de Protection de la Nature (FRAPNA), partenaire intervenant dans le domaine « action pédagogique ».

Le dernier domaine, non négligeable, regroupe les zones humides et le rivage lacustre. Ce domaine est sous maîtrise d'ouvrage du Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Savoie (CPNS).

II] Présentation du domaine de compétence « suivi et assainissement »

2.1) Rôles, attributions et fonctionnement de ce domaine de compétence

Le pôle environnement et plus particulièrement le domaine de compétence « suivi et assainissement » dans lequel mon stage s'est effectué a pour mission d'assurer la coordination du programme de travaux et de suivre la qualité de l'eau et des milieux aquatiques dans le cadre du contrat de bassin. De plus, ce domaine a également pour mission d'assurer le suivi de la galerie de rejet au Rhône ainsi que le suivi environnemental de la décharge du Viviers-du-lac.

Ce domaine de compétence regroupe un chargé de mission, Cyrille Girel, qui effectue ces suivis en fonction de la météorologie et en respectant la durée écoulée entre les périodes de campagne déterminée par la réglementation sur l'eau. Le matériel utilisé lors de ces campagnes appartient au CISALB. Toutefois, de manière occasionnelle, il arrive que Chambéry métropole prête du matériel plus spécifique tel que le courantomètre électromagnétique ou encore la fluorescéine (colorant permettant de trouver le parfait mélange pour le jaugeage au sel).

Le détail de certaines missions, notamment celle concernant le suivi de la qualité des eaux des tributaires du lac du Bourget et celle concernant le suivi de la réhabilitation de la décharge, est présenté ci-après.

La première mission consiste à la réalisation de campagnes SEQ trimestrielles sur les bassins versants de la Leysse, du Sierroz et du Tillet. Les prélèvements d'échantillon d'eau sont effectués par le chargé de mission avec en parallèle des mesures de conductivité, de pH, de concentration de dioxygène dissous et de température à chaque point de prélèvement. Les échantillons sont remis à Savoie Labo, le soir même de la campagne de mesure, qui procédera à leur analyse. Sont recherchés les polluants suivants: phosphore total (P_{tot}), orthophosphates (PO₄), matières en suspension totales (MEST), azote (nitrate (NO₃), ammonium (NH₄), azote kjeldahl (NKJ), nitrite (NO₂)) ainsi que la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène (DBO). Un délai d'environ 2 semaines est nécessaire avant que le laboratoire ne fasse parvenir les résultats d'analyse. Ces résultats sont ensuite confrontés au SEQ Eau version 2 avant d'être comparés aux seuils fixés par la Directive Cadre sur l'Eau, Directive 2000/60/CE, afin de valider ou non leur conformité.

Un autre exemple est le suivi de la réhabilitation de la décharge, pour lequel des prélèvements trimestriels d'échantillons d'eau de surface et d'eau souterraine des lixiviats de la décharge sont effectués. Les polluants recherchés sont les hydrocarbures, les métaux lourds et les BTEX (Benzène, Toluène, Ethyl benzène et Xylène). En premier lieu, le chargé de mission effectue les prélèvements puis ces échantillons sont remis à Savoie Labo qui procède alors à leur analyse. Un délai d'obtention des résultats d'analyse est d'environ 2 semaines.

Ces résultats sont ensuite confrontés au SEQ Eau version 2 avant d'être comparés aux seuils fixés par la Directive Cadre sur l'Eau, afin de valider ou non leur conformité.

2.2) Conditions de travail

Le personnel du CISALB regroupe des fonctionnaires qui travaillent 36h par semaine, généralement du lundi au vendredi midi. Les horaires sont relativement souples mais la plupart du personnel s'organise de la façon suivante: 8h30-12h30 le matin et 13h30-17h30 l'après-midi.

Le personnel bénéficie de tickets restaurant. Il peut manger au sein de l'établissement à midi (présence d'un réfrigérateur et d'un four à micro ondes) ou à l'extérieur.

Les salariés viennent sur leur lieu de travail soit par transport en commun, soit en vélo soit en voiture personnelle. Sur le site de l'établissement, un parking privé et un local abrité où garer les vélos sont présents. De plus, un arrêt de bus du STAC est situé à proximité. Cependant, en période estivale, la fréquence de passage des bus est plutôt faible.

III] Synthèse et conclusion

- Caractérisations des périodes de prélèvements

- Campagne 1 : réalisée à la limite de la période d'étéage (pluie survenue 3 jours avant la campagne)
- Campagne 2 : réalisée en **période de ressuyage** (déclassements notamment en MEST et Ptot)
- Campagne 3 : réalisée en **période d'étéage** (dernière pluie 6 jours avant les prélèvements)

- Part du P ponctuel sur les apports au lac d'après les résultats du suivi en semi-continu de la Leysse et du Sierroz réalisé par le CISALB :

	Tonnes de Ptot	% de P ponctuel/ P totaux
Leysse	1,3 à 2,6	6,4%
Sierroz	1,2 à 2,1	5,4%

Les apports ponctuels représentent 5 à 6 % des apports totaux (ponctuels et diffus) des cours d'eau suivis. La majorité des apports provient du diffus et donc du temps de pluie.

Cette observation est confirmée par les résultats obtenus lors de la campagne 3, seule campagne en étéage réel.

- Qualité des eaux superficielles en Ptot

Période	Qualité des eaux superficielles	Déclassement en Ptot
Etiage	Bonne	non
Ressuyage	Moyenne	Oui sur l'Albenche notamment

La qualité des eaux est bonne en période d'étéage. Seuls des déclassements en MEST et Ptot sont mesurés lors de la campagne 2 réalisée en fin de période de pluie.

- Bruit de fond en Ptot faible :

BV	Concentrations en Ptot (µgP/L)
Leysse	20
Sierroz	10
Deyse	Non définissable en raison de l'impact des marais de Crosagny

Le bruit de fond en Ptot des cours d'eau étudiés est faible. La Leysse présente une concentration en tête de bassin supérieure à celle du Sierroz.

- Flux ponctuels de Ptot au lac mesurés lors des campagnes

Classement des tributaires du lac en fonction de la moyenne des campagnes 1 et 3 des flux journaliers de Ptot (Kg/j) :

LEYSSE > SIERROZ > TILLET
10,6 6,1 0,1

Le flux de Ptot d'origine ponctuelle du **Tillet** est **très inférieur** au flux de la Laysse et du Sierroz. Le flux de la **Laysse** est **le plus élevé**.

- Influence du débit et/ou des concentrations sur les flux de Ptot d'origine ponctuelle

Le flux de la **Laysse** est **contrôlé par le débit** : concentration faible mais débit important.

Le flux du **Sierroz** est **contrôlé par les concentrations** : concentrations élevées et débit proportionnellement plus faible.

Le flux spécifique Deyse >> flux spécifique Sierroz → impact important de la Deyse sur les flux d'origine ponctuelle du Sierroz.

Flux en Ptot d'origine ponctuelle de la **Deyse** provient à **41% de l'Albenche** et à **23% des autres affluents analysés**.

- Origine des apports en P :

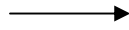
- Laysse : Part de l'agricole > part de l'urbain (campagne 1)
Part de l'urbain > part de l'agricole (campagne 3)
Les pressions confirment les résultats obtenus en période de ressuyage faible (campagne 1). Ce qui paraît logique puisque lors de la campagne 3 les sources de pollution agricole diffuse sont taries (étiage vrai).
- Sierroz : Part de l'urbain > part de l'agricole
Or la pression agricole > pression urbaine → lié à la surestimation agricole
- Deyse : Part de l'agricole > part de l'urbain
Les pressions confirment les résultats avec prédominance des AA
- Tillet : Part de l'urbain > part de l'agricole
La pression domestique est surtout liée aux AA

- Risque potentiel pour le lac :

	Charge en phosphore des particules	Biodisponibilité du phosphore particulaire
Laysse	Forte	Faible (4,1%)
Sierroz	Moyenne	Très faible (2,8%)
Tillet	Moyenne	Très faible (3%)
Deyse	Forte	Très faible (2,1%)
Albenche	Hétérogène selon campagne	Forte (5%)

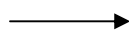


- **Flux en P_{tot} ponctuel << flux en P_{tot} total et donc Flux en P_{tot} ponctuel << Flux en P_{tot} diffus**



Problème pour le lac en terme de P_{tot} d'origine diffuse

- **Leysse : principale source de P pour le lac mais faible biodisponibilité donc risque réel faible sur l'état trophique du lac.**



Flux de P_{tot} générés influencés par le débit, l'impact des actions possibles sera faible.

- **Sierroz : malgré un risque très faible pour le lac en terme d'eutrophisation, problème liée à la Deyse et plus particulièrement à l'Albenche**



Flux de P_{tot} générés influencés par les concentrations d'où actions directes sur la réduction du flux en P_{tot}

- **Types d'action à mener contre les sources de P selon le bassin versant:**

1. **Leysse :**

Etape de déphosphatation dans les UDEP

Choix de détergents sans phosphate

Prétraitements des effluents dans les bâtiments agricoles

Aménagement de « dispositifs enherbés »

2. **Sierroz et Tillet :**

Mise aux normes des assainissements autonomes ou raccordement des AA aux UDEP

3. **Deyse :**

Raccorder la coopérative laitière de St-Germain-la-Chambotte

Choix de détergents sans phosphate

Mise aux normes des assainissements autonomes ou raccordement des AA aux UDEP

Prétraitements des effluents dans les bâtiments agricoles

Aménagement de « dispositifs enherbés »

IV] Contexte réglementaire sur l'eau^{2, 3, 4}

La politique de lutte contre la pollution de l'eau est la plus ancienne des politiques environnementales.

La figure ci-dessous retrace l'historique de la politique contre la pollution de l'eau depuis 1800 jusqu'à l'année 2000. Il est utile de préciser qu'une nouvelle loi sur l'eau, la Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, apporte des modifications à la Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et est actuellement en vigueur.

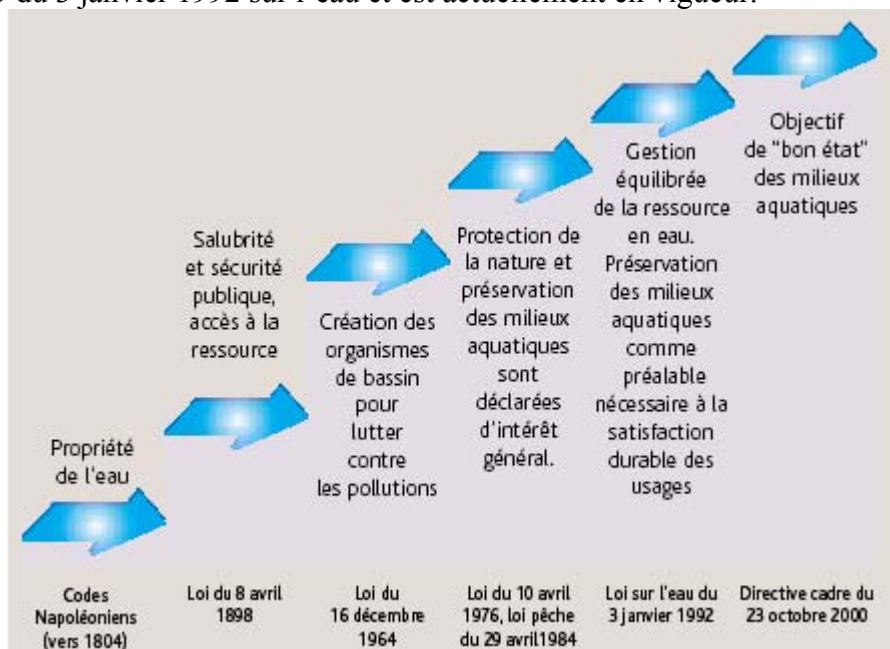


Figure 1: Historique de la politique contre la pollution de l'eau²

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), Directive 2000/60/CE, transposée en droit français depuis 2004, établit une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Cette Directive est le résultat d'une réflexion commune sur l'harmonisation de plus de 30 directives ou décisions établies depuis 1975 dans le domaine de la pollution de l'eau.

Cette DCE va dans la continuité des lois françaises sur l'eau de 1964 et 1992 dans le domaine de la gestion et de la planification par bassin versant mais insufflé surtout de nouveaux concepts pour la politique de l'eau en fixant une obligation de résultats, de méthode et de calendrier ainsi qu'une participation du public.

Ce texte vise à atteindre un « bon état » des milieux aquatiques (cours d'eau, lac, eaux souterraines...) à l'horizon 2015 sauf si des raisons d'ordre technique, naturel (temps de réponse du milieu) ou économique justifient que cet objectif ne peut être atteint dans ce délai (comme c'est le cas pour le lac du Bourget où le délai a été repoussé à 2021 en raison du temps de réponse du milieu en terme de phosphore, de pesticides et d'hydrologie).

Plus particulièrement, pour les eaux de surface, la DCE vise à atteindre un bon « état écologique »; c'est-à-dire une bonne qualité physico-chimique selon l'usage de l'eau, une bonne qualité biologique du milieu aquatique ainsi qu'une bonne qualité physique de l'eau de surface.

La classification de l'état écologique de la masse d'eau est représentée par la plus basse des valeurs de résultats des contrôles biologiques et physico-chimiques pour chacun des éléments analysés.

De plus, ce texte a pour objectif d'atteindre un « bon état chimique », notamment en réduisant ou en supprimant progressivement les rejets de certaines substances classées comme

étant « dangereuses prioritaires ». Cet objectif se réfère à des normes de concentration de ces substances, définies sur des critères écotoxicologiques.

Le « bon état » se définit sur un certain nombre d'altérations grâce à des valeurs-seuils propres à chacune d'elles; c'est-à-dire des valeurs en dessous desquelles le bon état n'est pas respecté.

Par ailleurs, cette Directive impose de mettre à jour les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) tous les six ans, en intégrant les exigences de la DCE en terme de méthode.

Il est utile de rappeler que le SDAGE couvre un domaine beaucoup plus large que la DCE avec par exemple la prévention des risques d'inondation et l'amélioration de la sécurité d'alimentation en eau potable. Il a été mis en place afin de faciliter la mise en œuvre de la Loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et il définit les objectifs de qualité et de quantité des eaux superficielles et souterraines. Celui-ci s'avère être un instrument de la mise en œuvre de la politique communautaire dans le domaine de l'eau à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

V] Recensement des apports ponctuels

5.1) Les sources de phosphore⁵

Les rejets en phosphore sont de différents types selon qu'ils proviennent de source ponctuelle ou diffuse.

Une source de phosphore dite ponctuelle est indépendante de la pluviométrie et n'est émise qu'en régime hydrologique stable, c'est-à-dire en régime établi. Cette source entre dans le réseau hydrographique en des sites précis et est donc plutôt facilement identifiable.

Quant aux sources diffuses de phosphore, celles-ci sont présentes en période de ruissellement ou de ressuyage des sols. La charge en phosphore est acquise progressivement et le point d'entrée dans le réseau hydrographique est difficile à définir.

Le tableau ci-après illustre les origines de chaque source de phosphore.

Type d'activité et origine	Phosphore provenant de	
	Sources ponctuelles	Sources diffuses
Villes et villages	Assainissement collectif Assainissement autonome	Ruissellement urbain Dépôt d'ordures Marécages drainés
Industrie	Rejet direct	Ruissellement urbain
Agriculture	Stockage dans les bâtiments (fumier, lisier) Nettoyages locaux Rejets directs des élevages	Stockage « au champ » Sols cultivés et prairies

Tableau 1: origines des différentes sources de phosphore⁶

Ainsi, le phosphore provenant de l'activité urbaine n'est pas uniquement assimilé aux sources ponctuelles. Dans le même cas, le phosphore agricole ne se résume pas uniquement au phosphore diffus.

La sectorisation des apports potentiels en phosphore dans le lac s'est effectuée par la localisation des grands affluents de chacun des principaux tributaires du lac que sont la Leysse et le Sierroz. De plus, la localisation des élevages et celle des stations d'épuration (UDEP) ont été faites sur carte topographique au 1/25 000^{ème} de l'Institut Géographique National (IGN).

Deux principaux types d'apport ponctuel de phosphore ont été identifiés: l'apport domestique et l'apport agricole.

5.1.1) Les apports domestiques

Les assainissements collectifs, les assainissements autonomes (AA) et les déversoirs d'orage¹ (DO) sont autant de sources domestiques de phosphore. Plus précisément, le rejet de DO est un rejet diffus urbain tandis que les rejets d'UDEP et d'AA sont des rejets ponctuels urbains. Dans la présente étude ne sont étudiés que les apports ponctuels, par conséquent les apports domestiques retenus sont les UDEP et les assainissements autonomes.

5.1.2) Les apports agricoles

Les épandages, le stockage de lisier et/ou de fumier au champ en période de pluie, les nettoyages locaux de matériel de traite sont tous des sources agricoles de phosphore. Leur différence réside dans le fait que certains de ces apports sont diffus alors que d'autres sont ponctuels. En effet, les rejets au niveau des bâtiments agricoles sont des rejets ponctuels dus aux fuites et/ou déversements ainsi qu'à des vidanges de fosses de manière relativement régulière en raison des conditions de stockage des effluents (purin, lisier, fumier) plutôt mal maîtrisées.

A l'opposé, le phosphore émanant des stockages au champ en période de pluie est un rejet diffus agricole. Comme précédemment, les apports étudiés se limitent aux apports ponctuels.

5.2) Présentation du bassin versant du lac

5.2.1) Description des sous bassins versants^{1, 7, 8}

Un bassin versant (BV) se définit comme étant une superficie de terrain qui draine les eaux vers un exutoire. La notion de bassin versant signifie qu'une goutte d'eau qui tombe en quelque endroit de ce territoire, si elle ne s'infiltre pas ou ne s'évapore pas, descendra jusqu'à l'exutoire.

Le bassin versant du lac du Bourget s'étend sur une superficie de 588 km² répartie entre les bassins versants du Grand Canal, du Sierroz, du Tillet, du Belle-Eau et de la Leysse.

Dans l'étude présentée, ne seront étudiés que les bassins versants du Sierroz, de la Leysse et du Tillet ; ceci en raison d'un drainage de plus de 70% du bassin versant du lac par les rivières de la Leysse et du Sierroz.

Chaque bassin versant présente ses propres caractéristiques. En effet, le BV de la Leysse est un territoire à la fois rural sur le plateau de la Leysse et urbain sur la cluse de Chambéry. Ce BV de 290 km² comprend des nappes phréatiques et de vastes réseaux karstiques.

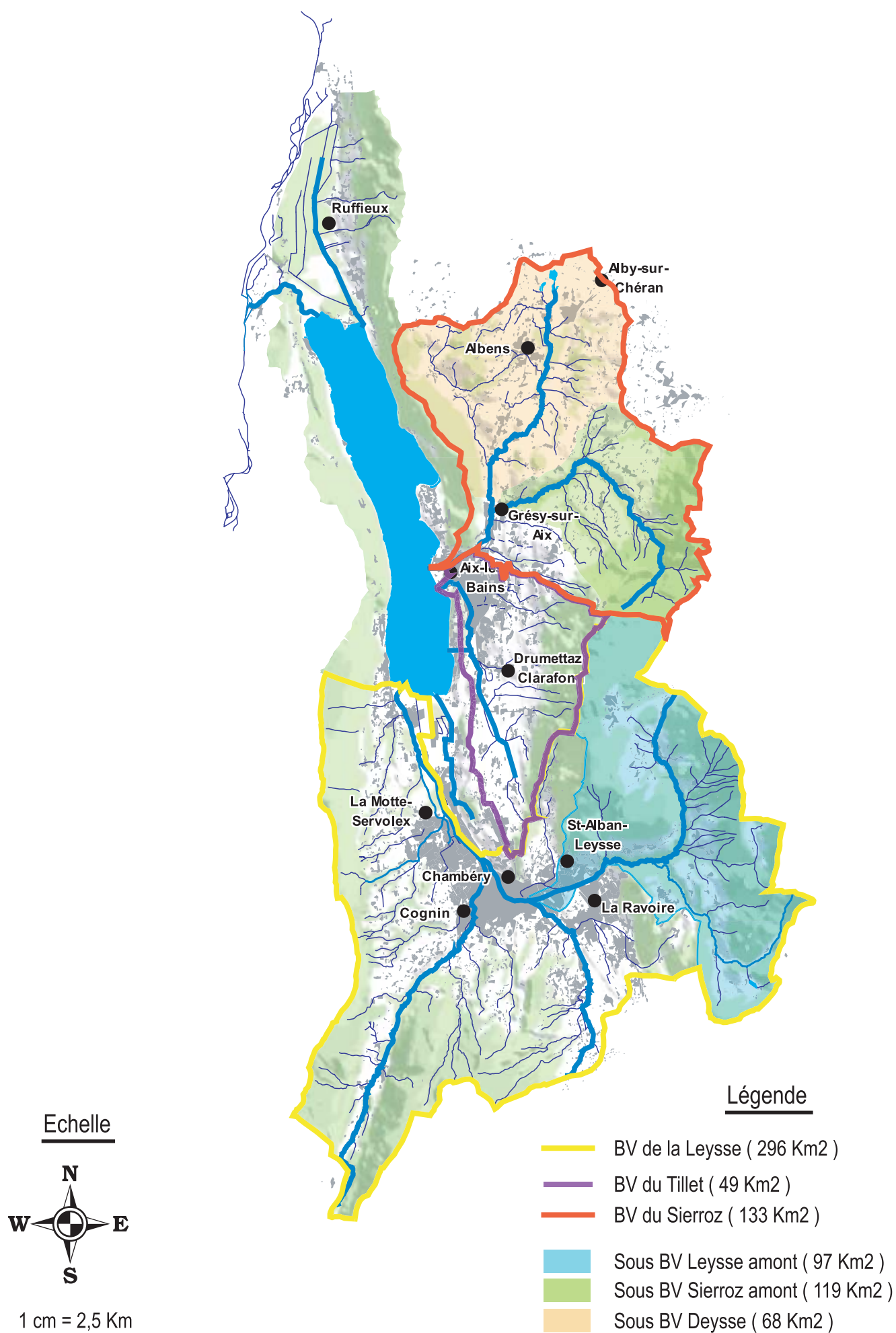
Le bassin versant du Tillet de 49,5 km² est plutôt rural au sud mais prend un caractère urbain à l'approche de l'agglomération aixoise. Ce territoire comprend de nombreuses zones humides.

Le bassin versant du Sierroz de 133 km² comprend les territoires de l'Albanais et d'Aix les Bains, territoires possédant de nombreuses zones humides. Ce BV rural dans sa partie amont, devient urbain à partir de Grésy-sur-Aix. Il est utile de préciser que ce BV est divisé entre le sous BV du Sierroz amont, le sous BV du Sierroz aval et le sous BV de la Deyse.

Les BV et sous BV illustrés ci-dessous (figure 2) ont été délimités par les lignes de crête et de talweg avec le logiciel MapInfo.

¹ Les déversoirs d'orage, associés au réseau unitaire, se définissent comme des trop-pleins conduisant les débits excédentaires directement vers le milieu naturel. Ainsi, lors d'événements pluvieux, ce qui est rejeté est un mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales

Figure 2 Bassins versants et sous bassins versants de l'étude



5.2.2) Démographie⁹

Sur ce territoire du lac du Bourget ne résident pas moins de 180 000 habitants, ce qui correspond à environ 50% de la population sédentaire savoyarde. La densité moyenne de population est d'environ 300 habitants au km². Près de 90% de cette population est répartie entre l'agglomération aixoise (50 000 habitants) et l'agglomération chambérienne (110 000 habitants).

Quant à la croissance annuelle, celle-ci s'élève à 1% ; soit une hausse de 2 000 habitants chaque année sur le bassin versant. La croissance démographique est forte et régulière depuis 30 ans.

5.2.3) Modes d'occupation des sols⁹

Quatre grands modes d'occupation des sols sont représentés sur le bassin versant; c'est-à-dire les zones bâties, les zones agricoles, les zones forestières et les zones viticoles. La carte ci-dessous illustre cette répartition.

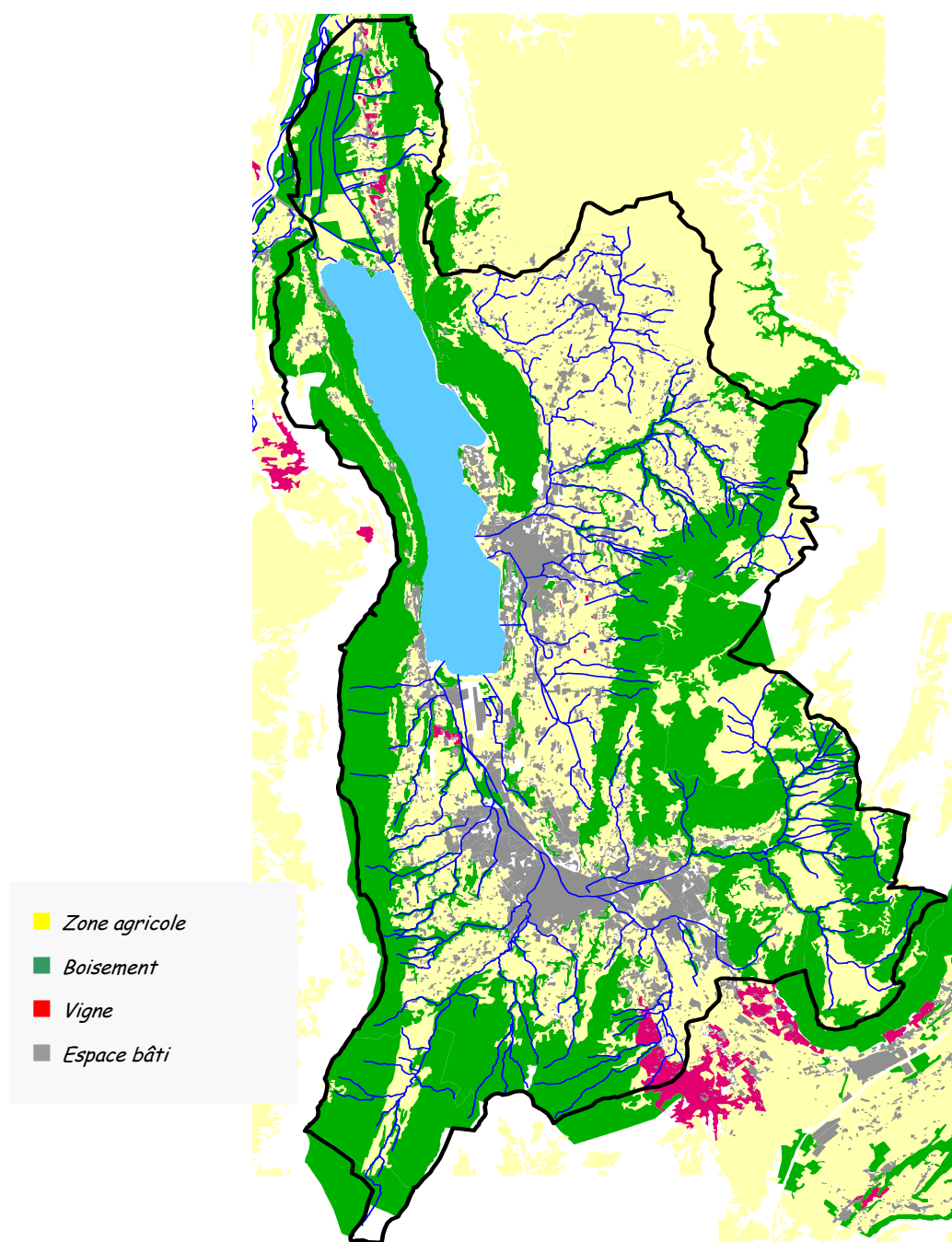


Figure 3: Carte simplifiée des modes d'occupation des sols⁹

L'agriculture, le commerce, l'industrie, l'artisanat et le tourisme sont très présents sur l'ensemble du bassin versant.

L'agriculture est plutôt diversifiée notamment avec de nombreuses exploitations d'élevage, exploitations en grandes cultures (maïs, céréales), exploitation en maraîchage.

L'artisanat et le commerce regroupent ensemble le plus grand nombre d'entreprises.

Quant aux activités industrielles, elles comptent parmi elles l'agroalimentaire, la fabrication de laine de verre, les équipements électriques ainsi que le traitement des métaux.

Le tourisme, notamment estival grâce aux loisirs lacustres (pêche, baignade) et au thermalisme, représente environ 20% du tourisme global savoyard.

5.3) Evaluation des pressions et des rejets en phosphore

Les deux principaux types d'apport ponctuel de phosphore vus en partie 5.1 ; c'est-à-dire l'apport domestique et l'apport agricole sont détaillés ci-dessous.

5.3.1) Les stations d'épuration^{10, 11}

Les UDEP font partie intégrante du réseau d'assainissement collectif. Sur le bassin versant étudié, celui-ci est soit unitaire soit séparatif. Le premier type de réseau ne comprend qu'un seul réseau d'égout recueillant l'ensemble des eaux usées domestiques et pluviales tandis que le second type a la configuration d'un double réseau, dédié l'un aux eaux usées et l'autre aux eaux pluviales.

D'une manière générale, les centres villes conservent leur réseau d'assainissement unitaire tandis que le restant du système d'assainissement est principalement séparatif.

Il est utile de préciser que les concentrations des rejets en sortie d'UDEP doivent être conformes à la Directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (ERU) excepté celles des UDEP de Chambéry métropole Communauté d'Agglomération (CMCA) et de la Communauté d'Agglomération du Lac du Bourget (CALB) qui doivent se conformer à l'Arrêté de rejet au Rhône. Dans la présente étude, ne sont étudiées que les UDEP dont les rejets sont émis dans le réseau hydrographique du bassin versant du lac, par conséquent les UDEP de CMCA et de la CALB ne seront pas étudiées.

Les rejets domestiques issus des stations d'épuration (UDEP) ont pu être quantifiés et cartographiés grâce aux données de l'autosurveillance de 2007 pour les stations d'épuration de St-Félix et d'Albens, aux données de rapport d'analyse 2007 pour les UDEP de la Biolle et de St-Offenge et aux données du Conseil Général de la Savoie et du Service d'Assistance Technique et d'Etude aux Stations d'Epuration (SATESE) de 2006-2007 pour les autres UDEP.

Plusieurs précisions sont à apporter notamment que, faute de certaines valeurs de débit mesuré au rejet, un débit théorique a été calculé en considérant que 1 EH correspondait à 190 L d'eau + 30% d'eau parasite ; soit $Q_{théo} = (\text{nombre EH} \times 190) + 30\% (\text{nombre EH} \times 190)$

Le flux journalier en phosphore a été calculé par la relation suivante :

$$\text{Flux} = Q_{\text{réel}} * [P_{\text{tot}}]_{\text{moy}}$$

Il est utile de préciser que les UDEP de plus de 2000 Equivalents habitant (EH) sont soumises à une autosurveillance. Pour ces UDEP, les valeurs du débit réel et de la concentration en sortie sont des moyennes sur l'année. Néanmoins, faute de données, les valeurs de débit et de concentration pour l'UDEP de la Féclaz sont des valeurs ponctuelles.

Quant aux UDEP de moins de 2000 EH, elles ne sont pas soumises à une autosurveillance. Pour ces UDEP, les valeurs du débit et de la concentration en sortie sont toutes deux des valeurs ponctuelles.

Le tableau 2 récapitule les données pour chaque UDEP.

Nom UDEP	E.H	Débit du rejet mesuré (en m3/j)	Débit théorique du rejet (en m3/j)	Moyenne [Ptot] _{sortie} (en mgP/L)	Flux journalier en phosphore (en kgP/j)	Flux annuel en phosphore (en kgP/an)
St-Félix	10 700	338,22		1,06	0,359	131
St-Thibaud de Couz	800	120,00		1,92	0,230	84
Albens	3 000	552,00		0,635	0,351	128
Mognard	320	79,04	79,04	8,95	0,707	258
La Biolle	1 500	254,00		0,883	0,224	82
Epersy	250	61,75	61,75	8,81	0,544	199
St-Offenge	1 500	300,00		0,72	0,216	79
La Féclaz	2 500	375,00		2,57	0,964	352
La Thuile	150	37,05	37,05	3,39	0,126	46
Curienne	500	75,00		7,33	0,550	201
Cessens	200	49,40	49,40	4,15	0,205	75

Tableau 2: tableau récapitulatif des données pour chaque UDEP

D'après ce tableau, les valeurs des concentrations moyennes en phosphore total à la sortie des stations d'épuration de Mognard et d'Epersy sont élevées alors que leur nombre d'EH est relativement faible.

Il est intéressant de préciser que le problème de fortes concentrations en P de ces UDEP à lit plantés de macrophytes n'est pas du à la période de trois ans nécessaire entre la date de mise en service de l'UDEP et la date d'analyse afin d'obtenir le rendement optimal.

En comparant les flux en P rejetés par chaque UDEP, les deux valeurs les plus élevées sont obtenues par les UDEP de la Féclaz et de Mognard. Plus particulièrement, sur le sous BV du Sierroz, les UDEP rejetant les flux en P les plus élevées sont celles de Mognard et d'Epersy tandis que sur le sous BV de la Laysse, ce sont les UDEP de la Féclaz et de Curienne.

A partir des valeurs calculées de flux de phosphore rejetés par les UDEP, il a été possible de différencier trois catégories d'UDEP selon l'importance de leur rejet.

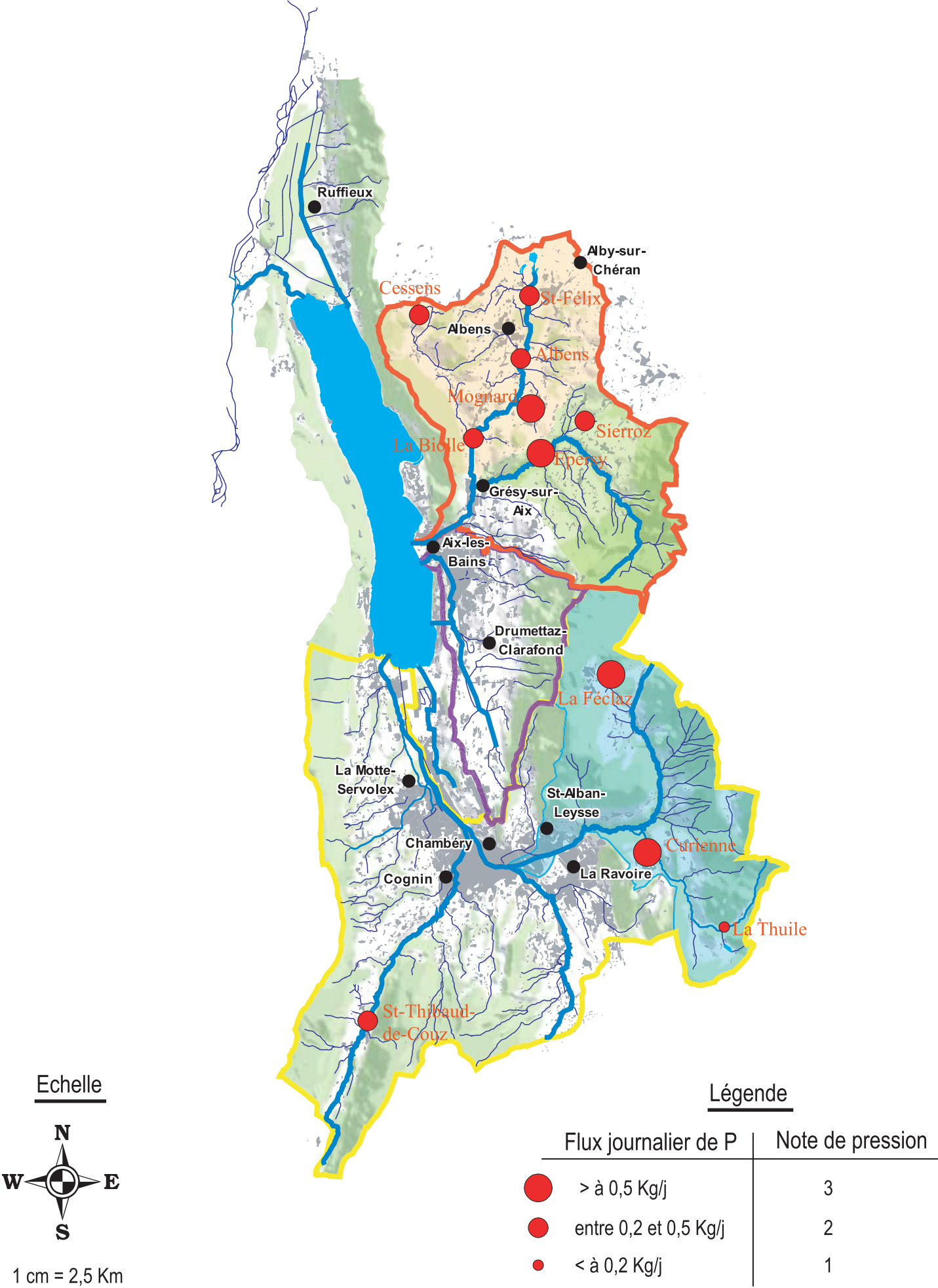
La plus petite taille des points correspond aux flux journaliers en phosphore inférieurs ou égaux à 0,200 kgP/j (valeurs en vert dans le tableau).

La taille de point moyenne est assimilée aux flux journaliers en phosphore compris entre 0,201 kgP/j et 0,500 kgP/j (valeurs en bleu dans le tableau).

Les points de plus grande taille correspondent aux flux journaliers en phosphore supérieurs à 0,500 kgP/j (valeurs en rose dans le tableau).

La figure 4 fournit une cartographie réalisée grâce à MapInfo de la distribution spatiale des UDEP classées par taille.

FIGURE 4 Cartographie des UDEP classées par taille



5.3.2) Les assainissements autonomes^{4, 12, 13}

D'après la Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et l'Arrêté du 6 mai 1996, les assainissements non collectifs (encore appelés autonomes ou individuels) se définissent comme étant des systèmes d'assainissement non raccordés au réseau public d'assainissement.

Ces assainissements sont réalisés par des dispositifs propres à l'habitation qui assurent la collecte, le prétraitement, l'épuration, l'infiltration ou le rejet de l'ensemble des eaux usées.

De plus, cette loi donne des compétences et des obligations nouvelles aux communes dans le domaine de l'assainissement non collectif. La collectivité doit notamment s'assurer que les dispositifs existants soient compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Actuellement, les communes doivent répondre aux exigences de l'Arrêté du 6 mai 1996 qui place sous leurs responsabilités le contrôle et le suivi des systèmes d'assainissement domestique non collectif. Pour cela, la mise en place du Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) est une obligation.

Les particuliers ayant une habitation qui n'est pas en situation d'être raccordée à un réseau d'assainissement collectif ont eux aussi certaines obligations notamment de mettre en place un dispositif de traitement des eaux usées et d'assurer son entretien.

La cartographie des Assainissements Autonomes (AA) a été établie grâce aux plans d'implantations des résidences d'assainissements autonomes de 2006 issus de la Communauté d'Agglomération du Lac du Bourget (CALB) et au rapport du diagnostic des installations des assainissements non collectifs de 2003 issu de la Communauté de Communes du Canton d'Albens (CCCA). Le diagnostic a été effectué afin de contrôler le bon fonctionnement et l'entretien des ouvrages d'assainissements non collectifs existants comme le prévoient la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et l'arrêté du 6 mai 2003.

Faute de données des assainissements autonomes de Chambéry Métropole Communauté d'Agglomération (CMCA) et de ceux des communes appartenant à la communauté de communes du pays d'Alby, leur cartographie n'a pu être établie.

Les assainissements autonomes sont regroupés en cinq catégories d'installations selon leur état de fonctionnement.

En **rouge**: installations prioritaires pour la réhabilitation

En **orange**: installations non prioritaires mais avec un avis réservé sur la pérennité de l'installation

En **vert**: installations en bon état de fonctionnement

En **violet**: installations non visitées

En **jaune**: installations visitées mais indéterminées

Dans l'objectif de connaître la distribution des différents types d'AA sur le BV du lac, le pourcentage d'AA selon leur état de fonctionnement a été calculé. Le tableau 3 présente ces résultats. Il est utile de préciser que « n.c » signifie que la valeur n'a pas été communiquée.

Sous bassin versant	Nombre d'AA en jaune	Nombre d'AA en violet	Nombre d'AA en vert	Nombre d'AA en orange	Nombre d'AA en rouge	Nombre total d'AA
Sierroz amont	32	33	126	191	30	412
Sierroz aval	6	4	6	22	0	38
Deysse	11	0	97	116	32	256
Sierroz (Sierroz amont+Sierroz aval+Deysse)	49	37	229	329	62	706
Tillet	5	12	10	42	23	92
Leyssse	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c
Nombre d'AA sur le BV du lac (Sierroz+Tillet+Leyssse)	54	49	239	371	85	798
Pourcentage d'AA sur le BV du lac	6,8%	6,1%	29,9%	46,5%	10,7%	100%

Tableau 3 : tableau récapitulatif du nombre et du pourcentage d'AA selon leur état de fonctionnement sur le BV du lac

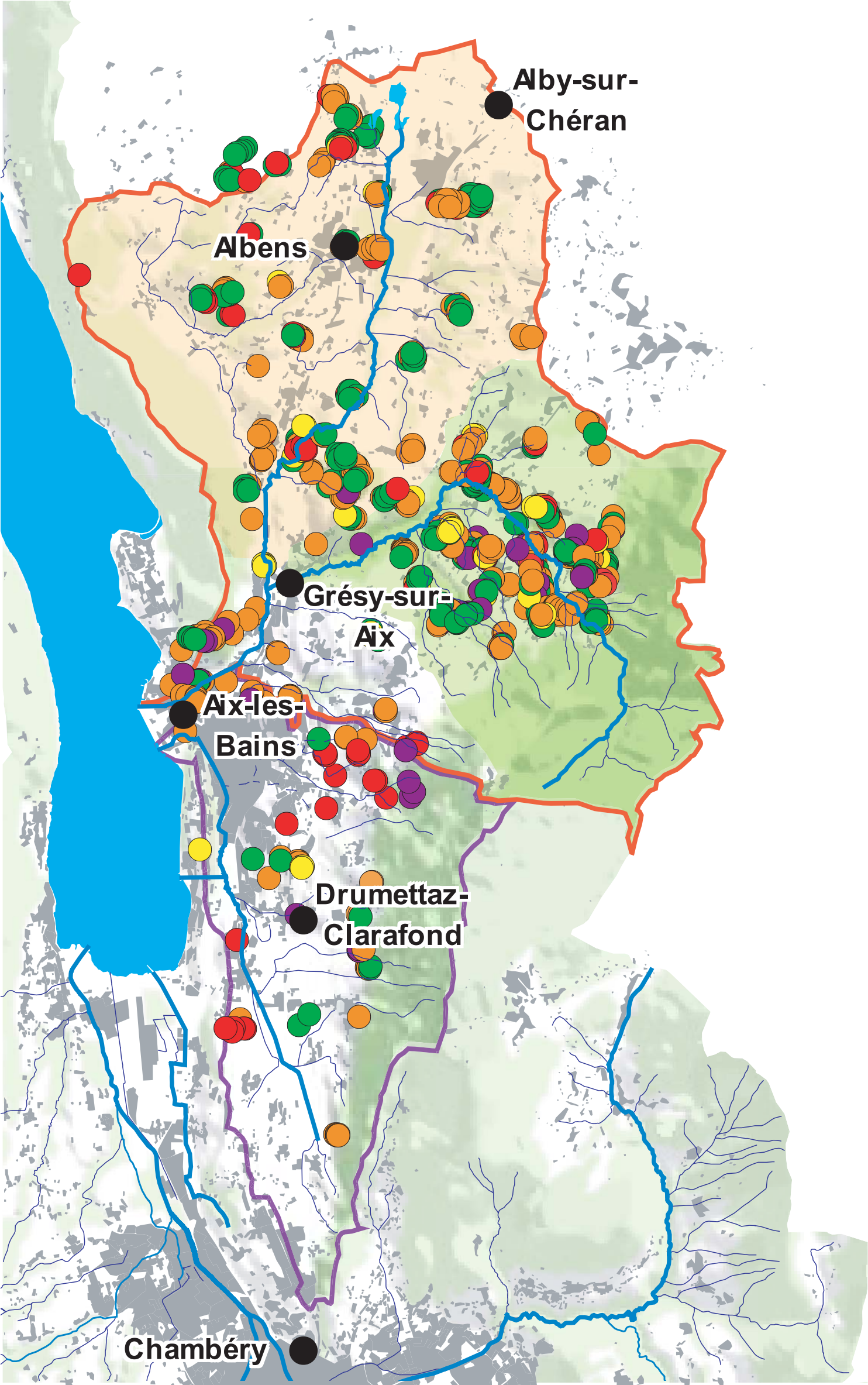
D'après ces résultats, près de la moitié des AA du BV du lac sont des installations non prioritaires mais avec un avis réservé sur la pérennité de l'installation. De plus, toujours sur l'ensemble des AA du BV du lac, les installations en bon état de fonctionnement représentent 30% tandis que 13% des AA sont des installations dont l'état de fonctionnement est indéterminé et 11% sont des installations prioritaires pour la réhabilitation.

Sur le sous BV du Tillet, 11% des AA sont des installations en bon état de fonctionnement tandis que les installations dont l'état de fonctionnement est indéterminé représentent 18% des AA. Par ailleurs, près de la moitié des AA de ce sous BV sont des installations non prioritaires mais avec un avis réservé sur la pérennité de l'installation et un quart des AA sont prioritaires pour la réhabilitation.

En se focalisant sur le sous BV du Sierroz, 32% des AA sont des installations en bon état de fonctionnement, 47% des installations non prioritaires mais avec un avis réservé sur la pérennité de l'installation, 9% des installations prioritaires pour la réhabilitation et 12% des installations dont l'état de fonctionnement est indéterminé. De plus, les installations prioritaires pour la réhabilitation sont situées pour moitié sur le sous BV du Sierroz amont et pour moitié sur le sous BV de la Deysse. Quant aux autres AA, quel que soit leur état de fonctionnement, ceux-ci sont majoritairement situés sur le sous BV du Sierroz amont.

La figure 5 illustre la cartographie de la distribution spatiale des assainissements non collectifs ; un point représentant une résidence possédant un assainissement autonome. Ceci a été réalisé par le biais de MapInfo.

FIGURE 5 Cartographie des assainissements non collectifs selon leur état de fonctionnement



Légende

- Installations prioritaires pour la réhabilitations
- Installations non prioritaires mais avis réservé sur la pérennité
- Installations en bon état de fonctionnement
- Installations non visitées
- Installations visitées mais indéterminées

Echelle



1 cm = 3,75 Km

5.3.3) L'agriculture.¹⁴

Le bassin versant du lac du Bourget est caractérisé par une forte implantation de l'activité agricole. A l'échelle des sous BV, les activités agricoles sont diversifiées. Par exemple, le sous BV du Sierroz est caractérisé par des exploitations laitières intensives et par des ateliers porcins tandis que le sous BV de la Leysse présente principalement des exploitations de bovins laitiers et bovins viande à caractère extensif. Quant au sous BV du Tillet, celui-ci est caractérisé par des exploitations laitières et par un élevage avicole hors-sol.

Il est utile de préciser que la surface potentielle d'épandage est limitée par la réglementation qui impose des distances d'épandage par rapport aux cours d'eau et aux habitations. Cette surface potentielle d'épandage est répertoriée sur des cartes d'aptitude d'épandage établies par les communes.

Les rejets domestiques issus des élevages ont pu être quantifiés et cartographiés grâce aux données du Recensement Général de l'Agriculture, notamment du RGA 2004, ainsi qu'à l'étude réalisée en 2003 par la Chambre d'Agriculture de la Savoie.

Cependant, faute de données sur les flux ponctuels, les valeurs données sont des flux de phosphore produit dans les bâtiments d'élevage. Ces flux de déjections animales regroupent donc le phosphore d'origine diffuse et ponctuelle pour chaque commune des sous bassins versants étudiés.

Il est utile de rappeler que ces valeurs représentent la quantité de pollution produite à la source et non des apports au milieu aquatique. Ces derniers sont difficiles à quantifier puisqu'ils sont étroitement liés aux pratiques d'épandage et aux conditions du milieu notamment météorologiques. Par exemple, par temps de pluie, un épandage sur terrain plat draine moins d'apport en phosphore qu'en terrain plus pentu.

Les tableaux ci-après donnent les valeurs de ces flux par commune dans chaque sous BV étudié. Il est utile de préciser que « n.c » signifie que la valeur n'a pas été communiquée.

LEYSSE	Flux déjections animales (hors équins) kgP/an	Flux déjections animales (hors équins) kgP/j
Barberaz	967	2,65
Barby	172	0,47
Bassens	662	1,81
Challes-les-Eaux	1 259	3,45
Chambéry (50%)	5 566	15,25
Cognin	762	2,09
Curienne	1 113	3,05
Déserts	6 587	18,05
Jacob-Bellecombette	1 689	4,63
Montagnole	2 345	6,42
Motte-Servolex	16 728	45,83
Puygros	7 194	19,71
La Ravoire	942	2,58
St Alban-Leyse	238	0,65
St Baldoph	454	1,24
St Cassin	6 598	18,08
St Jean-d'Arvey	784	2,15
St Jeoire-Prieuré	1 200	3,29
St Sulpice	1 500	4,11
Thoiry	7 482	20,50
Thuile	2 831	7,76
Verel-Pragondran	1 611	4,41
Vimines	5 821	15,95
Bourget-du-Lac	1 245	3,41
Apremont	234	0,64
St Thibaud-de-Couz	2 246	6,15
St Jean-de-Couz (50%)	256	0,7
Total flux déjections animales	78 486	215,03

Tableau 4 : tableau récapitulatif des valeurs des flux de déjections animales pour chaque commune du sous bassin versant de la Leysse

SIERROZ		
SIERROZ Amont	Flux déjections animales (hors équins) kgP/an	Flux déjections animales (hors équins) kgP/j
Epersy (50%)	1 102	3,02
Grésy-sur-Aix (30%)	1 837	5,03
Montcel	6 511	17,84
St Offenge-Dessous	10 801	29,59
St Offenge-Dessus	1 059	2,90
St Ours	13 565	37,16
Trévignin (50%)	3 125	8,56
Total flux Déjections animales:	38 000	104,11
SIERROZ Aval	Flux déjections animales (hors équins) kgP/an	Flux déjections animales (hors équins) kgP/j
Grésy-sur-Aix (50%)	3 062	8,39
Pugny-Chatenod (50%)	1 031	2,82
Trévignin (50%)	3 125	8,56
Total flux Déjections animales:	7 218	19,78
DEYSSE	Flux déjections animales (hors équins) kgP/an	Flux déjections animales (hors équins) kgP/j
Bloye	n.c	n.c
St Félix	n.c	n.c
Chainaz-les-Frasses	n.c	n.c
Albens	13 847	37,94
St Girod	18 007	49,33
St Germain-la- Chambotte	13 703	37,54
Cessens (20%)	2 831	7,76
Biolle	11 181	30,63
Mognard	6 171	16,91
Epersy (50%)	1 102	3,02
Grésy-sur-Aix (20%)	1 225	3,36
Total flux Déjections animales:	68 067	186,49
Total flux Déjections animales sur le Sierroz:	113 285 kgP/an	310,38 kgP/j

Tableau 5 : tableau récapitulatif des valeurs des flux de déjections animales pour chaque commune du sous bassin versant du Sierroz

TILLET	Flux déjections animales (hors équins) kgP/an	Flux déjections animales (hors équins) kgP/j
Drumettaz-Clarafond	5 367	14,70
Mery	4 826	13,22
Sonnaz	1 667	4,57
Viviers-du-Lac (40%)	0	0,00
Tresserve	83	0,23
Mouxy	442	1,21
Aix-les-Bains	12	0,03
Total flux Déjections animales:	12 397 kgP/an	33,96 kgP/j

Tableau 6 : tableau récapitulatif des valeurs des flux de déjections animales pour chaque commune du sous bassin versant du Tillet

Il est utile de préciser que la valeur totale du flux de déjections animales sur le Sierroz est sous estimée faute de données sur les communes de Bloye, de St Félix et de Chainaz-les-Frasses.

En comparant les flux en P de déjections animales, il est possible de noter que le sous bassin versant du Sierroz produit dans ses bâtiments d'élevage plus de la moitié du flux en P du BV du lac. Quant aux sous BV de la Leysse et du Tillet, ceux-ci produisent respectivement 38% et 6% du flux de déjections animales du BV du lac.

En se focalisant sur le sous BV du Sierroz, il est aisé de remarquer que la majorité des déjections animales sont produites sur le sous BV de la Deysse.

A partir des valeurs de flux de phosphore émis par les déjections animales et calculés par commune, il a été possible de différencier trois catégories selon leur importance.

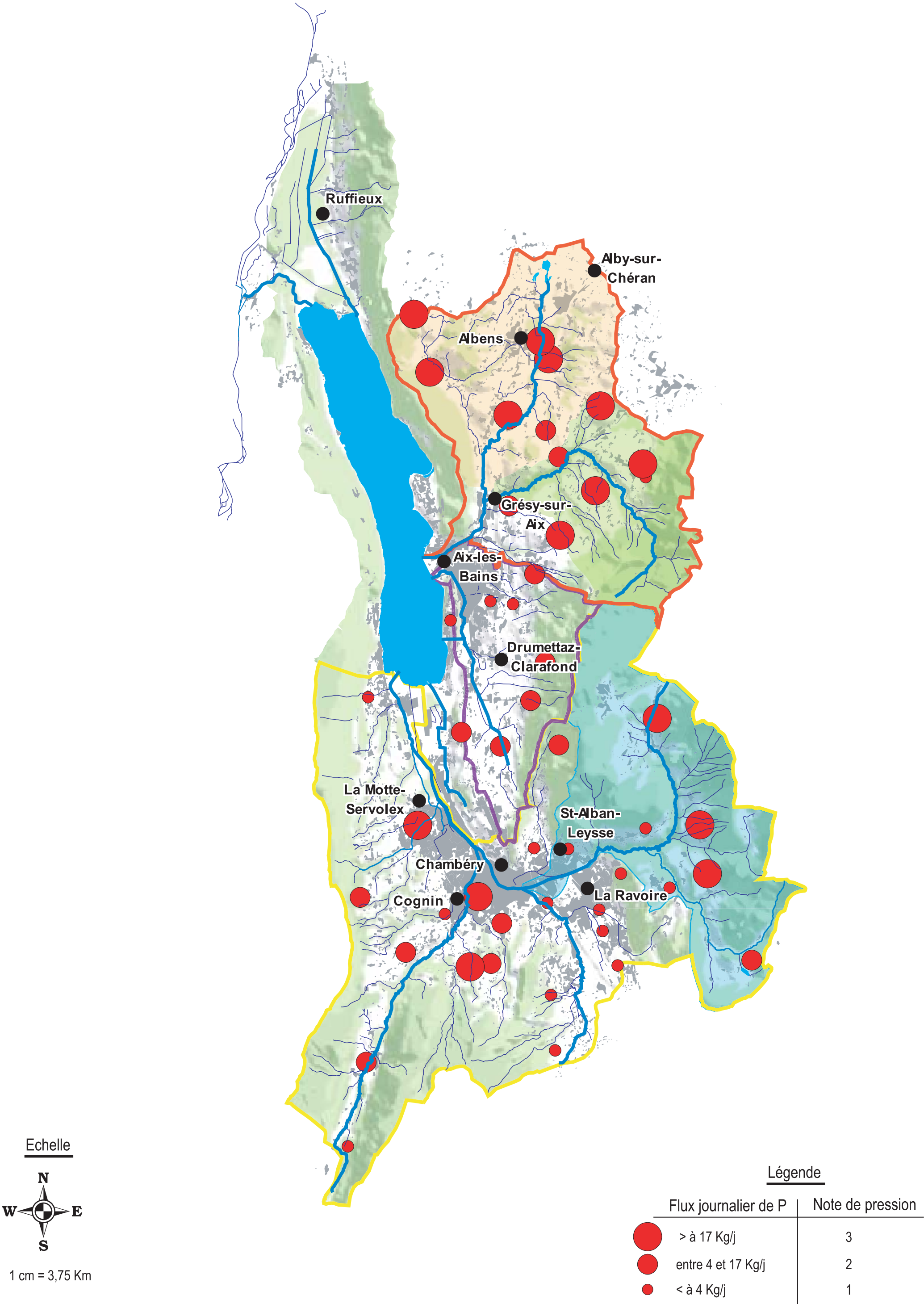
La plus petite taille des points correspond aux flux journaliers en phosphore inférieurs ou égaux à 4 kgP/j (valeurs en vert dans le tableau).

La taille de point moyenne est assimilée aux flux journaliers en phosphore compris entre 4,01 kgP/j et 17 kgP/j (valeurs en bleu dans le tableau).

Les points de plus grande taille correspondent aux flux journaliers en phosphore supérieurs à 17 kgP/j (valeurs en rose dans le tableau).

La figure 6 fournit une cartographie de la distribution spatiale des bâtiments d'élevage classés par taille.

FIGURE 6 Cartographie des bâtiments d'élevage classés par taille



5.3.4) Interprétation des résultats

Les pressions et les rejets de phosphore présentés précédemment ne peuvent pas être comparés en raison d'une unité différente.

Une méthode de comparaison a été mise en place grâce à un système de notation pour chaque rejet et pression par point de mesure puis par sous bassin versant. La notation varie entre 1 et 3; 1 étant la note la plus faible et 3 la note la plus élevée.

La **pression en phosphore des assainissements autonomes par point de mesure** a été notée non pas par le biais de flux des Assainissements Autonomes (AA) mais grâce à une note intermédiaire déterminée selon l'état de fonctionnement de ces assainissements.

Cette notation a été effectuée de la manière suivante :

Note= 1 pour les installations visitées mais indéterminées (jaune)

Note= 2 pour les installations non visitées (violet)

Note= -2 pour les installations en bon état de fonctionnement (vert)

Note= 3 pour les installations non prioritaires avec un avis réservé sur la pérennité de l'installation (orange)

Note= 5 pour les installations prioritaires pour la réhabilitation (rouge)

Par exemple, le point de mesure SIE 1 compte 191 installations dont :

- 14 installations visitées mais indéterminées
- 14 installations non visitées
- 66 installations en bon état de fonctionnement
- 81 installations non prioritaires mais avec un avis réservé sur la pérennité de l'installation
- 16 installations prioritaires pour la réhabilitation

Soit une note pour ce point de : $(14 \times 1) + (14 \times 2) + (66 \times (-2)) + (81 \times 3) + (16 \times 5) = 233$

Ce calcul a été effectué pour les 17 points de mesure compris dans les données de la CALB et de la CCCA. Les résultats figurent dans le tableau ci-après.

	Note: 1	Note: 2	Note: -2	Note: 3	Note: 5	
Point de mesure	En jaune	En violet	En vert	En orange	En rouge	Note totale intermédiaire
SIE1	14	14	66	81	16	233
MON	3	0	3	10	2	37
SIE2	22	20	88	140	24	426
MEU	7	11	29	39	5	113
SIE3	32	33	126	191	30	569
DEY1	0	0	0	2	0	6
DEY2	2	0	8	15	1	36
DEY3	3	0	29	24	6	47
DEY4	5	0	49	53	13	131
ALE	1	0	8	7	6	36
DEY5	6	0	59	64	20	180
DEY6	6	0	69	85	23	238
DEY7	11	0	91	106	30	297
SAV	0	0	1	1	2	11
DEY8	11	0	97	116	32	325
SIE4	49	37	229	329	62	962
TIL	5	4	8	23	9	111

Tableau 7 : tableau récapitulatif de la répartition et de la notation intermédiaire des assainissements autonomes par point de mesure

A partir des valeurs en rose de ce tableau, la notation de la pression en phosphore des AA se répartie en trois classes:

Note= 1 pour une note dans le tableau inférieure ou égale à 47

Note= 2 pour une note dans le tableau comprise entre 48 et 200

Note= 3 pour une note dans le tableau supérieure ou égale à 201

Le tableau 10 récapitule la note globale attribuée pour chacun des points de mesure.

Les abréviations des points de mesure sont répertoriées en annexe 1.

La **pression en phosphore des UDEP par point de mesure** des sous BV a été déterminée grâce à un calcul de flux en P effectué au préalable. Le tableau ci-dessous présente la répartition des UDEP et les valeurs des flux annuel et journalier à chaque point de prélèvement. Il est utile de préciser que les valeurs en couleur et en gras sont des UDEP ayant un impact direct sur le point de mesure tandis que les valeurs en noir sont des UDEP ayant un impact éloigné sur le point de mesure.

Point de mesure	Flux annuel en P (kgP/an)	Flux journalier en P (kgP/j)	UDEP ayant un impact sur les points de mesure
SIE 1			
MON	79	0,216	St Offenge
SIE 2			St Offenge
MEU			
SIE 3	199	0,544	Epersy St Offenge
DEY1			
DEY2			
DEY3	131	0,359	St Félix
DEY4			St Félix
ALE	75	0,205	Cessens
DEY5	128	0,351	Albens Cessens St Félix
DEY6 ²	258	0,707	Mognard Albens Cessens St Félix
DEY7			Mognard Albens Cessens St Félix
SAV			
DEY8	82	0,224	La Biolle Mognard Albens Cessens St Félix
SIE4			La Biolle Mognard Albens Cessens St Félix Epersy St Offenge
LEY1	352	0,964	La Féclaz
LEY2	247	0,676	Curienne et la Thuile La Féclaz
DOR			
LEY3			Curienne et la Thuile La Féclaz
ALB			
LEY4			Curienne et la Thuile La Féclaz
HYE	84	0,230	St Thibaud de Couz
BRU			
MAR			
LEY5			St Thibaud de Couz Curienne et la Thuile La Féclaz
VAR			
LEY6			St Thibaud de Couz Curienne et la Thuile La Féclaz

Tableau 8 : tableau récapitulatif des flux de rejet domestique à chaque point de mesure

² Les rejets de l'UDEP de Mognard s'effectuent dans la Tropa, un affluent de la Deysse. Le coefficient d'auto-épuration de ce cours d'eau n'étant pas connu, il a été considéré que ce rejet se faisait directement dans la Deysse

La notation a été effectuée de la manière suivante:

La **note= 1** correspond à la somme des flux journaliers en phosphore par point de mesure inférieure ou égale à 0,231 kgP/j.

La **note= 2** est assimilée à la somme des flux journaliers par point de mesure comprise entre 0,232 kgP/j et 0,550 kgP/j

La **note= 3** est attribuée à la somme des flux journaliers par point de mesure supérieure à 0,550 kgP/j.

Le tableau 10 récapitule la note globale attribuée pour chacun des points de mesure.

Afin d'évaluer la **pression en phosphore des exploitations agricoles par point de mesure**, le flux agricole prend en compte le pourcentage lui étant dédié. Par exemple, dans l'étude, il a été considéré que le point de mesure SIE 1 comprend 80% du flux agricole de la commune du Montcel et 100% du flux agricole de St Offenge-Dessus.

L'annexe 2 montre la répartition des communes par point de prélèvement et le tableau 9 présente les flux de déjections animales en P pour chacun de ces points. Il faut toutefois rappeler que les flux présentés sont des valeurs minimales puisque les données de certaines communes du sous BV du Sierroz sont manquantes.

Il est utile de noter qu'il aurait été plus précis d'établir une classification dans la situation des bâtiments d'exploitation selon le niveau de risques de fuite de phosphore. Cependant, cela ne sera pas effectué par manque de données.

De plus, il faut rappeler que les quantités de phosphore introduites dans le réseau hydrographique sont très difficilement quantifiables en raison des nombreux facteurs intervenant dans les quantités transférées tels que la situation par rapport au réseau hydrographique ou encore la présence de végétation à proximité ¹⁵.

Point de mesure	Flux déjections animales (hors équins) kgP/an	Flux déjections animales (hors équins) kgP/j
SIE 1	6 268	17,17
MON	24 366	66,75
SIE 2	31 946	87,52
MEU	3 776	10,34
SIE 3	38 000	104,11
DEY 1	1 385	3,79
DEY 2	5 539	15,17
DEY 3	5 539	15,17
DEY 4	23 130	63,37
ALE	23 458	64,27
DEY 5	47 003	128,78
DEY 6	57 913	158,67
DEY 7	60 133	164,75
SAV	5 591	15,32
DEY 8	68 067	186,49
SIE 4	113 285	310,38
LEY 1	6 587	18,05
LEY 2	25 677	70,35
DOR	314	0,86
LEY 3	26 229	71,86
ALB	5 228	14,32
LEY 4	36 801	100,82
HYE	18 873	51,71
BRU	9 864	27,02
MAR	11 703	32,06
LEY 5	55 673	152,53
VAR	996	2,73
LEY 6	78 486	215,03
TIL	12 106	33,17

Tableau 9 : tableau récapitulatif des flux de déjections animales à chaque point de mesure

La notation a été effectuée de la manière suivante:

La **note= 1** correspond aux flux journaliers en phosphore inférieurs ou égaux à 27,0 kgP/j

La **note= 2** est assimilée aux flux journaliers en phosphore compris entre 27,01 kgP/j et 90 kgP/j

La **note= 3** est attribuée aux flux journaliers en phosphore supérieurs à 90,0 kgP/j

Le tableau 10 récapitule la note globale attribuée pour chacun des points de mesure.

Les notes globales de la pression en phosphore domestique (UDEP+AA) d'une part et celles de la pression (domestique + agricole) d'autre part ont été évaluées de la manière suivante:

- somme des notes des pressions en phosphore domestique (UDEP+AA) $\leq 3 \rightarrow$ note globale de la pression domestique en phosphore est de 1
- somme des notes des pressions en phosphore domestique (UDEP+AA) = 4 $\rightarrow$ note globale de la pression domestique en phosphore est de 2
- somme des notes des pressions en phosphore domestique (UDEP+AA) $\geq 5 \rightarrow$ note globale de la pression domestique en phosphore est de 3
- somme des notes des pressions en phosphore (domestique+agricole) $\leq 3 \rightarrow$ note globale de la pression en phosphore est de 1
- somme des notes des pressions en phosphore (domestique+agricole) = 4 $\rightarrow$ note globale de la pression en phosphore est de 2
- somme des notes des pressions en phosphore (domestique+agricole) $\geq 5 \rightarrow$ note globale de la pression en phosphore est de 3

Les notes globales de la pression en phosphore domestique et agricole à chaque point de mesure des sous bassins versants étudiés figurent dans le tableau ci-dessous. Précisons que « n.c » signifie « non connue ».

Points de mesure	Pression P Domestique (UDEP)	Pression P Domestique (AA)	Pression P Domestique (UDEP+AA)	Pression P Agricole (diffus+ponctuel)	Pression P globale (Domestique+Agricole)
SIE 1	1	3	2	1	1
MON	1	1	1	2	1
SIE 2	1	3	2	2	2
MEU	1	2	1	1	1
SIE 3	2	3	3	3	3
DEY1	1	1	1	1	1
DEY2	1	1	1	1	1
DEY3	2	1	1	1	1
DEY4	1	2	1	2	1
ALE	1	1	1	2	1
DEY5	2	2	2	3	3
DEY6	3	3	3	3	3
DEY7	1	3	2	3	3
SAV	1	1	1	1	1
DEY8	1	3	2	3	3
SIE4	1	3	2	3	3
LEY1	3	n.c	n.c	1	n.c
LEY2	3	n.c	n.c	2	n.c
DOR	1	n.c	n.c	1	n.c
LEY3	1	n.c	n.c	2	n.c
ALB	1	n.c	n.c	1	n.c
LEY4	1	n.c	n.c	3	n.c
HYE	1	n.c	n.c	2	n.c
BRU	1	n.c	n.c	2	n.c
MAR	1	n.c	n.c	2	n.c
LEY5	1	n.c	n.c	3	n.c
VAR	1	n.c	n.c	1	n.c
LEY6	1	n.c	n.c	3	n.c
TIL	1	2	1	2	1

Tableau 10 : Notation globale de la pression en phosphore pour chaque point de mesure

D'après ces valeurs, les pressions en phosphore globale (domestique+ agricole) sont les plus élevées et donc les plus préoccupantes aux points de mesure SIE 3, DEY 5, DEY 6, DEY 7, DEY 8 et SIE 4.

Plus précisément, à tous ces points de mesure excepté DEY 5, les pressions agricole et domestique AA sont équivalentes au regard de la notation effectuée et prédominent sur la pression domestique UDEP. Quant au point de mesure DEY 5, il présente une part d'agricole supérieure à celle des UDEP ou à celle des AA.

Aux points de mesure situés en amont du Sierroz, la pression domestique AA prédomine sur la pression domestique UDEP et sur la pression agricole. Les points de mesure situés sur les affluents présentent une répartition différente des pressions puisque la part de l'agricole est supérieure à celle du domestique (que ce soit UDEP ou AA) sur la Monderesse (MON) et sur l'Albenche (ALE) alors que la part du domestique AA prédomine sur la part du domestique UDEP et sur la part de l'agricole sur la Meunaz (MEU).

Aux deux points de mesure les plus en amont de la Deysse, les parts de chaque pression sont équivalentes et relativement faibles. Aux points SAV et DEY 4, les parts de l'agricole et du domestique AA sont équivalentes. DEY 3 est le seul point caractéristique d'une part de domestique UDEP plus élevée que celle du domestique AA ou que celle de l'agricole.

Sur la Leyse, les deux points les plus en amont présentent une pression domestique UDEP prédominante sur la pression agricole tandis que les points en aval sont plutôt prédominés par une pression agricole.

Quant au point de mesure TIL, celui-ci présente une part de domestique AA et une part d'agricole équivalentes mais demeure toutefois une faible source globale en phosphore.

A partir du tableau 10, la notation de la pression en phosphore par sous bassin versant a pu être établie. Il est utile de rappeler que le BV du Sierroz comprend le sous BV du Sierroz amont, le sous BV du Sierroz aval et le sous BV de la Deysse. De plus, la pression en P sur le Sierroz aval est la moitié de la somme des pressions en P sur le Sierroz amont et sur la Deysse.

Par ailleurs, la pression domestique au point TIL est identique à celle de l'ensemble du sous BV du Tillet puisque aucun rejet d'UDEP ne s'effectue dans le Tillet. Le flux de déjections animales étant égal à 33,96 kgP/j, il se réfère à une pression en P agricole de 2. Quant à la pression domestique AA, il est dénombré 5 AA jaune, 12 AA violet, 10 AA vert, 42 AA orange et 23 AA rouge soit un total de 92 AA sur le BV du Tillet. Ceci correspond à une note intermédiaire de 250 et se réfère à une pression en P domestique AA de 3. Il est utile de préciser que « n.c » signifie « non connue ».

Sous bassin versant	Pression P Domestique (UDEP)	Pression P Domestique (AA)	Pression P Domestique (UDEP+AA)	Pression P Agricole (diffus+ ponctuel)	Pression P globale (Domestique+Agricole)
Sierroz amont	2	3	3	3	3
Sierroz aval	1,5	3	3	3	3
Deysse	1	3	2	3	3
Sierroz	1	3	2	3	3
Tillet	1	3	2	2	2
Leyse	1	n.c	n.c	3	n.c

Tableau 11 : Notation globale de la pression en phosphore par sous bassin versant

D'après ces résultats, il est possible de noter que la pression globale en phosphore du sous bassin versant du Sierroz est supérieure à celle du sous BV du Tillet. Ce dernier présente

une pression domestique et agricole équivalentes. D'un point de vue du domestique, il est noté une pression provenant des AA nettement prédominante par rapport à celle émanant des UDEP.

Quant au sous BV du Sierroz, celui-ci présente une pression agricole prédominante par rapport au domestique. De plus, la pression domestique est largement prédominée par les AA.

Par ailleurs, les sous BV du Sierroz amont et du Sierroz aval présentent des pressions agricole et domestique équivalentes.

Sur la Deysse, il est noté une pression agricole supérieure au domestique.

Il est utile de préciser que les AA prédominent sur les UDEP sur chacun des trois sous BV du Sierroz.

Concernant le sous BV de la Leysse, faute de données sur les assainissements autonomes, il n'a pas été possible d'évaluer la pression globale en phosphore. Il est néanmoins possible de noter que la pression agricole prédomine largement sur la pression domestique UDEP.

VI] Estimation des flux

6.1) Modalités d'échantillonnage et de jaugeage ¹⁶

L'implantation des points de prélèvement a été choisie après un premier travail de sectorisation.

Par ailleurs, l'implantation des deux stations de suivi ; l'une à l'embouchure du lac sur la Leysse et l'autre à l'embouchure du lac sur le Sierroz, a été choisie pour l'implantation de deux points de prélèvement (respectivement LEY 6 et SIE 4) afin de connaître les apports au lac des tributaires.

Il est intéressant de rajouter que tous les points de prélèvement ont été choisis de manière à pouvoir mesurer relativement facilement le débit instantané. De plus, autant que possible, le site de prélèvement a été choisi de manière à être suffisamment éloigné des points d'apports des UDEP et à se situer dans une zone d'homogénéisation.

Les prélèvements d'eau et de sédiments ont été réalisés sur plusieurs campagnes pour l'eau et sur une seule campagne pour les sédiments. Notons que les campagnes d'analyses ont été effectuées dans des conditions se rapprochant le plus possible de la période d'étiage; c'est-à-dire une période pendant laquelle le débit est constant et où le ruissellement des eaux n'intervient pas. Le choix de telles périodes hydrologiques assure que les seules entrées d'eau dans les rivières s'effectuent à partir de nappes et de sources, et par conséquent le phosphore transféré provient uniquement du bruit de fond et des rejets ponctuels. Ceci permet de déterminer la part du ponctuel en régime hydrologique stable et ainsi de répondre à une des problématiques présentée précédemment.

Notons que les données météorologiques présentes dans le tableau proviennent de la station météo France de Voglans.

Le tableau ci-dessous récapitule les données relatives à chaque campagne. Il peut être noté que la campagne 2 s'apparenterait plus à une période de ressuyage qu'à une période d'étiage vu le nombre de jours écoulés entre la dernière pluie et le premier jour de cette campagne.

N° campagne	dates	Nombre d'échantillons analysés	Analyse eau	Analyse sédiment	Nombre de jours entre la dernière pluie et la campagne
Campagne 1	19-20 mars 08	29	oui	non	3
Campagne 2	13 mai 08	32	oui	non	0
Campagne 3	23-25 juin 08	37	oui	oui	6

Tableau 12 : tableau récapitulatif des données de chaque campagne

Il est utile de rappeler que les abréviations des points de mesure sont présentées en annexe 1.

Ci-dessous sont localisés les points de mesure des campagnes 1, 2 et 3 :

FIGURE 7 Localisation des points de mesure de la campagne 1 du 19 au 20 mars 2008

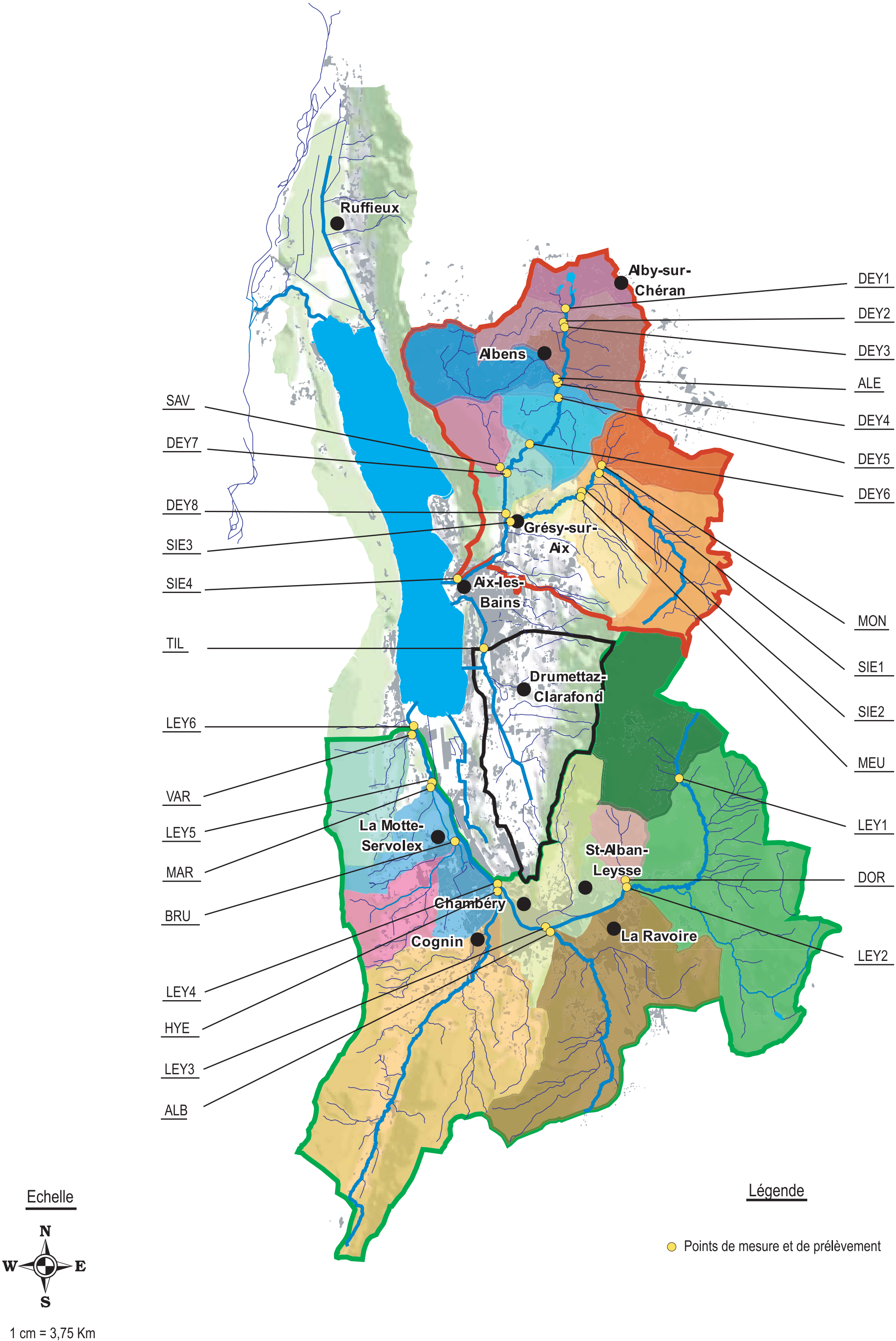


FIGURE 8 Localisation des points de mesure de la campagne 2 du 13 mai 2008

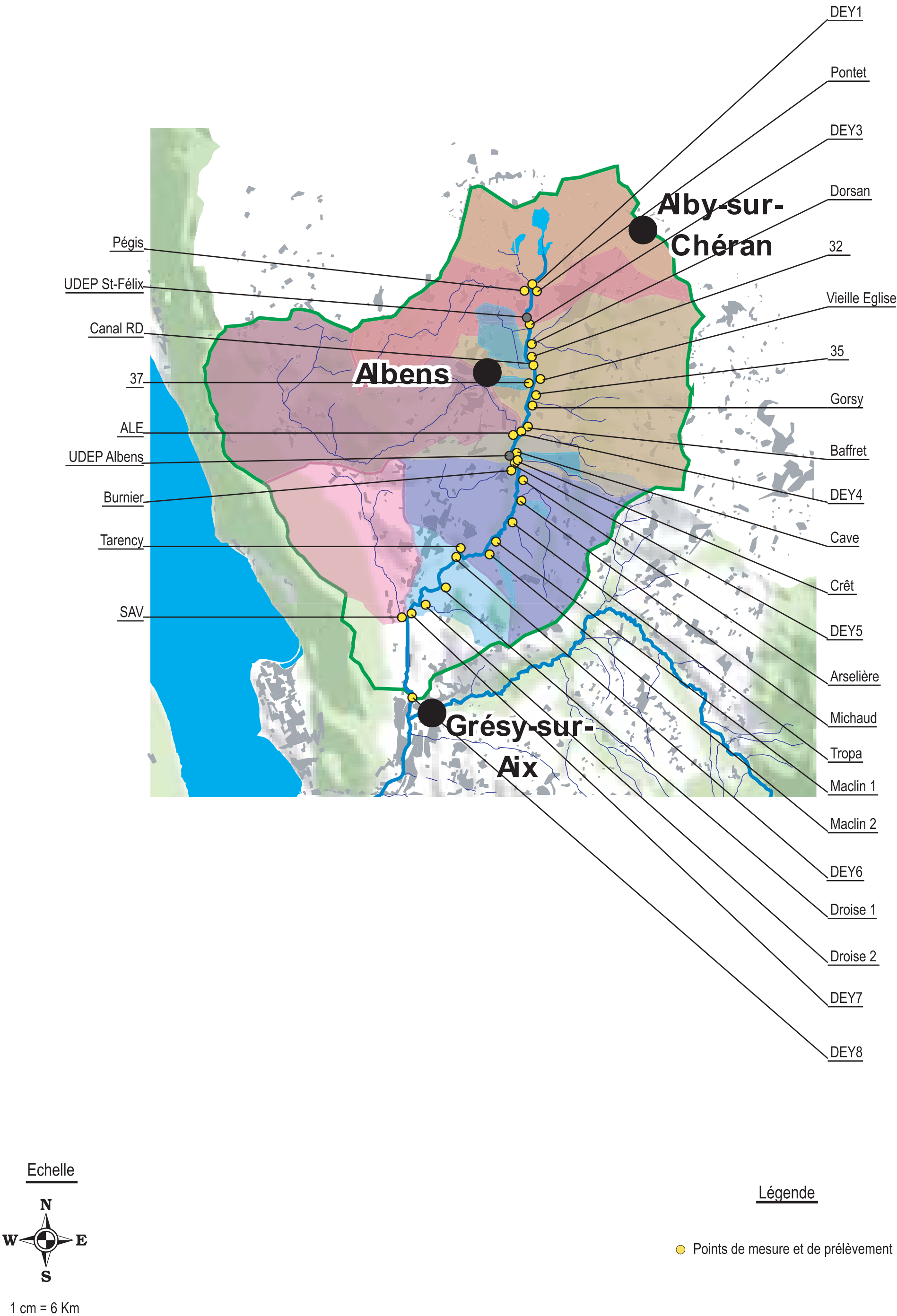
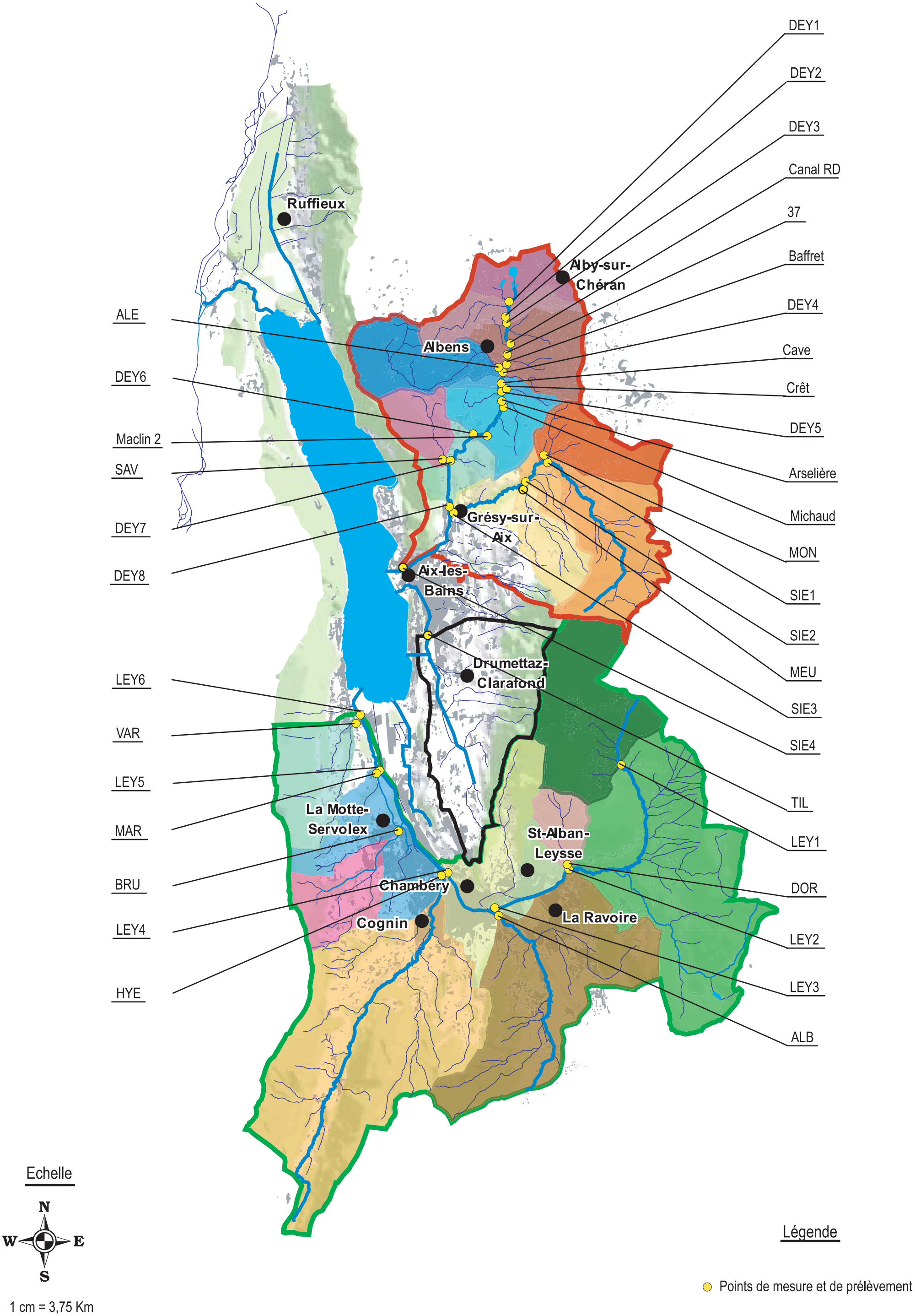


FIGURE 9 Localisation des points de mesure de la campagne 3 du 23 au 25 juin



6.1.1) Prélèvement d'eau

Lors des différentes campagnes de prélèvement d'eau, le matériel suivant a été utilisé : bidons de 1L préalablement étiquetés, glacières et blocs de glace afin de conserver les échantillons à une température d'environ 3°C, tiges métalliques, mètre, mètre métallique, courantomètre (et/ou récipient volumétrique), chronomètre, marteau.

6.1.2) Prélèvement de sédiment

Quant aux campagnes de prélèvements de sédiments, au matériel précédent ont été rajoutés une pelle en plastique ainsi qu'un seau afin de permettre l'homogénéité des différents faciès des sédiments. Il est important de préciser que les sédiments prélevés étaient des sédiments immergés en période d'étiage.

6.1.3) Le jaugeage⁷

Le courantomètre OTT Nautilus C 2000 a été l'appareil utilisé pour mesurer le débit des cours d'eau pour la plupart des points de mesure.

Le principe de fonctionnement du courantomètre électromagnétique repose sur le principe de Faraday. Dans le capteur de mesure immergé, une bobine d'induction crée un champ magnétique bien défini entre deux électrodes fixes ; la tension produite est directement proportionnelle à la vitesse du milieu conducteur, l'eau. Cette tension induite est alors traitée par l'électronique du coffret de mesure pour afficher directement la vitesse d'écoulement en m/s.

Les principaux avantages de cet appareil sont notamment l'affichage direct de la vitesse, l'absence de pièces mobiles, la capacité à mesurer les vitesses mêmes très faibles ainsi que l'absence d'influence de la température et de la conductivité.

Quant à ses points négatifs, la principale limite réside dans le fait que cette méthode n'est utilisable que pour des hauteurs d'eau d'au moins 10 cm. Par conséquent, ceci peut poser problème en période d'étiage sur certains cours d'eau. Un autre inconvénient est la durée relativement élevée aussi bien sur le terrain que lors du calcul de débit grâce à un logiciel approprié (dans l'étude présentée utilisation du logiciel « Jaugealc »).

Pour les cours d'eau possédant un faible débit avec une morphologie le permettant, le jaugeage s'est effectué par méthode volumétrique. Un des exemples de l'utilisation de cette méthode est la mesure du débit en aval d'une buse permettant au cours d'eau de franchir un réseau routier.

Le jaugeage par méthode volumétrique consiste à déterminer le débit d'un cours d'eau à partir du temps écoulé pour remplir d'eau un récipient d'une capacité donnée.

Le principal avantage est la rapidité de la détermination du débit, évitant notamment son calcul par le biais du logiciel.

Cependant, cette méthode n'est fiable que pour de faibles débits et dans certaines conditions telles que le positionnement du récipient le plus à plat possible dans le cours d'eau et la répétition de l'opération au nombre de trois fois.

6.2) Résultats des campagnes

Les résultats des différentes campagnes figurent dans les tableaux 13, 14 et 15.

Campagne 1 du 19 au 20 mars

ECHANTILLON	Débit (m3/s)	MEST(mg/L)	MESO(mg/L)	Ptot éch brut(µgP/L)	Ptef(µgP/L)	PO4(µgP/L)	NH4 (µgNH4/L)	PO4(µgP/L)	Flux de Ptot (kg/j)	Flux de Ptef (kg/j)	Flux de PO4 (kg/j)
LEY 1		1,2	0,7	23	22	7	< LD	7			
LEY 2	2,511	11,5	1,8	13	13	7	12	7	2,82	2,82	1,52
LEY 3	2,863	4,2	2,2	14	13	7	6	7	3,46	3,22	1,73
LEY 4	4,067	2,0	1,2	19	14	8	10	8	6,68	4,92	2,81
LEY 5	6,346	1,0	0,5	18	14	9	7	9	9,87	7,68	4,93
LEY 6	8,183	1,3	1,0	19	15	9	8	9	13,43	10,61	6,36
SIE 1	0,385	7,5	5,0	8	8	7	11	7	0,27	0,27	0,23
SIE 2	0,852	5,0	4,5	14	13	12	8	12	1,03	0,96	0,88
SIE 3	1,385	7,2	6,5	11	11	9	46	9	1,32	1,32	1,08
SIE 4	3,5	6,8	6,0	32	25	23	26	23	9,68	7,56	6,96
DEY 1	0,231	5,8	4,2	37	21	9	102	9	0,74	0,42	0,18
DEY 2	0,34	5,5	2,8	29	17	14	40	14	0,85	0,50	0,41
DEY 3	0,336	10,0	5,0	74	49	46	35	46	2,15	1,42	1,34
DEY 4	0,899	7,5	3,0	49	41	30	39	30	3,81	3,18	2,33
DEY 5	1,063	7,2	3,0	74	57	54	46	54	6,80	5,24	4,96
DEY 6	1,426	7,0	4,0	82	67	66	21	66	10,10	8,25	8,13
DEY 7	1,614	7,8	4,0	64	52	49	18	49	8,92	7,25	6,83
DEY 8	1,791	8,0	5,5	59	50	46	67	46	9,13	7,74	7,12
DOR	0,66	1,5	0,8	20	10	<5	12	5	1,14	0,57	0,29
MON	0,293	4,5	1,2	24	16	14	4	14	0,61	0,41	0,35
MEU	0,361	2,5	1,3	8	7	<5	11	5	0,25	0,22	0,16
TIL	0,057	4,0	1,0	14	7	<5	18	5	0,07	0,03	0,02
MAR	0,589	3,8	1,5	36	15	13	28	13	1,83	0,76	0,66
ALE	0,364	7,8	2,3	138	116	125	12	125	4,34	3,65	3,93
VAR	0,683	1,5	1,3	13	12	10	4	10	0,77	0,71	0,59
SAV	0,109	2,8	2,3	21	20	16	4	16	0,20	0,19	0,15
HYE	2,204	2,5	2,3	13	13	9	8	9	2,48	2,48	1,71
ALB	1,013	2,3	1,8	17	15	9	4	9	1,49	1,31	0,79
BRU	0,348	2,5	1,2	19	18	15	3	15	0,57	0,54	0,45

Campagne 2 (13 mai 2008)

ECHANTILLON	Débit(m3/s)	MEST (mg/L)	MESO (mg/L)	Pt éch brut(µgP/L)	Ptef(µgP/L)	PO4(µgP/L)	NH4 (µgNH4/L)	Flux de Ptot (kg/j)	Flux de Ptef (kg/j)	Flux de PO4 (kg/j)
DEY 1	0,035	11,8	3,4	86	24	18	177	0,26	0,07	0,05
DEY 3	0,1	6,0	2,0	161	122	123	106	1,39	1,05	1,06
DEY 4	0,218	4,2	1,4	58	40	37	62	1,09	0,75	0,70
DEY 5	0,328	2,8	0,8	158	126	126	369	4,48	3,57	3,57
DEY 6	0,424	4,0	1,0	134	110	114	220	4,91	4,03	4,18
DEY 7	0,433	4,2	1,6	106	89	88	128	3,97	3,33	3,29
DEY 8	0,569	4,2	0,8	106	81	84	221	5,21	3,98	4,13
Pégis (11)	0,029	2,6	1,8	33	23	22	54	0,08	0,06	0,05
Pontet (12)	0,026	1,8	1,2	21	17	16	19	0,05	0,04	0,04
UDEP St Félix	0,004	12,5	8,0	2108	1922	1912	934	0,71	0,65	0,65
Dorsan (31)	0,020	4,6	1,8	11	12	10	37	0,02	0,02	0,02
32	< 0,001	36,0	14,3	43	< 5	< 5	69	0,004	0,0004	0,0004
Canal RD (36)	0,007	6,6	1,8	84	36	30	272	0,05	0,02	0,02
Vieille Eglise (33)	0,020	4,4	1,3	47	16	11	395	0,08	0,03	0,02
37	0,011	13,6	5,3	168	82	81	89	0,16	0,08	0,08
35	non mesuré	4,0	1,2	7	< 5	< 5	29			
Gorsy	0,015	32,6	4,2	57	33	30	73	0,07	0,04	0,04
Baffret	0,016	5,0	1,4	236	27	23	68	0,32	0,04	0,03
ALE	0,111	4,0	1,0	218	193	198	63	2,09	1,85	1,90
UDEP Albens	0,006	15,3	10,0	2505	2349	2304	19661	1,38	1,30	1,27
Cave (41)	0,004	4,0	1,5	111	91	83	19	0,04	0,03	0,03
Crêt (42)	0,014	2,4	1,2	91	74	68	6	0,11	0,09	0,08
Burnier (57)	0,009	4,0	2,4	11	9	9	16	0,01	0,01	0,01
Arselière (52)	0,003	33,4	3,9	90	73	70	79	0,02	0,02	0,02
Michaud (53)	0,001	27,2	9,7	155	104	101	63	0,01	0,01	0,01
Tropa (54)	0,004	15,3	4,5	34	18	16	68	0,01	0,01	0,01
Maclin 1(55)	0,003	24,2	5,4	34	19	17	34	0,01	0,01	0,00
Maclin 2 (56)	0,003	335,0	89,0	224	95	91	146	0,06	0,02	0,02
Tarency (58)	0,003	16,3	1,4	24	18	16	22	0,01	0,00	0,00
Droise 1(61)	0,001	20,0	4,2	23	10	9	17	0,002	0,00	0,00
Droise 2 (62)	< 0,001	61,1	8,8	33	7	6	30	0,001	0,00	0,00
SAV	0,026	16,6	3,8	29	13	12	81	0,07	0,03	0,03

n.m=non mesuré

Les débits à la sortie des deux UDEP n'ont pas été jaugés (valeurs données par l'autosurveillance)

Campagne 3 (23-25 juin 08)

ECHANTILLON	Débit (m3/s)	SEDIMENT		EAU						Flux de Ptot (kg/j)	Flux de Ptef(kg/j)	Flux de PO4(kg/j)
		Ptot_sédiment (µgP/g)	Polsen (µgP/g)	MEST (mg/L)	MESO (mg/L)	Ptot brut (µgP/L)	Ptef (µgP/L)	PO4 (µgP/L)	NH4 (µgNH4/L)			
DEY 1	0,091	917	15	17,5	8,5	93	34	35	113	0,731	0,267	0,275
DEY 2	0,134	866	21	8,3	5,8	40	35	23	59	0,463	0,405	0,266
Canal RD		1 342	35	4,2	1,8	52	33	24	356			
37		2 145	58	16,7	5,2	174	60	52	232			
DEY 3	0,138	691	19	8,2	3,6	57	40	44	54	0,680	0,477	0,525
ALE	0,118	886	51	11,4	0,0	100	101	110	80	1,020	1,030	1,121
Baffret		489	7	3,8	0,2	33	14	9	33			
DEY 4	0,268	659	12	11,0	3,2	91	79	72	312	2,107	1,829	1,667
Cave		1 011	5	19,0	5,6	38	22	8	101			
Cret		560	9	3,0	1,6	24	17	12	178			
DEY 5	0,451	866	23	11,2	3,2	72	73	63	256	2,806	2,845	2,455
Arsolière		506	19	7,0	2,6	14	4	4	14			
Michaud		836	30	3,0	0,0	36	19	16	48			
Maclin 2		789	28	24,8	5,5	52	40	35	88			
DEY 6	0,506	733	23	8,6	4,8	83	64	66	88	3,629	2,798	2,885
SAV	0,057	620	27	7,0	1,2	31	15	8	15	0,153	0,074	0,039
DEY 7	0,560	786	14	10,8	2,8	64	69	61	77	3,097	3,338	2,951
DEY 8	0,684	933	20	11,2	2,4	49	57	49	95	2,896	3,369	2,896
LEY 1	0,096	545	24	7,2	2,2	19	8	5	55	0,158	0,066	0,041
DOR	0,347	534	n.m	1,4	0,0	13	8	< 2	45	0,390	0,240	0,060
LEY 2	0,764	395	22	1,8	1,8	23	4	4	46	1,518	0,264	0,264
LEY 3	?	424	42	1,6	1,6	16	3	< 2	38	?	?	?
ALB	0,447	597	18	3,2	0,6	19	19	6	71	0,734	0,734	0,232
LEY 4	1,771	458	27	3,0	1,4	19	7	5	23	2,907	1,071	0,765
HYE	0,769	349	18	3,4	0,2	16	10	< 2	58	1,063	0,664	0,133
BRU	0,103	460	24	4,6	1,6	19	18	12	21	0,169	0,160	0,107
LEY 5	2,601	588	18	2,4	2,4	21	6	4	54	4,719	1,348	0,899
MAR	0,458	829	43	3,2	2,2	28	12	15	61	1,108	0,475	0,594
VAR	0,394	742	30	4,6	1,0	6	5	< 2	16	0,204	0,170	0,068
LEY 6	3,585	655	27	4,2	2,8	25	6	2	43	7,744	1,858	0,619
MON	0,300	559	28	4,6	2,4	16	10	5	23	0,415	0,259	0,130
SIE 1	0,281	478	16	2,4	0,4	10	2	< 2	20	0,243	0,049	0,049
SIE 2	0,474	587	24	5,8	0,2	20	5	3	21	0,819	0,205	0,123
MEU	0,126	461	5	91,0	3,8	19	6	< 2	6	0,207	0,065	0,022
SIE 3	0,648	613	13	22,8	0,6	14	< 2	< 2	17	0,784	0,112	0,112
SIE 4	1,571	702	20	31,4	0,6	19	9	4	50	2,579	1,222	0,543
TIL	0,041	908	27	28,2	4,2	33	12	6	42	0,117	0,043	0,021

Les concentrations en orthophosphates, matières en suspension et phosphore total sont globalement élevées pour le Sierroz tandis que celles de la Leyse sont plus faibles. Ces concentrations sont particulièrement élevées sur la Deysse, c'est pourquoi la campagne 2 s'est focalisée sur ce sous BV.

De plus, lors de la campagne 3, il a été rencontré un problème technique avec le courantomètre au point de mesure LEY 3 et avec la sonde multiparamètres lors de la mesure de dioxygène dissous à certains points. En effet, les valeurs indiquées par le courantomètre semblaient trop élevées avec pour cause une faible batterie. Avant d'effectuer d'autres mesures de vitesse pour le point suivant, la batterie a été rechargée.

Par ailleurs, le débit au point de mesure LEY 6 a été déterminé en ajoutant le débit du Varon au débit de la station limnimétrique de la DIREN sur la Leyse. Ceci a été réalisé en raison d'une différence de superficie entre le BV contrôlé par la station limnimétrique de la DIREN et le BV contrôlé par le point LEY 6 : 280 km² à la station limnimétrique du Tremblay contre 296 km² à la station de suivi du CISALB. Ceci s'explique par la confluence du ruisseau Nant Varon avec la Leyse entre ces deux stations.

Aussi, sur le Sierroz, la station limnimétrique de la DIREN et la station de suivi du CISALB contrôlent un BV identique de 133 km². Par conséquent, les valeurs de débit fournis par la DIREN sont exploitables telles quelles pour l'estimation des flux.

Dans le but d'établir des courbes de tarages sur la Deysse, des repères ont été choisis afin de relever la hauteur d'eau lors de chacune des trois campagnes. Il est utile de préciser que la courbe de tarage est une relation unissant la hauteur d'eau au débit, en un site donné. De plus, la courbe est valable pendant une période donnée, fixée par des limites connues dans le temps 7. Ces courbes sont présentées en annexe 3. Les traits verticaux représentent l'incertitude liée au matériel ; celle-ci est estimée à 20%.

Les différents couples de valeurs trouvées du débit et de la hauteur d'eau à chaque point de mesure excepté DEY 1 (manque de données) sont répertoriés dans le tableau 16. Il est utile de préciser que les données Q1 et H1 se réfèrent à la campagne 1, que Q1' et H1' correspondent à une sortie sur le terrain effectuée entre le 2 et le 4 avril et que Q2 et H2 sont assimilées à la campagne 2. Faute d'avoir retrouvé un certain nombre de repères lors de la campagne 3, les valeurs des débits et des hauteurs pour cette campagne ne sont pas récapitulées dans le tableau.

Point de mesure	Q ₁ (L/s)	H ₁ (cm)	Q _{1'} (L/s)	H _{1'} (cm)	Q ₂ (L/s)	H ₂ (cm)
DEY 1	231	24,5	152	non connue	35	non connue
DEY 3	336	35,5	289	34,8	100	30,6
DEY 4	899	27	629	21	218	9
ALE	364	9	174	8	111	6
DEY 5	1063	37	787	38	328	22
DEY 6	1423	30,5	983	24,5	424	non connue
SAV	109	15,5	138	13,5	26	7,5
DEY 7	1614	21	1196	14,5	433	2
DEY 8	1791	30,5	1258	24,5	569	10,5

Tableau 16 : tableau récapitulatif des valeurs de débit et de hauteur d'eau à chaque point de mesure sur la Deysse

D'après ces résultats, il est observé une diminution du niveau d'eau entre la campagne 1 et la sortie terrain d'une part et entre la sortie terrain et la campagne 2 d'autre part pour tous les points de mesure excepté DEY 5 (légère augmentation de la hauteur d'eau alors que le débit

diminue entre la campagne 1 et la sortie terrain). Pour ce point, il est supposé une erreur lors de la mesure de la hauteur d'eau.

Il est utile de préciser que la loi hauteur débit établie précédemment n'est plus valable en raison de la crue du 11 juin sur le Sierroz, celle-ci ayant modifié le fond du lit de la rivière.

Les résultats des concentrations, débits et flux sont soumis à des incertitudes dont les origines sont propres à chaque paramètre.

Les incertitudes liées à la concentration proviennent d'une part de l'analyse en laboratoire (estimation de cette incertitude à $2\mu\text{gP/L}$) et d'autre part du lieu de prélèvement des échantillons dans les cours d'eau.

Les incertitudes liées au débit émanent des opérateurs ayant effectués les différentes mesures, du nombre de verticales et du nombre de hauteurs effectuées ainsi que de la qualité du point de mesure. L'incertitude liée au matériel est estimée à 20%.

Les incertitudes liées au flux dépendent directement des incertitudes liées à la concentration et au débit.

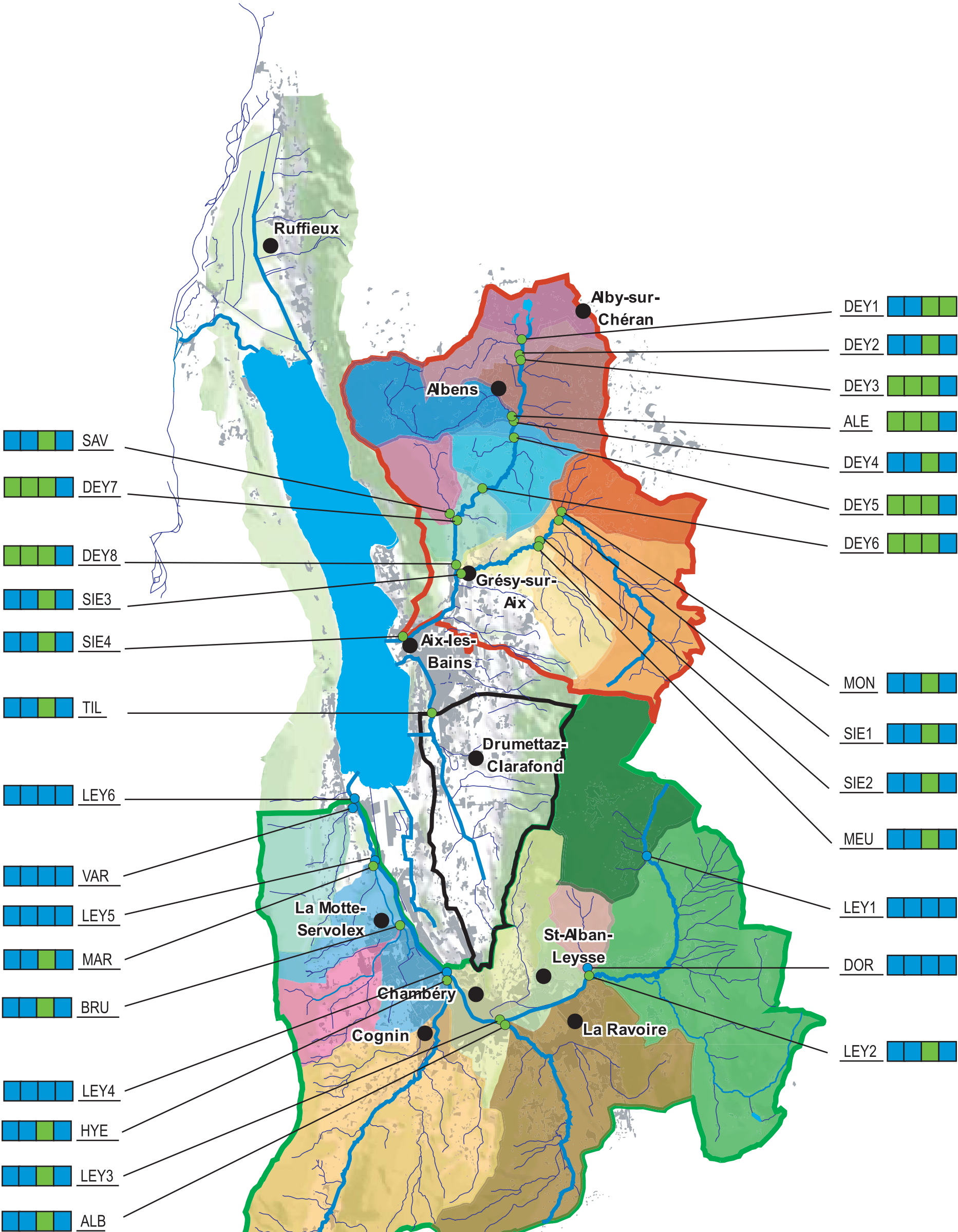
Cependant, les incertitudes présentées dans les tableaux 13, 14 et 15 ne sont pas prises en compte dans l'interprétation des résultats afin de faciliter leur analyse.

VII] Interprétation des résultats ^{5, 8, 17, 18, 19, 20}

7.1) Conformité des résultats de campagnes de mesure

Les résultats des trois campagnes confrontés au SEQ eau dans sa version 2 permettent de donner une vision rapide de la qualité de l'eau lors de chaque campagne. Rappelons toutefois que cette évaluation demande un minimum de quatre campagnes à effectuer à des périodes fixes sur une année calendaire.

Les figures 10, 11 et 12 illustrent respectivement la cartographie de la qualité de l'eau à chaque point de mesure des campagnes 1, 2 et 3.

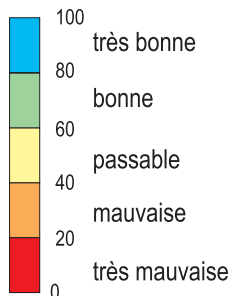


Légende

Echelle


$$1 \text{ cm} = 3,75 \text{ Km}$$

Classes et indices de qualité du SEQ



Point de mesure

P_{tot} PO₄ MEST NH₄

Paramètre déclassant

FIGURE 11 Cartographie de la qualité de l'eau (SEQ) de la campagne 2

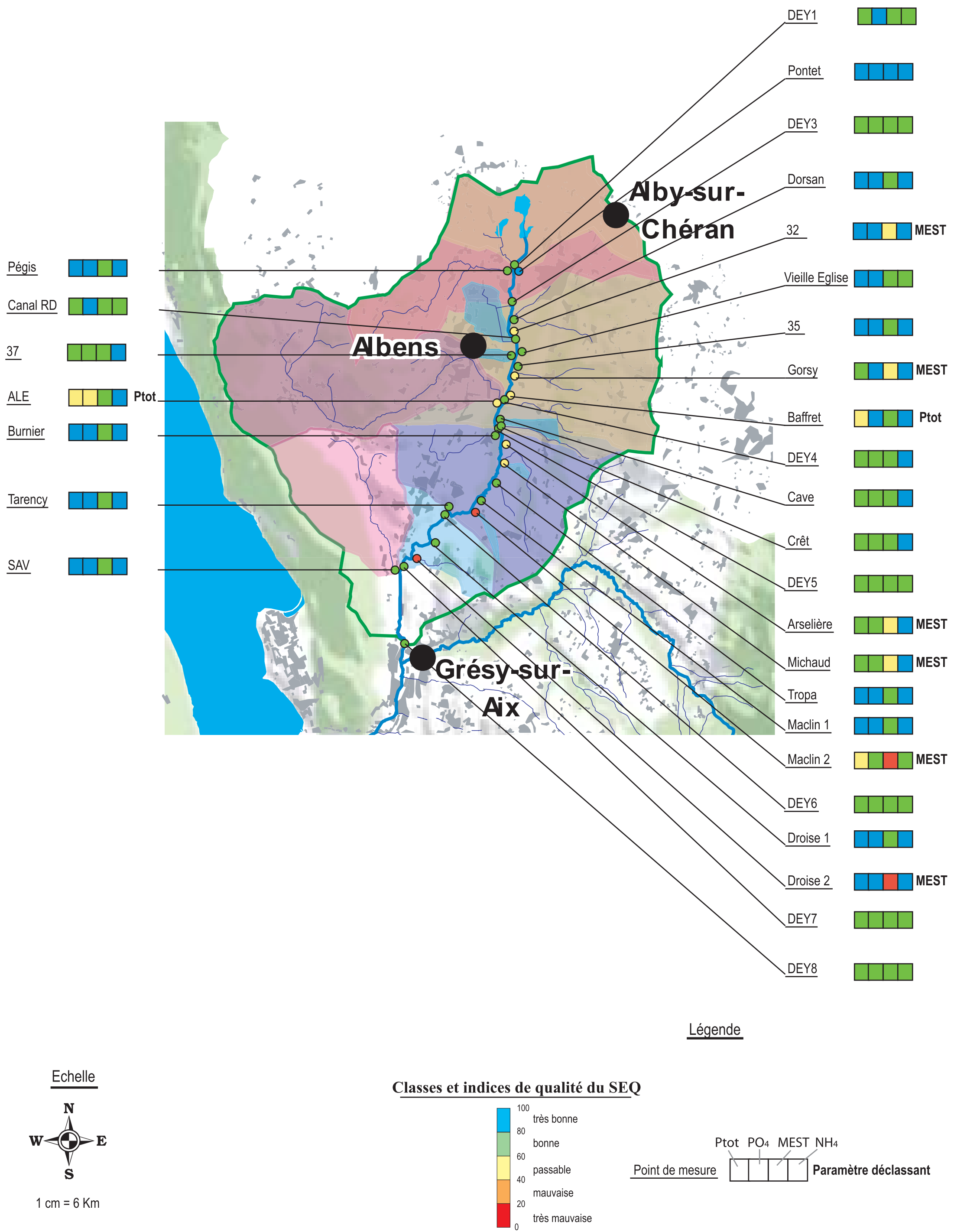
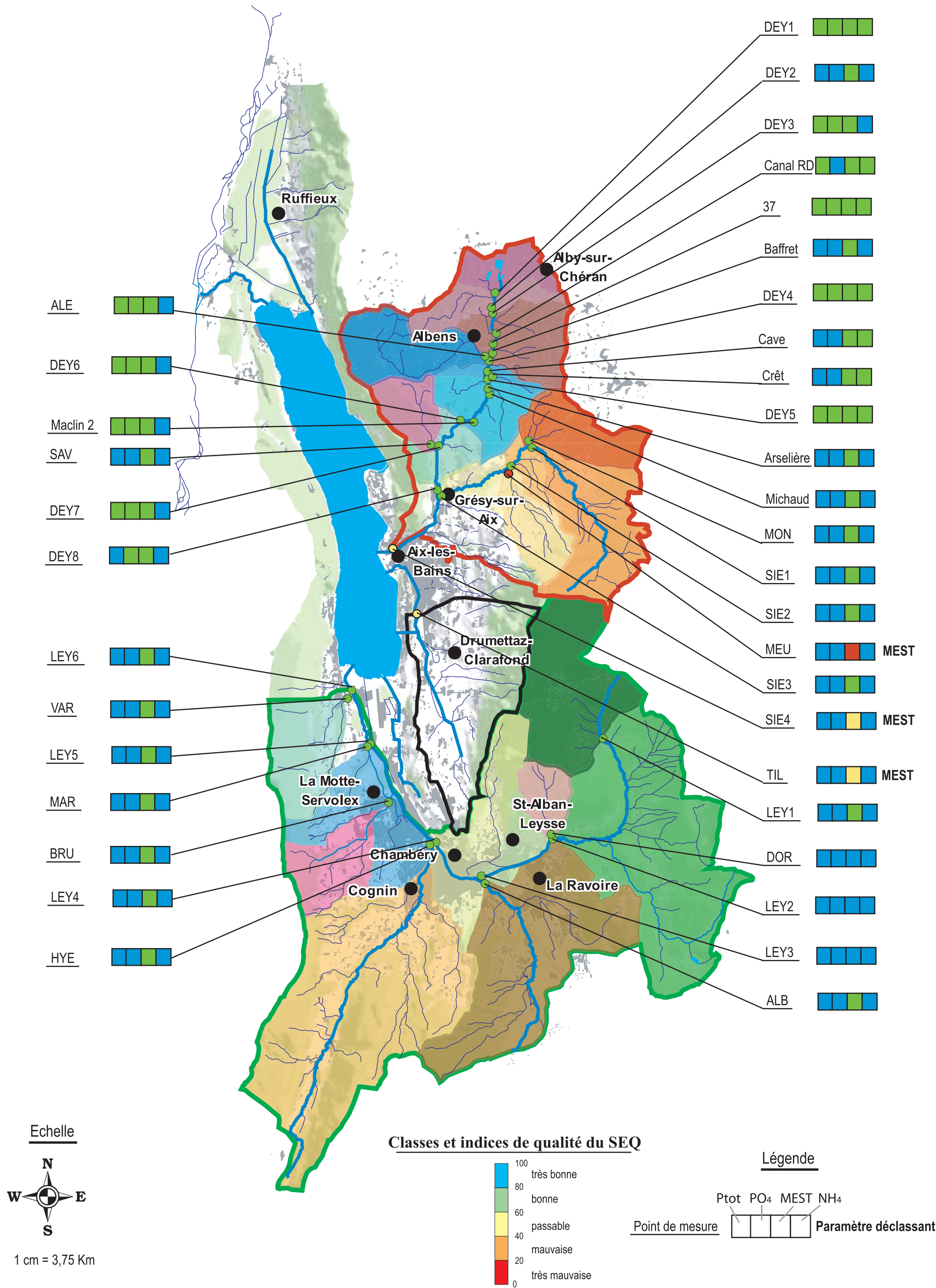


FIGURE 12 Cartographie de la qualité de l'eau (SEQ) de la campagne 3



D'une manière générale, les concentrations en P_{tot} ne présentent aucun déclassement pour les périodes du 19 au 20 mars 2008 et du 23 au 25 juin 2008. Concernant la journée du 13 mai 2008, un certain nombre de déclassements est observé pour les concentrations en P_{tot} notamment aux points Maclin 2, Baffret et ALE.

Les températures, les conductivités et les pH mesurées lors de la campagne 3 ne présentent aucun déclassement vis-à-vis du SEQ eau pour la période du 23 au 25 juin 2008.

Les concentrations en dioxygène dissous présentent un déclassement au point de mesure 37 tandis vis-à-vis du SEQ eau pour la période du 23 au 25 juin 2008.

Les concentrations des rejets en MESTot en sortie des UDEP d'Albens et de St Félix peuvent être considérées comme étant conformes à la Directive ERU pour la journée du 13 mai 2008. Néanmoins, ces résultats sont à prendre avec précaution puisque les valeurs seuils données par cette Directive ne sont valables que sous certaines conditions notamment un nombre minimum d'échantillons à prélever à intervalles réguliers au cours d'une année entière.

Les résultats obtenus sur les eaux superficielles lors de la campagne 2 paraissent anormalement élevés pour une période d'été. Plusieurs indices confortent cette idée. En effet, il est noté un certain nombre de déclassements pour le paramètre MESTot. Les concentrations en phosphore total sont très élevées par rapport à la campagne 1 et à la campagne 3 sur tout le linéaire. Les concentrations élevées en phosphore dissous semblent indiquer une période de ressuyage.

A partir de ces trois éléments, il peut être conclu que la campagne 2 n'a pas été effectuée en période d'été et par conséquent une part de diffus a été prise en compte. Néanmoins, ces résultats sont intéressants dans le sens où même si une part indéterminée de rejet diffus intervient, il est montré que les sous bassins versants de certains affluents drainent une concentration élevée en phosphore.

7.2) Estimation du bruit de fond

Comme vu en partie 6.1, en période d'été le phosphore transféré provient uniquement du bruit de fond et des rejets ponctuels. Le bruit de fond est spécifique à chaque cours d'eau et se définit comme étant du aux apports des zones dépourvues d'activité anthropique en période d'été. Le bruit de fond correspond à une concentration constante quel que soit le débit par temps sec.

Dans la présente étude, les points de mesure SIE 1 et LEY 1 sont considérés comme étant respectivement le bruit de fond sur le Sierroz et sur la Leysse puisque les concentrations en P_{tot} sont constantes entre les campagnes 1 et 3. Ce bruit de fond est évalué à 10 µgP/L sur le Sierroz et à 20 µgP/L sur la Leysse. Quant aux bruits de fond sur la Deyse et le Tillet, ceux-ci n'ont pas pu être évalués en raison d'une forte variabilité des concentrations en P_{tot} entre les campagnes 1 et 3 sur la Deyse et en raison de l'absence de donnée sur un point amont pour le Tillet.

7.3) Part des apports ponctuels en P_{tot} dans les apports totaux au lac

Les données utilisées dans cette partie pour évaluer la part du ponctuel dans les apports totaux au lac sont issues du suivi en semi-continu de la Leysse et du Sierroz réalisé par le CISALB depuis 2004.

Il est intéressant de connaître l'évolution interannuelle des apports par les tributaires au lac ainsi que la part des apports ponctuels en phosphore total sur une année.

La figure 13 présente l'ensemble des apports (diffus et ponctuel) en P_{tot} apportés par les tributaires du lac (Leysse et Sierroz) sur différentes années.

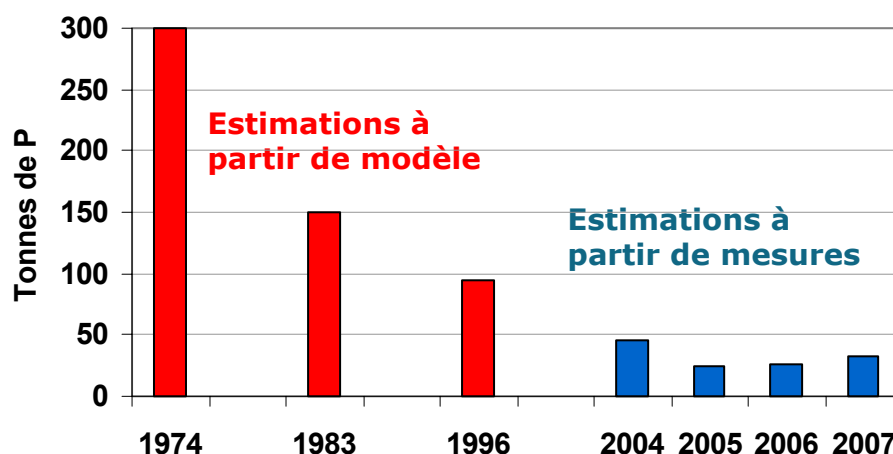


Figure 13 : Apports en Ptot par les tributaires du lac sur différentes années ⁸

Les apports en Ptot diminuent de moitié entre 1974 et 1983, ceci s'expliquant par la mise en service de la galerie de l'Epine en 1981. Cette tendance continue dans une moindre mesure jusqu'en 2005 pour se stabiliser autour d'un apport annuel de 21 Tonnes de P. Les données plus détaillées sur les apports en Ptot au lac de ces quatre dernières années sont présentées dans le tableau 17.

		LEYSSE		SIERROZ	
	Période annuelle	Nbre de jours	Apport en Ptot	Nbre de jours	Apport en Ptot
			au lac (en T)		au lac (en T)
2004	Total	365	28	365	13
	Pluie	221	27	194	12
	Sec	144	1	171	1
2005	Total	365	14	365	7
	Pluie	187	13,2	188	6,4
	Sec	178	0,8	177	0,6
2006	Total	365	13,4	365	7,4
	Pluie	193	12,8	152	6,3
	Sec	172	0,6	213	1,1
2007	Total	365	19,7	365	7,2
	Pluie	184	18,93	207	6,7
	Sec	181	0,77	158	0,5

Tableau 17 : Apport en Ptot à la fermeture des tributaires du lac ⁸

Les apports ponctuels en Ptot au lac (de 2,7 à 5 tonnes) sont nettement inférieurs aux apports diffus (de 16 à 34 tonnes) et ils ne représentent que 12% de l'ensemble des apports totaux (20 à 40 tonnes - ponctuels et diffus confondus).

Ptot ponctuel= Ptot temps sec ramené à 365 jours

Ptot diffus= Ptot Total- Ptot ponctuel

Plus précisément, les apports ponctuels de la Leysse en Ptot représentent 6,4% (de 1,3 à 2,6 tonnes) de l'ensemble des apports totaux de la Leysse tandis que les apports ponctuels du Sierroz en Ptot représentent 5,4% (de 1,2 à 2,1 tonnes) de l'ensemble des apports totaux du Sierroz.

7.4) Représentativité des résultats de campagne vis-à-vis du suivi en semi-continu des tributaires

Les figures 14, 15, 16 et 17 en annexe 4 illustrent la relation entre la concentration en P_{tot} et le débit d'une part et la relation entre la concentration en PO_4 et le débit d'autre part et ceci à chaque point d'embouchure des principaux tributaires. Ces graphes confirment bien la cohérence des résultats de campagnes avec ceux du suivi des tributaires du lac.

La concentration en PO_4 sur la Leysse lors de la campagne 3 semble anormalement faible par rapport à celles obtenues lors du suivi. Ceci s'explique par une différence du seuil de détection ; le seuil de détection pour le suivi est de 0,03 mg PO_4 /L alors que celui pour les campagnes de mesure est de 0,00626 mg PO_4 /L.

7.5) Influence du débit et/ou de la concentration sur les valeurs de flux des campagnes

La réalisation de profils en long a permis de connaître l'influence du débit et de la concentration sur les valeurs de flux. Ceci est intéressant puisqu'un flux élevé contrôlé par le débit est difficile à réduire alors qu'un flux élevé influencé par une forte concentration peut être réduit par des actions ayant un impact direct sur la concentration en phosphore.

L'annexe 5 présente les profils en long de chaque sous BV par campagne de mesure. Le point d'origine du graphique est l'embouchure du lac.

Ces profils en long mettent en évidence la forte influence des débits sur les flux pour la Leysse alors que les flux sont plutôt influencés par les concentrations sur le Sierroz. Les fortes valeurs de flux entre le Sierroz amont et le Sierroz aval sont principalement dues à l'affluence de la Deysse.

D'une manière générale, entre deux points de mesure consécutifs sur le linéaire de la Deysse lors de la campagne 1, les apports en phosphore total ne sont généralement pas dus uniquement aux apports des affluents analysés. Une campagne localisée sur la Deysse a été réalisée afin de cerner l'origine de ces apports supplémentaires.

Sur la Leysse, il est à noter que les valeurs du débit et du flux calculées lors de la campagne 3 au point LEY 3 étaient inférieures à celles au point plus en amont (LEY 2) en raison d'un problème technique rencontré avec le courantomètre. Ces valeurs ont été recalculées théoriquement à partir du rapport du débit au point amont sur le débit au point LEY 3 et du rapport du débit au point LEY 3 sur le débit au point aval. Le débit théorique au point LEY 3 considéré sur le profil en long de la campagne 3 est de 1,202m³/s.

Entre deux points de mesure consécutifs sur le linéaire, les apports en phosphore total lors de la campagne 1 sont dus généralement aux apports des affluents analysés.

7.6) Part des apports ponctuels en Ptot mesurés lors des campagnes dans les apports totaux apportés au lac par les tributaires

Le tableau 18 présente les valeurs de flux de Ptot ponctuel de chaque sous BV et plus particulièrement celles des points de mesure sur la Deysse. Précisons que « n.m » signifie « non mesuré ».

Sous BV	Flux de Ptot (kgP/j) campagne 1	Flux de Ptot (kgP/j) campagne 2	Flux de Ptot (kgP/j) campagne 3
Leysse	13,43	n.m	7,74
Tillet	0,07	n.m	0,12
Sierroz	9,68	n.m	2,58
Deysse	9,13	5,21	2,90
Pégis	n.m	0,08	n.m
Pontet	n.m	0,05	n.m
Dorsan	n.m	0,02	n.m
32	n.m	0,004	n.m
Canal RD	n.m	0,05	n.m
Vieille Eglise	n.m	0,08	n.m
37	n.m	0,16	n.m
35	n.m	n.m	n.m
Gorsy	n.m	0,07	n.m
Baffret	n.m	0,32	n.m
ALE	4,34	2,09	1,02
Cave	n.m	0,04	n.m
Crêt	n.m	0,11	n.m
Burnier	n.m	0,01	n.m
Arselière	n.m	0,02	n.m
Michaud	n.m	0,01	n.m
Tropa	n.m	0,01	n.m
Maclin 1	n.m	0,01	n.m
Maclin 2	n.m	0,06	n.m
Tarency	n.m	0,01	n.m
Droise 1	n.m	0,002	n.m
Droise 2	n.m	0,001	n.m
SAV	0,20	0,07	0,15

Tableau 18 : Flux de Ptot par sous BV

Les valeurs de flux de Ptot d'origine ponctuelle sont les plus élevées sur la Leysse et les plus faibles sur le Tillet.

Comme vu précédemment, la seule action possible est sur le Sierroz, car les flux sont majoritairement liés aux concentrations. En se focalisant sur le Sierroz, il est constaté que son flux de Ptot ponctuel est principalement dû aux apports de la Deysse. Par conséquent la campagne 2 a été réalisée afin de cerner encore plus précisément l'origine de ces apports.

Il est utile de noter que les résultats de flux obtenus pour la campagne 3 sont bien représentatifs d'une période de temps sec d'après les valeurs données dans le tableau 17. La campagne 1, quant à elle, présente des résultats de flux de Ptot légèrement plus éloignés des valeurs données caractérisant une période d'étiage. Ceci est logique puisque la durée de temps sec précédant les prélèvements de cette première campagne est plus courte que celle de la campagne 3.

Le flux de Ptot ponctuel de la Leysse représente 26% (4,9 tonnes) des apports totaux (27 tonnes- ponctuel+ diffus) en Ptot de la Leysse au lac lors de la campagne 1 et 15% (2,8 tonnes) des apports totaux en Ptot de la Leysse au lac pour la campagne 3.

Sur le Sierroz, le flux de Ptot ponctuel représente 42% (3,5 tonnes) des apports totaux en Ptot du Sierroz au lac lors de la campagne 1 et 11% (0,9 tonnes) des apports totaux en Ptot du Sierroz au lac pour la campagne 3.

Le Flux de Ptot ponctuel de la Laysse et du Sierroz représente 31% (8,4 tonnes) des apports totaux en Ptot au lac lors de la campagne 1 et 14% (3,7 tonnes) des apports totaux en Ptot au lac pour la campagne 3.

En comparant les flux de Ptot ponctuel des principaux affluents de la Deysse, il est noté qu'environ 41% du flux de Ptot de la Deysse par temps sec provient de l'Albenche. Quant à l'ensemble des autres affluents étudiés, le flux de Ptot ponctuel ne représente que 23% du flux de Ptot de la Deysse par temps sec. Il est à noter que la coopérative laitière de St Germain-la-Chambotte est la seule fruitière à ne pas être raccordée à une UDEP. En effet, celle-ci rejette ses eaux blanches³ dans l'Albenche ce qui pourrait être à l'origine de la forte valeur de flux de Ptot ponctuel.

7.7) Comparaison du débit spécifique et du flux spécifique entre les différentes campagnes

Les débits et les flux de Ptot ont été ramenés à la surface totale de chaque BV. Ces nouvelles valeurs appelées respectivement débit spécifique et flux spécifique sont présentées dans le tableau 19. Il est utile de préciser que « n.c » signifie « non connu ».

	Campagne 1		Campagne 2		Campagne 3	
Sous BV	Débit spécifique Qs (L/j/km ²)	Flux spécifique Fs(kgP/km ² /an)	Débit spécifique Qs (L/j/km ²)	Flux spécifique Fs(kgP/km ² /an)	Débit spécifique Qs (L/j/km ²)	Flux spécifique Fs(kgP/km ² /an)
Deysse	2 260 333	48,7	718 107	27,8	863 243	15,4
Sierroz	2 273 684	26,6	n.c	n.c	1 020 559	7,1
Laysse	2 444 713	17,0	n.c	n.c	1 071 037	9,8
Tillet	133 538	0,7	n.c	n.c	96 391	1,2

Tableau 19 : Débit et flux spécifiques par sous BV

Pour la campagne 1, le flux spécifique le plus élevé est celui du Sierroz (26,6 kgP/ km²/an) suivi de celui de la Laysse (17,0 kgP/ km²/an) puis celui du Tillet (0,7 kgP/ km²/an).

Un ordre différent est observé pour la campagne 3 avec le flux spécifique le plus élevé sur la Laysse (9,8 kgP/ km²/an) suivi par celui du Sierroz (7,1 kgP/ km²/an) puis celui du Tillet (1,2 kgP/ km²/an).

Cette différence de hiérarchisation ne peut être expliquée sans données supplémentaires notamment la pluviométrie exacte sur chaque bassin versant et le suivi en continu du débit, afin de préciser les conditions exactes de réalisation des deux campagnes.

Les valeurs des débits spécifiques sont plus élevées pour la campagne 1 que pour la campagne 3 puisque la période de temps sec a été plus longue pour la campagne 3.

La valeur du débit spécifique de la Deysse pour la campagne 2 est inférieure à celle des campagnes 1 et 3. Ceci peut être dû soit à une erreur sur les valeurs des débits soit à des débits stabilisés à une valeur plus faible qu'avant la crue.

Le flux spécifique de la Deysse est supérieur à celui du Sierroz ce qui tend à confirmer le rôle important que peut avoir la Deysse sur le flux de Ptot du Sierroz.

³ Eaux blanches : eaux souillées par le lait ou les produits de lavage du matériel de traite et/ou de fabrication fromagère

Ces flux sont considérés comme étant faibles au regard des activités de ce sous BV sachant que les flux spécifiques de la littérature sont de l'ordre de 15 kgP/km²/an pour un milieu naturel et de 100 kgP/km²/an pour un milieu urbain.

7.8) Biodisponibilité du phosphore particulaire

Le phosphore, facteur limitant de la production végétale des eaux douces et stagnantes, est présent dans les eaux, le sol et les sédiments sous forme minérale et organique. Plus précisément, le phosphore total (eau brute) est fractionné entre le phosphore dissous et le phosphore particulaire. Le phosphore est considéré comme 'dissous' lorsqu'il n'est pas retenu par un filtre dont les pores ont une taille de 0,45µm. Il comprend les ions orthophosphates libres, les tripolyphosphates ainsi que le phosphore organique. Quant au phosphore particulaire (>0,45µm), celui-ci comprend le phosphore apatitique, le phosphore non apatitique et le phosphore organique. Il existe des équilibres entre les formes dissoutes et particulières en relation avec des phénomènes ioniques, des réactions de dissolution-précipitation ou encore des réactions d'adsorption-désorption.

Les formes dissoutes ont une forte biodisponibilité ; c'est-à-dire qu'elles sont potentiellement assimilables par les organismes vivants et par les végétaux et ont par conséquent un impact sur la biologie du système. Par ailleurs, ces formes de phosphore peuvent être piégées par des particules en suspension puis sédimentées, provoquant ainsi l'enrichissement des sédiments profonds en phosphore. Ce phosphore n'est pas pour autant définitivement stocké dans ces sédiments puisqu'il peut être libéré sous forme dissoute lors de brassage et/ou lorsque les couches profondes sont désoxygénées (apports internes).

Le phosphore particulaire quant à lui, peut soit sédimenter et agir comme une source interne de phosphore lors de la libération des ions orthophosphates en solution par les sédiments, soit être partiellement assimilé par le phytoplancton. La biodisponibilité de cette fraction de phosphore est très variable, forte pour du phosphore non apatitique à faible pour du phosphore apatitique et du phosphore organique.

Les formes dissoutes de phosphore pouvant être piégées par les particules du cours d'eau avant de sédimenter de manière temporaire, la connaissance de la charge des particules en phosphore à chaque point de mesure du bassin versant du lac permet d'approcher la notion de stock de phosphore. Cette charge est évaluée par le rapport Pparticulaire/MES, plus il est élevé, plus les particules sont chargées en phosphore.

Le tableau 20 illustre la répartition en trois familles des points de mesure selon la part de phosphore particulaire et le tableau 21 donne la répartition des points de prélèvement selon la valeur du rapport $P_{\text{particulaire}}/\text{MES}$.

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
$P_{\text{particulaire}} < 10 \mu\text{gP/L}$	LEY 1, LEY 2, LEY 3, ALB , LEY 4, HYE , LEY 5, BRU , VAR , LEY 6, MON , SIE 1 , SIE 2, MEU, SIE 3, SIE 4, DEY 8 , SAV, DEY 4, TIL	Dorsan, Burnier, Tarency, 35, Pontet	DOR, ALB , HYE , BRU , VAR , MON , SIE 1 , DEY 2, ALE, DEY 5, DEY 7, DEY 8 , Crêt
$10 \leq P_{\text{particulaire}} \leq 20 \mu\text{gP/L}$	DOR, DEY 1, DEY 2, DEY 5, DEY 6 , DEY 7	DEY 4 , SAV , DEY 7 , Droise 1, Cave , Crêt, Arsolière , Tropa, Maclin 1, Pégis	LEY 1, LEY 2, LEY 3, LEY 4, LEY 5, MAR, LEY 6, SIE 2, MEU, SIE 3, DEY 3, DEY 4 , DEY 6 , SAV , SIE 4, Baffret, Cave , Arsolière , Michaud, Maclin 2, Canal RD
$P_{\text{particulaire}} > 20 \mu\text{gP/L}$	MAR, DEY 3 , ALE	DEY 1 , DEY 3 , DEY 5, DEY 6, DEY 8, Gorsy, Baffret, Droise 2, UDEP St Félix, UDEP Albens, Michaud, 37 , Maclin 2, Canal RD, Vieille Eglise, 32, ALE	DEY 1 , TIL, 37

Tableau 20 : répartition des points de mesure selon la part de phosphore particulaire

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
$P_{\text{particulaire}}/\text{MES} \leq 1$	LEY 1, LEY 2, LEY 3, ALB , HYE, BRU , VAR , SIE 1, SIE 2, MEU , SIE 3 , SAV	SAV , Dorsan, Burnier, Gorsy, Tarency, 35, Droise 1, Droise 2, Arsolière , Maclin 1, Maclin 2	ALB , BRU , VAR , MEU , SIE 3 , SIE 4, DEY 2, ALE, DEY 5, DEY 7, DEY 8, Cave, Maclin 2 , TIL
$1 < P_{\text{particulaire}}/\text{MES} \leq 5$	LEY 4 , LEY 5, LEY 6 , MON , SIE 4, TIL, DEY 1 , DEY 2, DEY 3 , DEY 4 , DEY 5, DEY 6 , DEY 7, DEY 8, ALE	DEY 4 , DEY 7 , Cave, Michaud, Tropa, 32, Pégis, Pontet	LEY 1, DOR, LEY 4 , HYE, MAR, LEY 6 , MON , SIE 1, SIE 2, DEY 1 , DEY 3 , DEY 4 , DEY 6 , SAV, Baffret, Crêt, Arsolière , Canal RD
$P_{\text{particulaire}}/\text{MES} > 5$	DOR, MAR	DEY 1, DEY 3, DEY 5, DEY 6, DEY 8, Baffret,, UDEP St Félix, UDEP Albens, Crêt, Canal RD, Vieille Eglise, 37 , ALE	LEY 2, LEY 3, LEY 5, Michaud, 37

Tableau 21 : répartition des points de mesure selon la valeur du rapport $P_{\text{particulaire}}/\text{MES}$.

La plupart des points de mesure présentent une part de phosphore particulaire plus élevée lors de la campagne 2 que lors des campagnes 1 et 3. Au point de mesure situé à l'exutoire de chaque tributaire, la part de phosphore particulaire est plus élevée lors de la campagne 3 que lors de la campagne 1.

Par ailleurs, d'une manière générale, la campagne 2 est la plus chargée en phosphore et la campagne 1 la moins chargée.

Ceci s'explique par une durée de temps sec plus longue pour la campagne 3 (6 jours) que pour la campagne 1 (3 jours). Les particules des sédiments se sont donc plus enrichies en phosphore pour la campagne 3 par rapport à la campagne 1.

Quant à la campagne 2 effectuée lors d'une période de ressuyage, les particules riches en P ont été arrachées du sol et se sont déposées sur le fond de la rivière, c'est pourquoi cette campagne montre les résultats les plus élevés.

Il est utile de rappeler que plus le phosphore particulaire est biodisponible, plus il est susceptible de libérer des ions orthophosphates en solution assimilables par les végétaux. Par conséquent, plus le phosphore est mobilisable, plus il est potentiellement impactant pour le lac en terme d'eutrophisation puisqu'il peut être utilisé comme nutriment par les végétaux. Le phosphore Olsen ($P_{\text{non apatitique}}$) étant théoriquement la forme la plus biodisponible du phosphore particulaire, le pourcentage de biodisponibilité $P_{\text{Olsen}} / P_{\text{tot_sédiment}}$ a été évalué par sous BV à partir des valeurs de la campagne 3. Le tableau 22 récapitule ces résultats.

Sous bassin versant	Pourcentage de P_{Olsen} par rapport à $P_{\text{tot_sédiment}}$
Leyse	4,1
Tillet	3,0
Sierroz	2,8
Sierroz amont	2,1
Deysse	2,1
Canal RD	2,6
37	2,7
ALE	5,8
Baffret	1,4
Cave	0,5
Crêt	1,6
Arsolière	3,8
Michaud	3,6
Maclin 2	3,5
SAV	4,4

Tableau 22 : Pourcentage de P_{Olsen} par rapport au $P_{\text{particulaire}}$ (campagne 3)

D'après ces résultats, les réseaux hydrographiques des trois sous bassins versants présentent un pourcentage de phosphore Olsen faible par rapport au phosphore total des sédiments. Ce qui signifie que les quantités de phosphore biodisponible sont faibles. En comparant ces trois BV, le réseau hydrographique de la Leyse présente le plus fort pourcentage de P_{Olsen} par rapport au $P_{\text{particulaire}}$ (4,1%) suivi de celui du Tillet (3,0%) puis de celui du Sierroz (2,8%).

Sur le BV du Sierroz, les réseaux hydrographiques du Sierroz amont et de la Deysse présentent des pourcentages de P biodisponible équivalents (2,1%).

Quant aux affluents de la Deysse, l'Albenche est l'affluent présentant le plus fort pourcentage de P biodisponible (5,8%). Les autres affluents analysés tels que le Ruisseau de la Cave, le Crêt et le Baffret ne présentent qu'un faible pourcentage de P_{Olsen} (<1,7%).

La biodisponibilité du phosphore dans les sédiments des points avals montrent que les apports en P provenant de la Leyse bien que faiblement biodisponible présentent potentiellement un risque d'impact sur l'état trophique du lac plus important que les apports du Tillet ou encore que ceux du Sierroz.

Néanmoins, ne connaître que la biodisponibilité des apports de P particulaire est insuffisant pour déterminer l'impact sur l'état trophique du lac. En effet, de nombreux facteurs sont à prendre en compte tels que la période d'apport et la concentration en phosphore du milieu récepteur. En effet, en période hivernal, un apport même très chargé en P particulaire

biodisponible n'a pas d'impact sur le lac en terme d'eutrophisation en raison d'une faible activité biologique. A l'inverse en période estivale, l'activité biologique est très forte et les concentrations de P en surface sont faibles, par conséquent ces apports sont impactants sur l'état trophique.

Une particule a tendance à libérer des ions orthophosphates dans un milieu pauvre en ions orthophosphates en solution tandis qu'elle peut piéger des ions orthophosphates dans un milieu riche en ions orthophosphates en solution. Dans le cas où la particule sédimenterait, la charge en ions orthophosphates de la colonne d'eau diminuerait de manière temporaire jusqu'au relargage des ions orthophosphates potentiellement assimilables par le phytoplancton.

Les phénomènes régissant ces équilibres entre les formes dissoutes et particulières sont illustrés en figure 14.

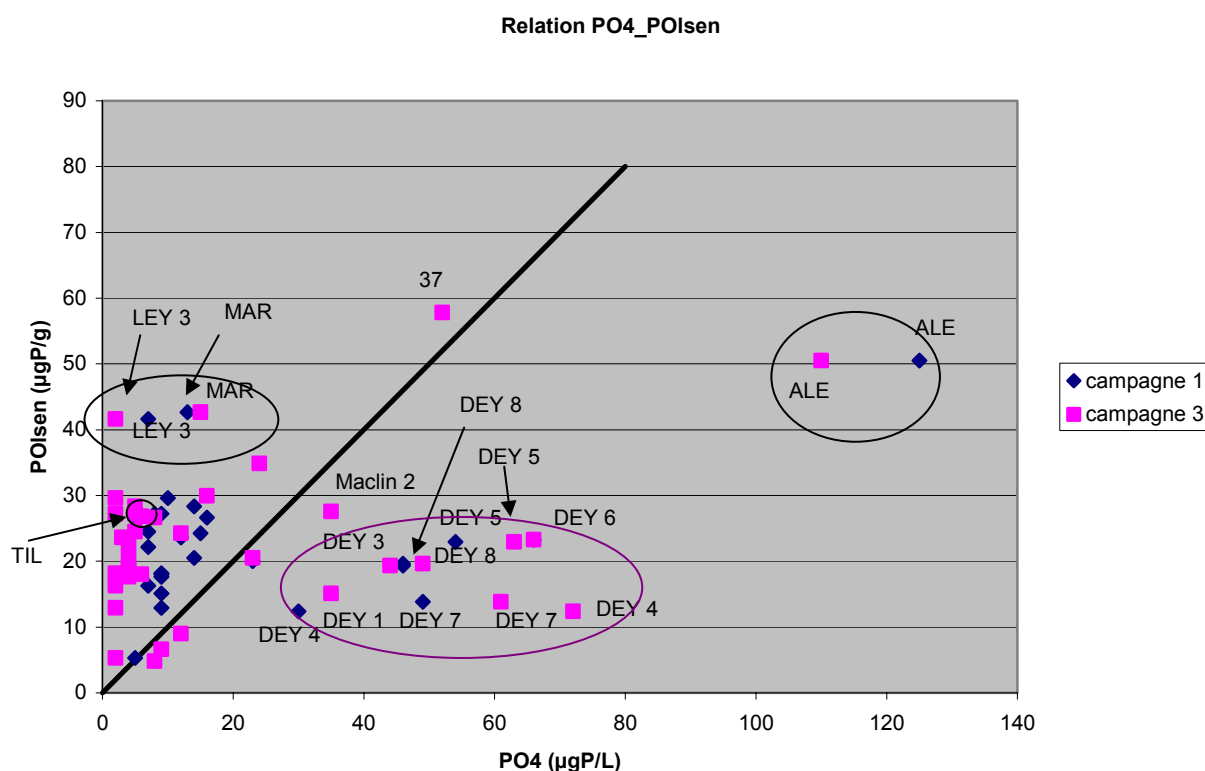


Figure 14 : Graphe illustrant la relation entre PO₄ et P_{Olsen}

Le phénomène de sorption caractérise un transfert de phosphore présent dans l'eau vers les particules tandis que la désorption traduit le phénomène inverse. Il est utile de préciser que les concentrations en P_{Olsen} n'ont été mesurées que lors de la campagne 3 ; ces valeurs ont été utilisées pour placer les points de la campagne 1, les deux campagnes étant considérées comme ayant été effectuées en période d'étiage.

Le point de mesure ALE se détache clairement des autres points avec une concentration en PO₄ et en P_{Olsen} élevée ce qui peut être un facteur indiquant l'équilibre entre l'eau et les sédiments ou favorisant le phénomène de sorption dans le réseau hydrographique.

De même, les points de mesure à l'intérieur du cercle violet présentent une concentration en PO₄ élevée et une concentration en P_{Olsen} faible ce qui peut être à l'origine du phénomène de transfert de P vers les sédiments. Il est à noter qu'à l'intérieur de ce cercle sont présents en plus grande majorité les points de mesure de la campagne 3. Ce qui se justifie par une durée de temps sec plus longue pour cette dernière campagne

Quant aux points de mesure TIL, LEY 3 et MAR, ceux-ci présentent une concentration en PO₄ faible et une concentration en P_{Olsen} élevée qui peuvent engendrer un phénomène de désorption du phosphore aux particules.

Par ailleurs, P_{Olsen} est caractérisé par une variabilité spatiale selon le rang du cours d'eau. En effet, d'une manière générale, les concentrations de P_{Olsen} dans les cours d'eau principaux (rang 1) sont comprises entre 19 µgP/g et 27 µgP/g alors que celles dans les affluents (rang 2) sont soit inférieures à 19 µgP/g soit supérieures à 27 µgP/g.

Le rapport P_{particulaire}/MES combiné au pourcentage de P_{Olsen} sur l'ensemble du phosphore total du sédiment permet de préciser l'impact potentiel en terme d'eutrophisation dans les eaux du lac. Le tableau 23 récapitule l'intensité des rapports pour la campagne 3, campagne ayant été effectuée en période estivale.

Points de mesure	P _{part} /MES	P _{Olsen} /P _{particulaire}
LEY 6	Elevé	Faible
SIE 4	Moyen	Très Faible
TIL	Moyen	Très Faible

Tableau 23 : Intensité des rapports P_{particulaire}/MES et P_{Olsen}/P_{particulaire} pour la campagne 3

A l'exutoire de la Leyse, les particules sont fortement chargées en P et le pourcentage de P_{Olsen} est faible par rapport au phosphore total du sédiment. Ce sédiment présente donc un risque réel faible dans la colonne d'eau mais important pour le stock interne de phosphore dans le lac.

Quant à l'exutoire du Sierroz et à celui du Tillet, les particules sont moyennement chargées en P et le pourcentage de P_{Olsen} est très faible par rapport au phosphore total du sédiment. Par conséquent, ces sédiments affectent dans une moindre mesure l'état trophique du lac.

7.9) Part des orthophosphates dans le phosphore dissous et part du P dissous dans le phosphore total

A partir des données des trois campagnes, il est possible de savoir si les orthophosphates occupent une part importante dans le phosphore dissous. La figure 15 apporte un élément de réponse en illustrant la relation entre P_{tot} filtré (aussi noté P_{tef}) et PO_4 .

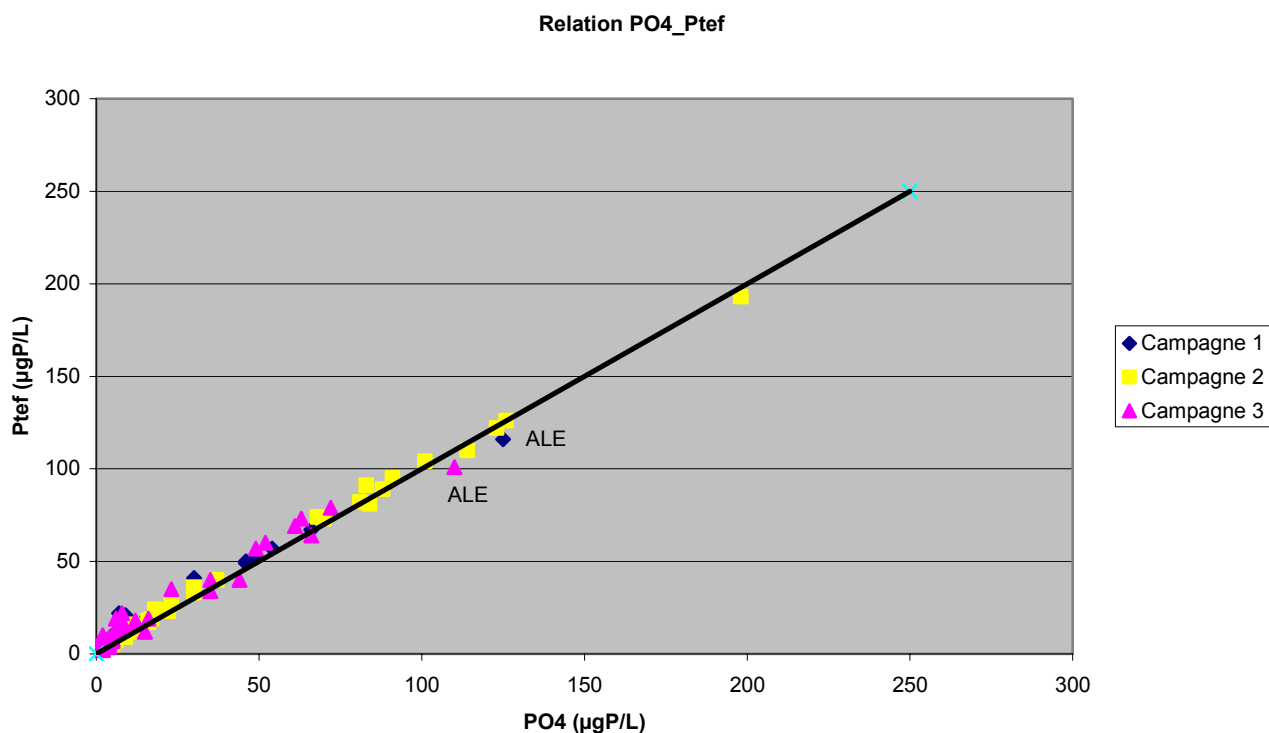


Figure 15 : Relation PO_4 _Ptef pour chacune des trois campagnes

Sur l'ensemble des campagnes, la plupart des points de mesure sont situés sur la droite ; c'est-à-dire que le phosphore dissous se trouve principalement sous forme minérale et plus particulièrement sous forme d'ions orthophosphates.

Précisons que les points situés en dessous de la droite présentent une erreur puisque au mieux la totalité du phosphore dissous se trouve sous forme minérale.

L'écart à la droite permet de connaître le phosphore organique en supposant que les formes minérales autres que PO_4 , c'est-à-dire les tripolyphosphates, sont négligeables.

Les concentrations en phosphore organique sont de l'ordre de $8\mu\text{gP/L}$ soit 31% du P dissous lors de la campagne 3, de l'ordre de $4\mu\text{gP/L}$ soit 8% du P dissous pour la campagne 2 et de l'ordre de $5\mu\text{gP/L}$ soit 19% de P dissous pour de la campagne 1.

D'une manière générale, les concentrations en phosphore organique sont de l'ordre de $4\mu\text{gP/L}$ soit 36% du P dissous sur le Tillet, de l'ordre de $5\mu\text{gP/L}$ soit 41% du P dissous sur la Leysse, de l'ordre de $4\mu\text{gP/L}$ soit 11% du P dissous sur le Sierroz et de l'ordre de $4\mu\text{gP/L}$ soit 9% du P dissous sur la Deysse.

Par ailleurs, les données des trois campagnes permettent de connaître la part qu'occupent les orthophosphates dans les eaux brutes. La figure 16 apporte un élément de réponse en illustrant la relation entre Ptot eau et PO₄.

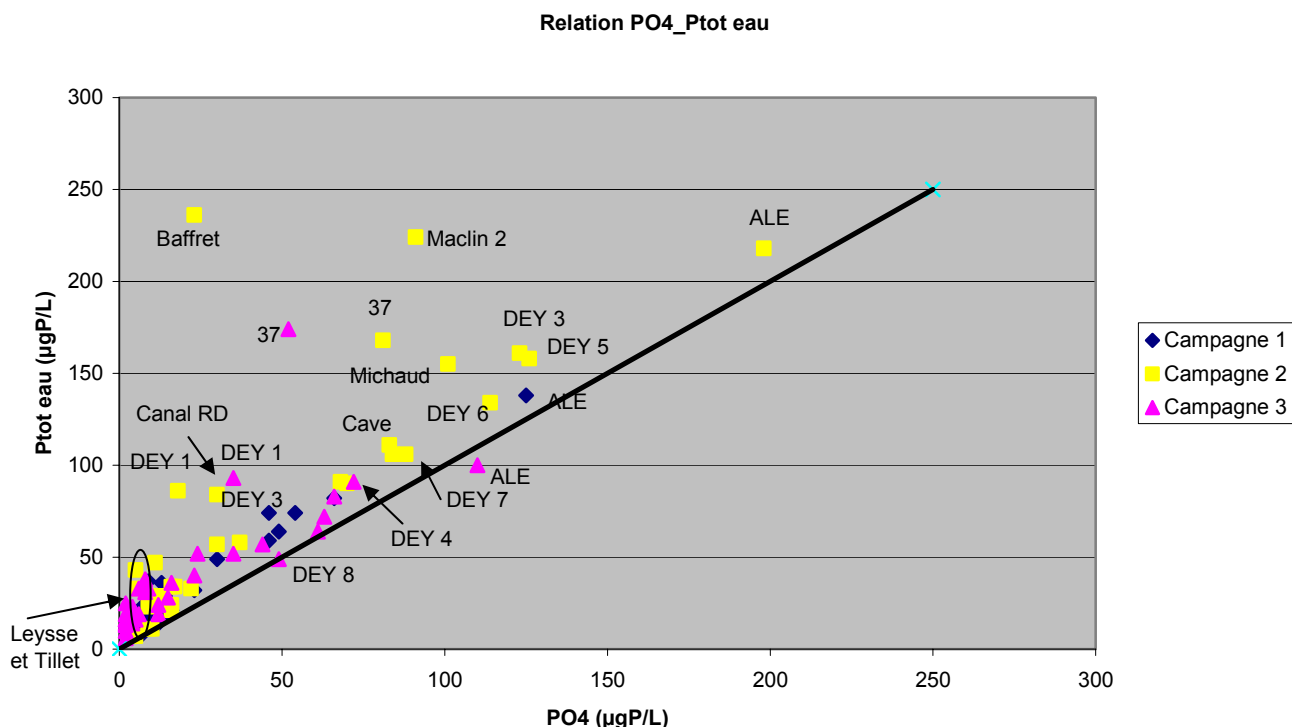


Figure 16 : Relation PO₄_Ptot eau pour chacune des trois campagnes

Les affluents de la Deyse présentent une concentration élevée en PO₄ par rapport à celle du phosphore total. Ceci signifie que la majorité du phosphore se présente sous forme dissoute.

Or, les résultats des trois campagnes n'étant pas alarmants sur les principaux cours d'eau, c'est-à-dire que la majorité du phosphore est sous forme particulaire, il peut être supposé que le stockage temporel du phosphore est un phénomène très présent dans ces cours d'eau.

Les points de mesure sur la Leyse et le Tillet des campagnes 1 et 3 présentent quant à eux une faible concentration de PO₄ par rapport à celle du phosphore total. Ceci signifie que la majorité du phosphore se présente sous forme particulaire.

Les points situés en dessous de la droite présentent une erreur puisque au mieux la totalité du phosphore total se trouve sous forme minérale.

7.10) Part de pollution urbaine et agricole

Il est intéressant de connaître quelle pollution prédomine entre l'urbain et l'agricole pour chaque point de mesure du BV du lac. La figure 17 illustre la relation entre PO_4 et NH_4 .

Notons que plus le rapport NH_4/PO_4 est élevé, plus la part de la pollution urbaine est élevée par rapport à la part de la pollution agricole. Inversement, plus le rapport NH_4/PO_4 est faible, plus la part de la pollution agricole est élevée par rapport à celle de la pollution urbaine.

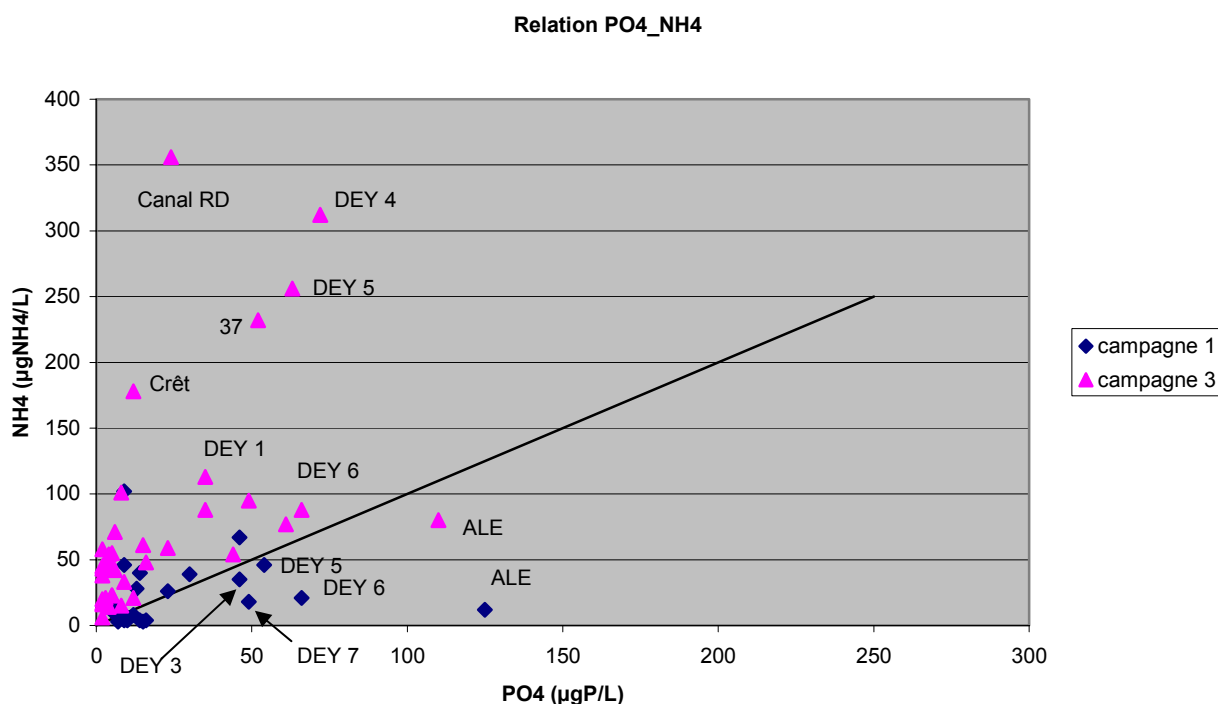


Figure 17 : Graphe illustrant la relation entre PO_4 et NH_4

Par ailleurs, les concentrations en PO_4 étant beaucoup plus élevées pour la campagne 2 que pour les deux autres campagnes, il n'est représenté sur le graphe que les points des campagnes 1 et 3 par soucis de clarté.

Les points situés en dessous de la droite présentent un rapport $\text{NH}_4/\text{PO}_4 < 1$; c'est-à-dire une part de pollution agricole plus élevée que celle de la pollution urbaine. A l'inverse, les points situés en dessus de cette droite présentent une part de pollution urbaine plus élevée par rapport à celle de la pollution agricole.

Ce graphe montre que les points de mesure ont une part de pollution agricole plus élevée par rapport à celle de la pollution urbaine lors de la campagne 1. Ceci en raison de la dernière pluie intervenue 2 jours avant la campagne 1, ce qui a entraîné un lessivage puis le ressuyage des terres agricoles.

Le tableau 24 donne la répartition en trois familles du rapport NH_4/PO_4 sur l'ensemble des points des trois campagnes.

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
$\text{NH}_4/\text{PO}_4 \leq 1$	LEY 1, LEY 3, ALB, HYE, BRU, LEY 5, VAR, LEY 6, MON, SIE 2, DEY 3, ALE , DEY 5, DEY 6, SAV, DEY 7	DEY 3, ALE , UDEP St Félix, Cave, Crêt, Michaud	ALE
$1 < \text{NH}_4/\text{PO}_4 \leq 6$	LEY 2, DOR, LEY 4, MAR , SIE 1, MEU , SIE 3, SIE 4, DEY 2, DEY 4, DEY 8 , TIL	DEY 4, DEY 5, DEY 6, DEY 7, DEY 8 , Dorsan, Gorsy, Baffret , Droise 1, Droise 2, 35, Arsolière, 37 , Tropa, Maclin 1, Maclin 2 , Burnier, Tarency, Pégis, Pontet	Maclin 2, 37 , Michaud, Arsolière, Baffret, DEY 8 , SAV, DEY 7, DEY 6, DEY 5, DEY 4 , DEY 3, DEY 2 , DEY 1, MON, MEU, MAR , BRU, LEY 4
$\text{NH}_4/\text{PO}_4 > 6$	DEY 1	DEY 1 , SAV, UDEP Albens, Vieille Eglise, Canal RD , 32	Crêt, Cave, TIL, SIE 4, SIE 3, SIE 2, SIE 1, LEY 6, VAR, LEY 5, HYE, ALB, LEY 3, DOR, LEY 2, LEY 1, Canal RD

Tableau 24 : Répartition des trois familles du rapport NH_4/PO_4

D'une manière générale, les points de mesure sur la Leyse ont une part de pollution agricole plus élevée que celle de la pollution urbaine lors de la campagne 1. L'inverse est observé pour la campagne 3. Ceci s'explique par l'effet de la pluie sur les sources agricoles lors de la campagne 1 tandis que lors de la campagne 3 les sources agricoles sont tarées et par conséquent l'urbain UDEP devient prédominant.

La part de pollution urbaine sur les points de mesure du Sierroz et du Tillet est plus élevée que celle de la pollution agricole (excepté l'Albenche). Ceci n'a rien d'étonnant puisque ces sous BV sont caractérisés par une forte urbanisation due principalement aux rejets des AA dans le milieu. De plus, il peut être avancé que la forte part de pollution urbaine au point de mesure DEY 1 est une conséquence de la présence du marais de Crosagny situé en amont de ce point.

Quant à l'Albenche, la part élevée de la pollution agricole est probablement due à la coopérative laitière de St Germain-la-Chambotte.

Cependant, il se pose une interrogation pour le point UDEP St Félix de la campagne 2 puisque d'après les résultats, la part de pollution urbaine est plus faible que la part de la pollution agricole alors qu'un résultat inverse était logiquement attendu. Ceci montre les limites d'exploitation du rapport NH_4/PO_4 .

Pour le Tillet, en comparant ces résultats avec la pression en phosphore trouvée en partie 5.3.4, la part de pollution urbaine est prédominante par rapport à celle de l'agricole et provient principalement des AA.

Sur le BV de la Leyse, la campagne 1 est bien caractéristique d'une pression en P agricole plus importante que la pression domestique UDEP.

Quant au BV du Sierroz, la part de la pollution urbaine prédomine sur celle de l'agricole alors que la pression agricole prédomine sur le domestique. **Il est noté une contradiction entre les pressions et les parts de pollution qui peut s'expliquer par une surestimation de la pression agricole due à la prise en compte des flux en P diffus et ponctuel.**

Plus particulièrement, sur la Deyse, la part de la pollution agricole est supérieure à celle de l'urbain. Les pressions le confirment et permettent de préciser qu'il existe une prédominance des AA sur les UDEP.

de l'agriculture. Toutefois il est à noter une pression importante liée aux AA. Ceci peut s'expliquer par la surestimation des flux agricoles.

Sur le Sierroz amont, la part urbaine prédomine sur celle de l'agricole bien que les pressions agricoles et domestiques soient identiques. Comme précédemment, cette différence peut s'expliquer par la surestimation des flux agricoles.

VIII] Propositions pour limiter les sources de phosphore^{14, 15, 17}

Le phosphore d'origine agricole peut être réduit grâce à des actions sur les stocks de phosphore diffus à l'échelle de la parcelle telles que la limitation des apports de phosphore aux besoins de la culture, la réalisation des labours le plus rapidement possible après l'épandage des fertilisants ainsi que la limitation des apports de fertilisants lors des périodes sensibles au ruissellement. De plus, l'aménagement de « dispositifs enherbés » au sein ou à l'aval des parcelles cultivées semblerait être efficace pour réduire le ruissellement diffus et par conséquent le transfert des particules solides. Cependant, l'entretien de ces « dispositifs enherbés », appelés « zones tampons », doit s'effectuer en évitant le traitement phytosanitaire.

Le phosphore d'origine ponctuel tel que le P provenant du lavage dans les bâtiments agricoles et/ou du lavage du matériel de traite peut être réduit grâce à la mise en place de prétraitement ou encore le choix de produits de nettoyage sans phosphates.

Le phosphore d'origine domestique provient principalement des UDEP et des AA. Les actions à mener seraient d'augmenter le rendement en phosphore notamment en intégrant une étape de déphosphatation aux UDEP et d'envisager les possibilités de raccordement sur les réseaux d'assainissement collectifs existants voire de créer de nouveaux réseaux d'assainissement autonomes (fosses toutes eaux + filtre à sable + bacs de dégraissage).

Il est utile de préciser que le ministère de l'écologie et du développement durable a pris la décision d'interdire en France les phosphates dans les lessives domestiques depuis le 1^{er} juillet 2007²¹ afin de diminuer la charge en phosphore à traiter par les UDEP. Cette mesure, s'inscrivant dans les objectifs d'amélioration de la qualité de l'environnement du Grenelle de l'environnement, pourrait s'étendre aux produits de lave-vaisselle et détergents ménagers dans un futur proche.

Bibliographie

1. Site du CISALB. <http://www.cisalb.com>
2. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2003). *La Directive cadre européenne sur l'eau. Une nouvelle ambition pour la politique de l'eau.*
3. Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques.
Disponible sur: <http://aida.ineris.fr/textes/lois/text1064.htm>
4. Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.
Disponible sur: <http://aida.ineris.fr/textes/lois/text0273.htm>
5. Dorioz JM, Quétin Ph, Lazzarotto J, Orand A (2004). *Bilan du Phosphore dans un bassin versant du lac Léman: conséquences pour la détermination de l'origine des flux exportés.* Revue des Sciences de l'Eau **17**(3).pp329-354
6. CORPEN (1998). *Programme d'action pour la maîtrise des rejets de phosphore provenant des activités agricoles.* 85p
7. Office International de l'Eau (juin 2007). *Hydrométrie des cours d'eau. Le métier de jaugeur.* L00907a.
8. CISALB (2007). *Suivi de la qualité des eaux des tributaires du lac du Bourget. Suivi en semi-continu de la Leysse et du Sierroz.* 70p
9. CISALB (2002). *Rapport du Contrat de bassin versant du Lac du Bourget.* 104p.
10. Directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Disponible sur: <http://aida.ineris.fr/textes/directives/text5002.htm>
11. Miquel G. Rapport de l'OPECST n° 2152 (2002-2003). *La qualité de l'eau et assainissement en France. Annexe 81: Les réseaux unitaires.*
Disponible sur: <http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-272.html#toc157>
12. Arrêté du 6 mai 1996 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement non collectif.
Disponible sur: http://aida.ineris.fr/cadre_rech.htm
13. Miquel G. Rapport de l'OPECST n° 2152 (2002-2003). *La qualité de l'eau et assainissement en France. Annexe 84: La réglementation de l'assainissement non collectif.*
Disponible sur : <http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-275.html#toc163>
14. CISALB et Chambre d'Agriculture de la Savoie (2000). *Contrat de bassin versant du lac du Bourget. Etudes préliminaires. Diagnostic agricole en vue d'une opération coordonnée sur le bassin versant du lac du Bourget.* 176p
15. Communauté de Communes du Lac d'Aiguebelette (mai 2007) *Bilan et perspectives du contrat de bassin versant du lac d'Aiguebelette. Lot N°1. Etude de la qualité des cours d'eau et quantification des apports de phosphore au lac d'Aiguebelette. Rapport tome 1. Seconde phase.* pp68-188.

- 16.** Dorioz JM, Orand A, Pilleboue E, Blanc P (1990). *Prélèvement et échantillonnage dans les petits bassins versants ruraux*. 28p
- 17.** Dorioz JM et Trevisan D (décembre 2001). *Transferts de Phosphore des bassins versants agricoles vers les eaux de surface : l'expérience du bassin Lémanique (France) et sa portée générale*. Revue Agrosol. **12**(2).pp85-97
- 18.** Moreau S (2002). *Valorisation des données relatives aux suivis (RNB et DIREN) de la qualité des eaux des bassins versants bretons. Chapitre I : dynamique du Phosphore pp12-52 et chapitre IV : Etudes des nitrates en fonction de l'hydrologie*. pp86-170.
Disponible sur :
http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/eau/Publications/Etudes/PDF/Valorisation_Donnees.pdf
- 19.** Dorioz JM, Pilleboue E, Ferhi A (1989). *Dynamique du phosphore dans les bassins versants : importance des phénomènes de rétention dans les sédiments*. Wat.Res. **23**(2).pp147-158
- 20.** Lazzaroto J, Dominik J, Dorioz J.M (2008?). *Spéciations et biodisponibilité du phosphore particulaire dans les sédiments et suspensions dans le milieu aquatique continental*. 19p
- 21.** Décret n° 2007-491 du 29 mars 2007 relatif à l'interdiction des phosphates dans certains détergents.
Disponible sur:
http://aida.ineris.fr/sommaires_textes/sommaire_chronologique/cadre_chronologique.htm

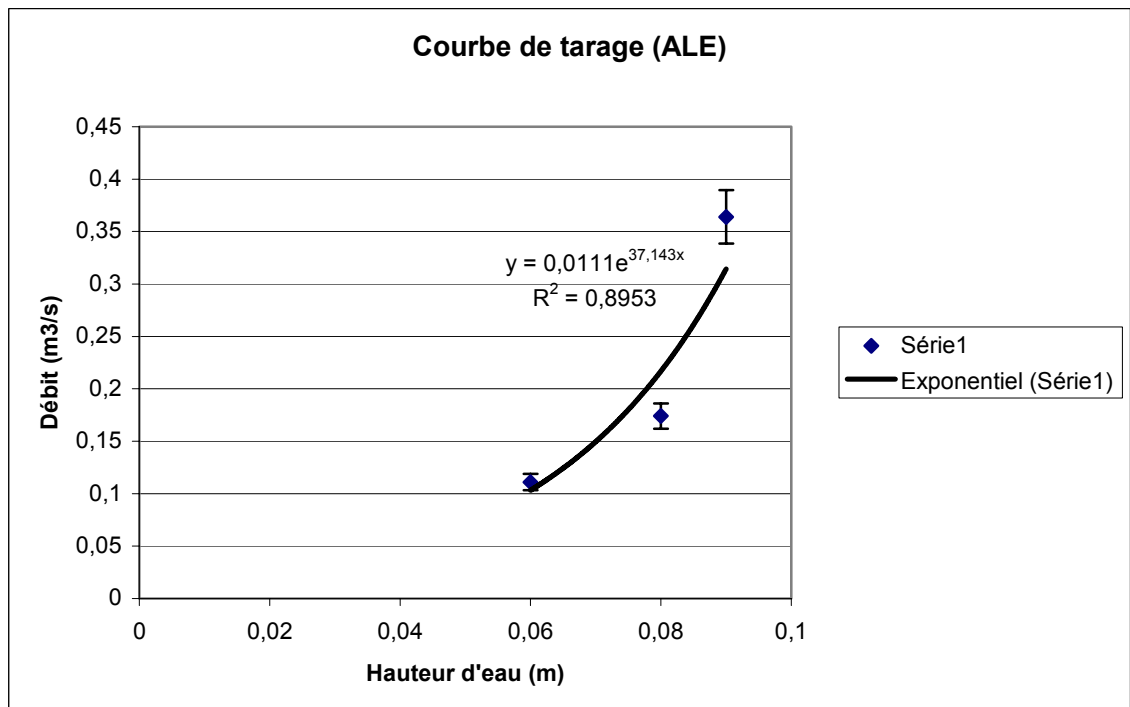
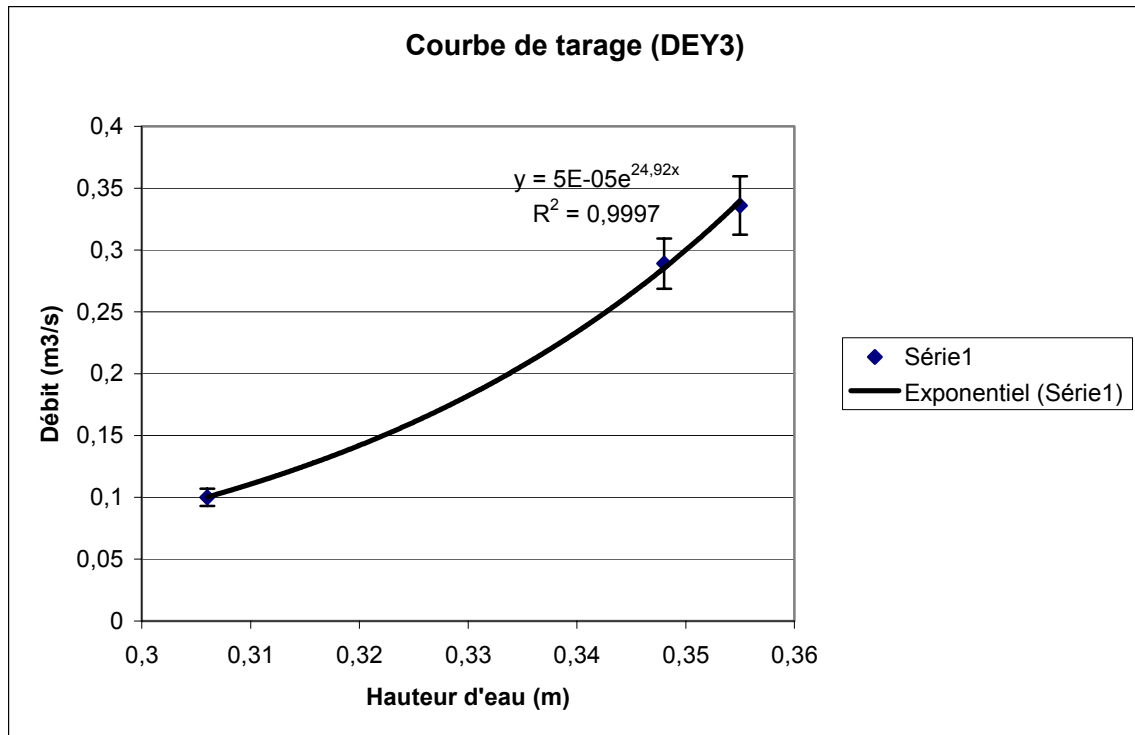
Annexe 1: Abréviation et nom des cours d'eau

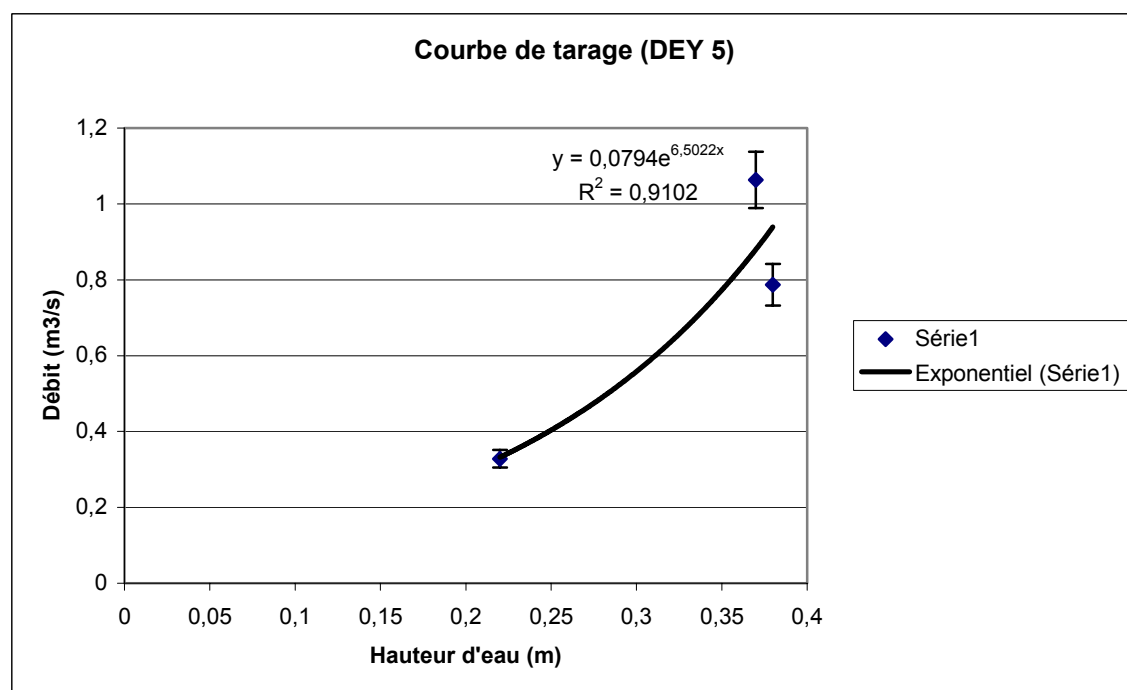
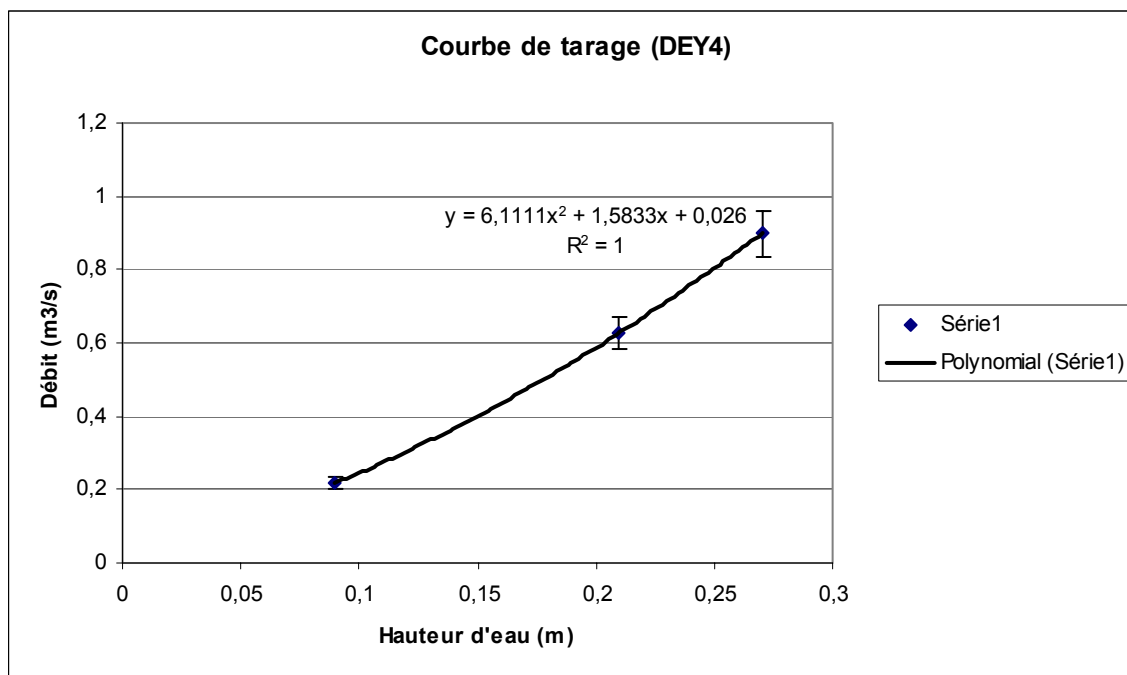
Abréviation	Nom réel du cours d'eau
LEY	Leysse
SIE	Sierroz
DEY	Deysse
TIL	Tillet
MON	Monderesse
MEU	Meunaz
ALE	Albenche
SAV	Savigny
DOR	Doriaz
ALB	Albanne
HYE	Hyère
BRU	Nant Bruyant
MAR	Ruisseau des Marais
VAR	Nant Varon

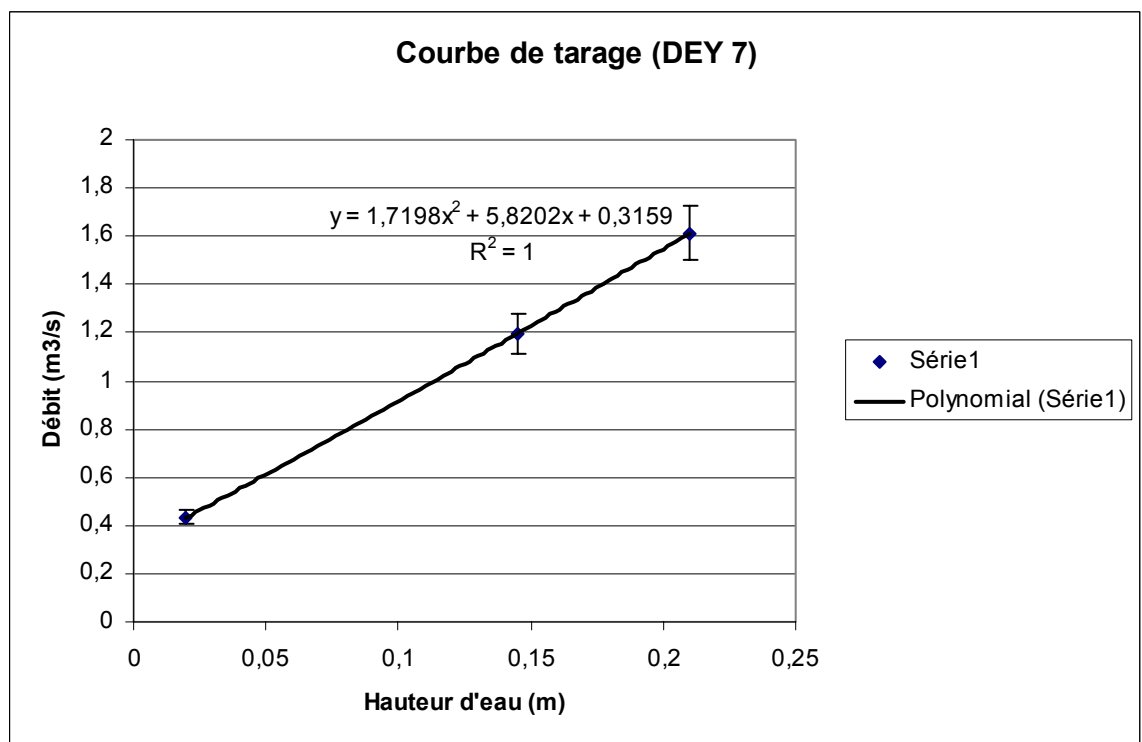
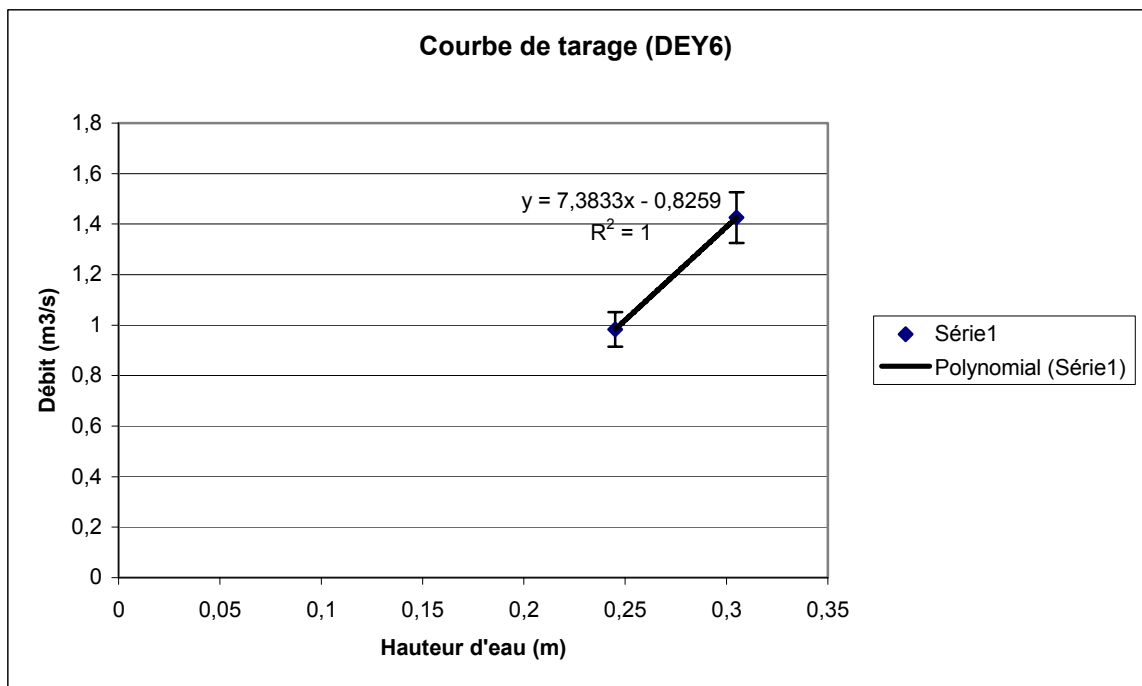
Annexe 2 : Répartition des communes par point de mesure

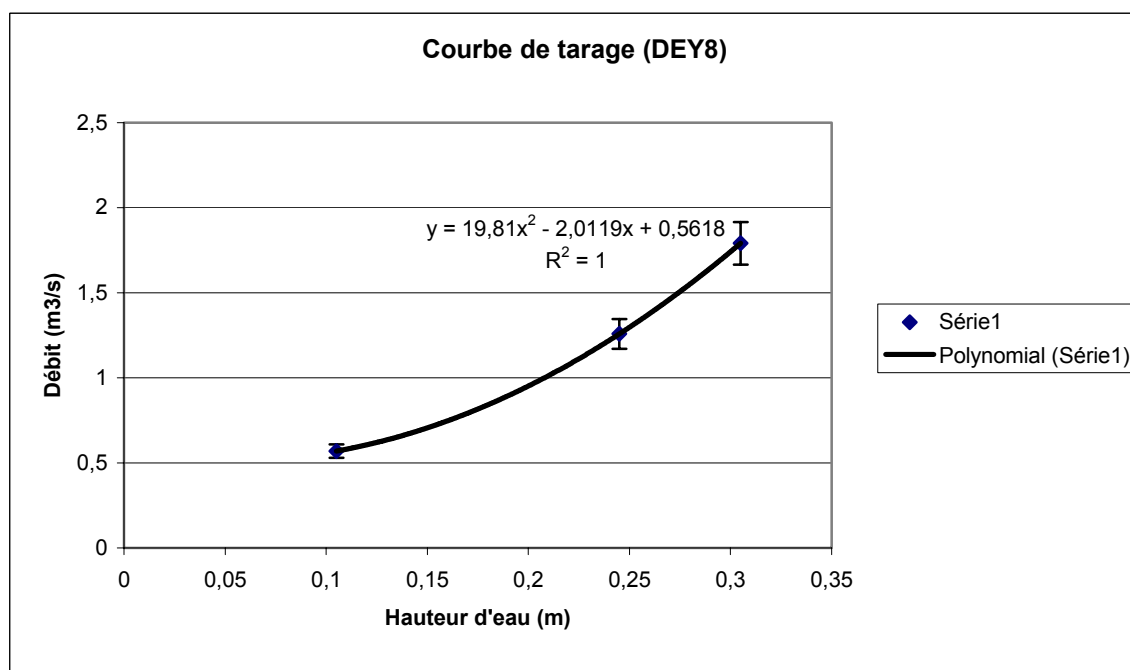
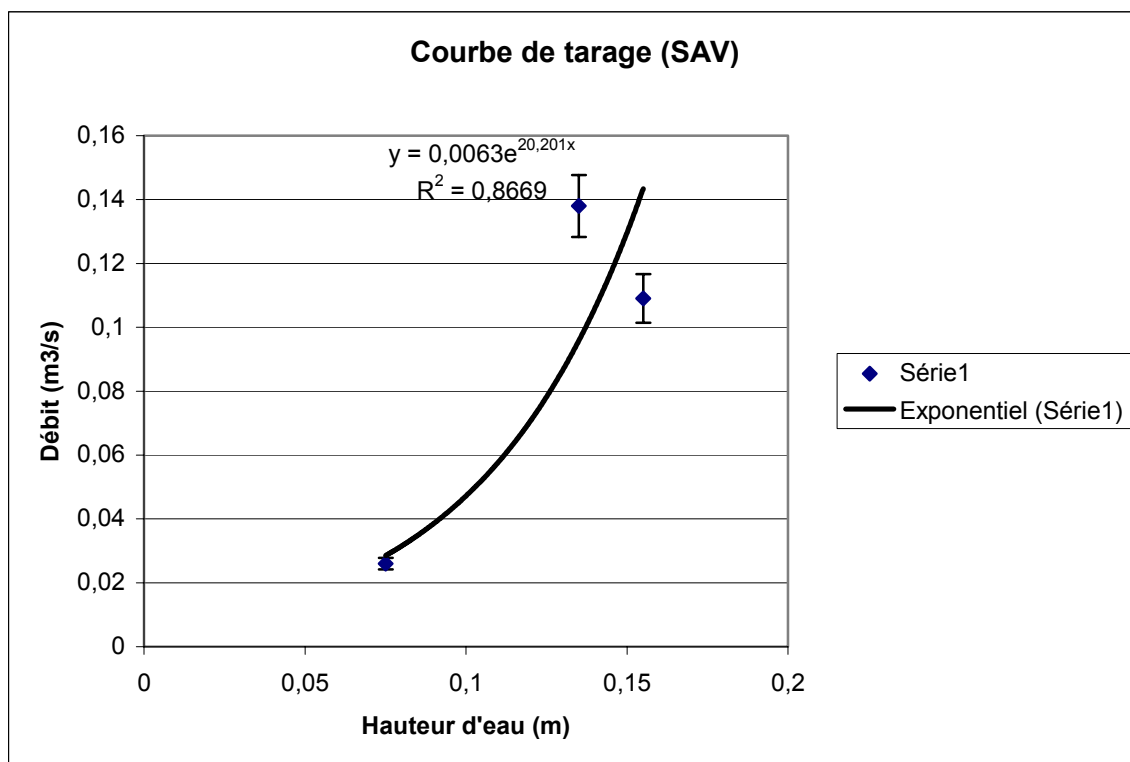
Point de mesure	Communes
DEY 1	Bloye (40%), Albens (10%), St Félix (50%)
DEY 2	Bloye (40%), Albens (40%), St Félix
DEY 3	Bloye (40%), Albens (40%), St Félix
DEY 4	Bloye (40%), Albens (50%), St Félix, St Girod (90%), Chainaz-les-Frasses
ALE	St Germain-la-Chambotte, Cessens (20%), Albens (50%)
DEY 5	Bloye (40%), Albens (90%), St Félix, St Girod, Chainaz-les-Frasses, St Germain-la-Chambotte, Cessens (20%)
DEY 6	Bloye (40%), Albens, St Félix, La Biolle (30%), St Girod, Chainaz-les-Frasses, St Germain-la-Chambotte, Cessens (20%), Mognard
DEY 7	Bloye (40%), Albens, St Félix, La Biolle (40%), St Girod, Chainaz-les-Frasses, St Germain-la-Chambotte, Cessens (20%), Mognard, Epersy (50%)
SAV	La Biolle (50%)
DEY 8	Bloye (40%), Albens, St Félix, La Biolle, St Girod, Chainaz-les-Frasses, St Germain-la-Chambotte, Cessens (20%), Mognard, Epersy (50%), Grésy-sur-Aix (20%)
SIE 1	St Offenge-dessus, le Montcel (80%)
MON	St Ours, St Offenge-dessous
SIE 2	Epersy (30%), Le Montcel (90%), St Ours, St Offenge-dessus, St Offenge-dessous
MEU	Trévignin (50%), Le Montcel (10%)
SIE 3	Epersy (50%), Le Montcel, St Ours, St Offenge-dessus, St Offenge-dessous, Trévignin (50%), Grésy-sur-Aix (30%)
SIE 4	Epersy, Le Montcel, St Ours, St Offenge-dessus, St Offenge-dessous, Trévignin, Grésy-sur-Aix, Bloye (40%), Albens, St Félix, La Biolle, St Girod, Chainaz-les-Frasses, St Germain-la-Chambotte, Cessens (20%), Mognard, Pugny-Chatenod (50%)
TIL	Méry, Sonnaz, Viviers-du-Lac (40%), Drumettaz-Clarafond, Mouxy (50%), Tresserve(30%)
LEY 1	Les Déserts
DOR	St Jean-d'Arvey (40%)
LEY 2	Les Déserts, St Jean-d'Arvey (60%), Thoiry, Puygros, Curienne, La Thuile
ALB	St Baldoph, Apremont, Barberaz, La Ravoire, Barby, Challes-les-Eaux, St Jeoire-Prieuré
LEY 3	St Alban-Leyse, Les Déserts, St Jean-d'Arvey, Thoiry, Puygros, Curienne, La Thuile
HYE	Cognin, Vimines, St Cassin, Montagnole, St Thibaud-de-Couz, St Jean-de-Couz (50%), Jacob-Bellecombette (50%)
LEY 4	Bassens, St Alban-Leyse, Les Déserts, St Jean-d'Arvey, Thoiry, Puygros, Curienne, La Thuile, Chambéry (20%), Vérel-Pragondran, St Baldoph, Apremont, Barberaz, La Ravoire, Barby, Challes-les-Eaux, St Jeoire-Prieuré, Jacob-Bellecombette (50%)
BRU	La Motte-Servolex (50%), St Sulpice
MAR	Chambéry (30%), La Motte-Servolex (50%)
LEY 5	Bassens, St Alban-Leyse, Les Déserts, St Jean-d'Arvey, Thoiry, Puygros, Curienne, La Thuile, Chambéry (20%), Vérel-Pragondran, St Baldoph, Apremont, Barberaz, La Ravoire, Barby, Challes-les-Eaux, St Jeoire-Prieuré, Jacob-Bellecombette, Cognin, Vimines, St Cassin, Montagnole, St Thibaud-de-Couz, St Jean-de-Couz (50%)
VAR	Le Bourget-du-Lac (80%)
LEY 6	Le Bourget-du-Lac, Bassens, St Alban-Leyse, Les Déserts, St Jean-d'Arvey, Thoiry, Puygros, Curienne, La Thuile, Chambéry (50%), Vérel-Pragondran, St Baldoph, Apremont, Barberaz, La Ravoire, Barby, Challes-les-Eaux, St Jeoire-Prieuré, Jacob-Bellecombette, Cognin, Vimines, St Cassin, Montagnole, St Thibaud-de-Couz, St Jean-de-Couz (50%), La Motte-Servolex, St Sulpice

Annexe 3 : Courbes de tarage

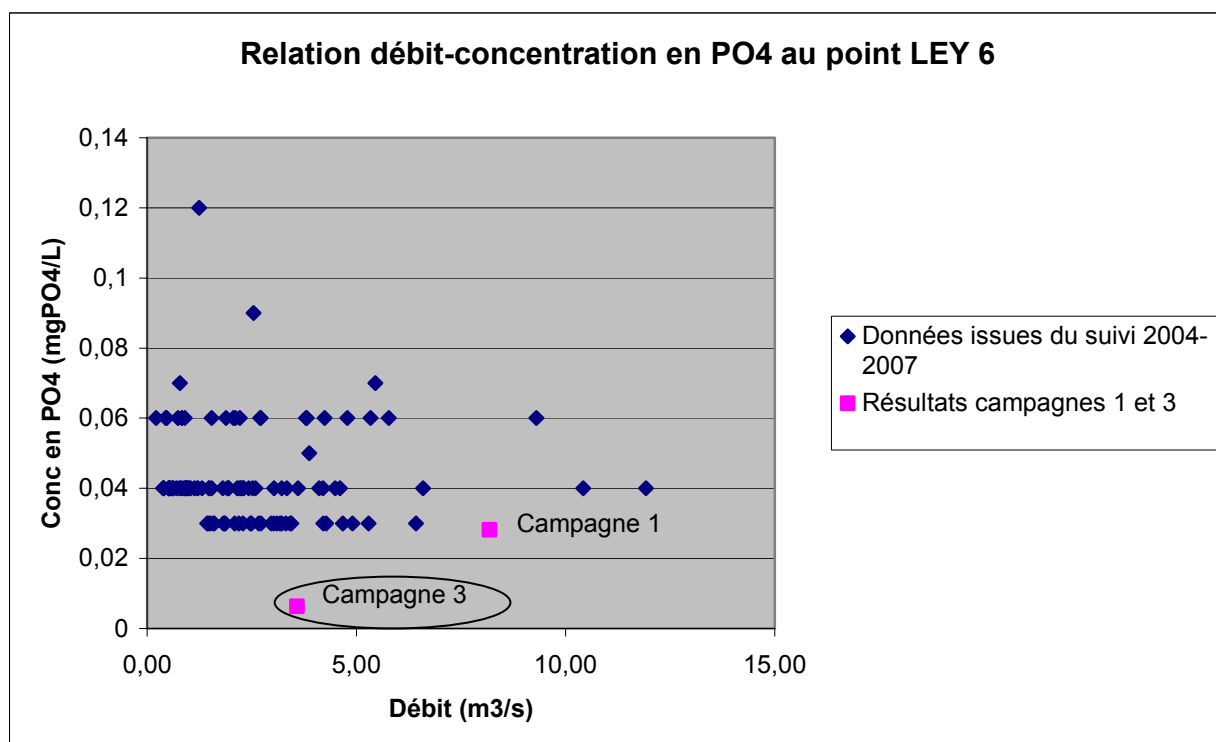
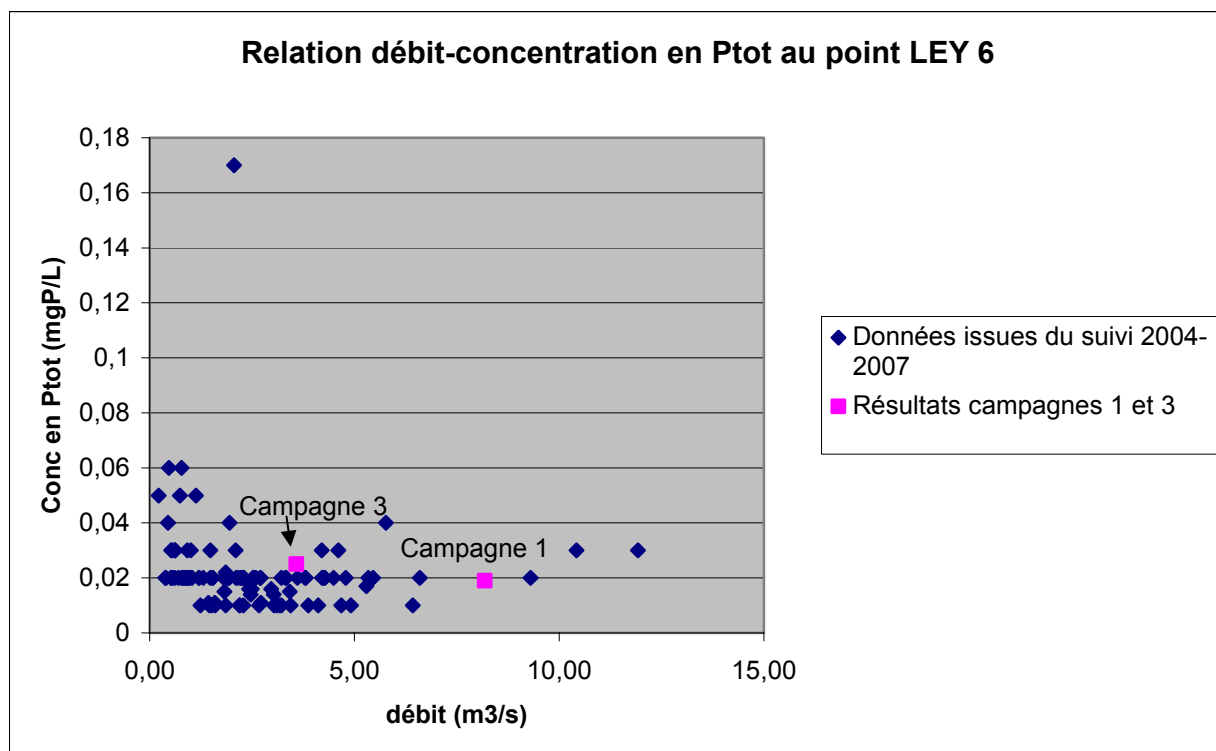




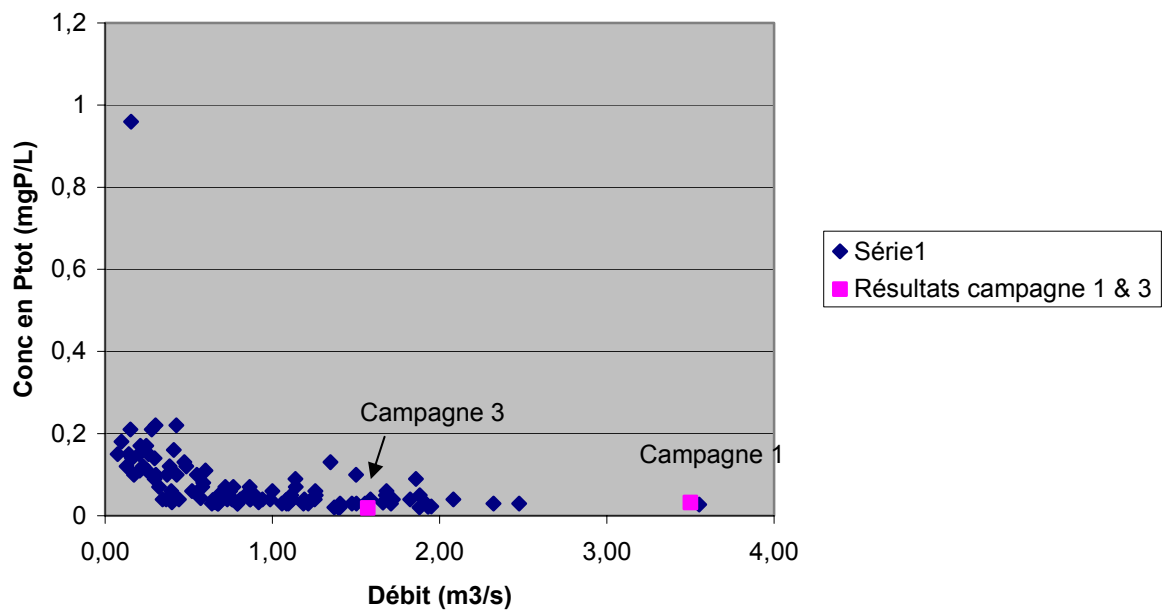




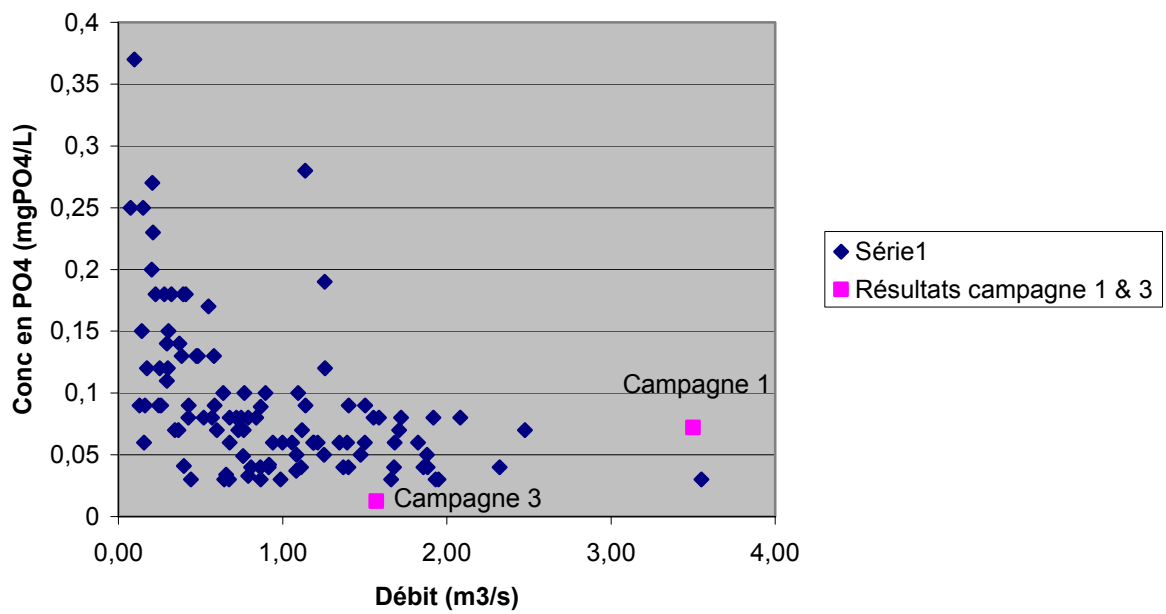
Annexe 4 : Relation Ptot_débit et PO₄_débit aux points à l'embouchure des tributaires



Relation débit-concentration en Ptot au point SIE 4

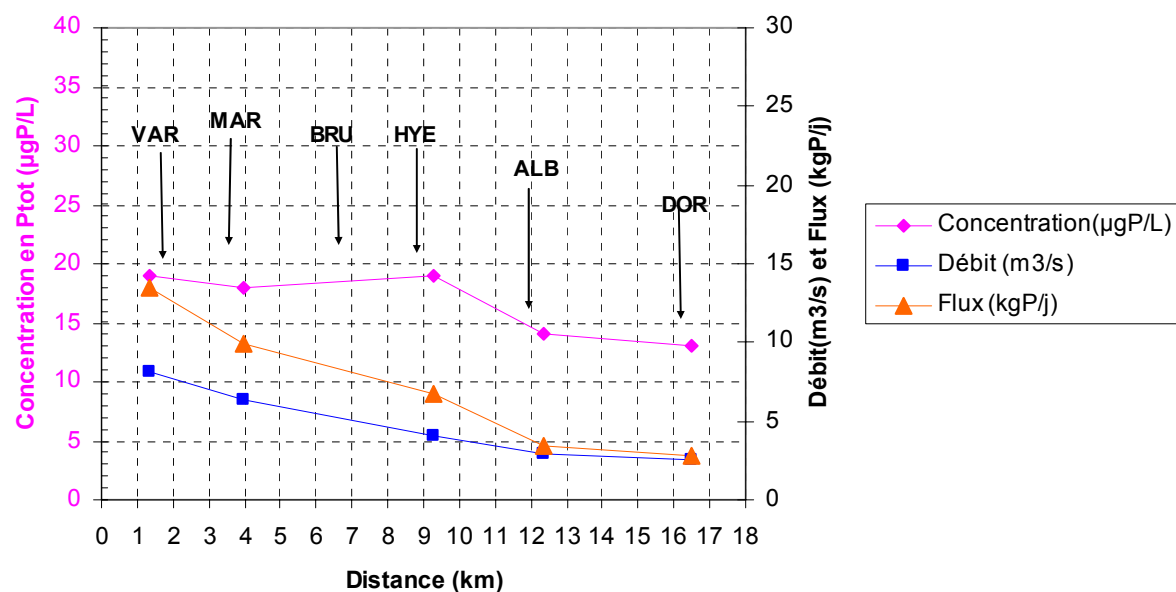


Relation débit-concentration en PO4 au point SIE 4

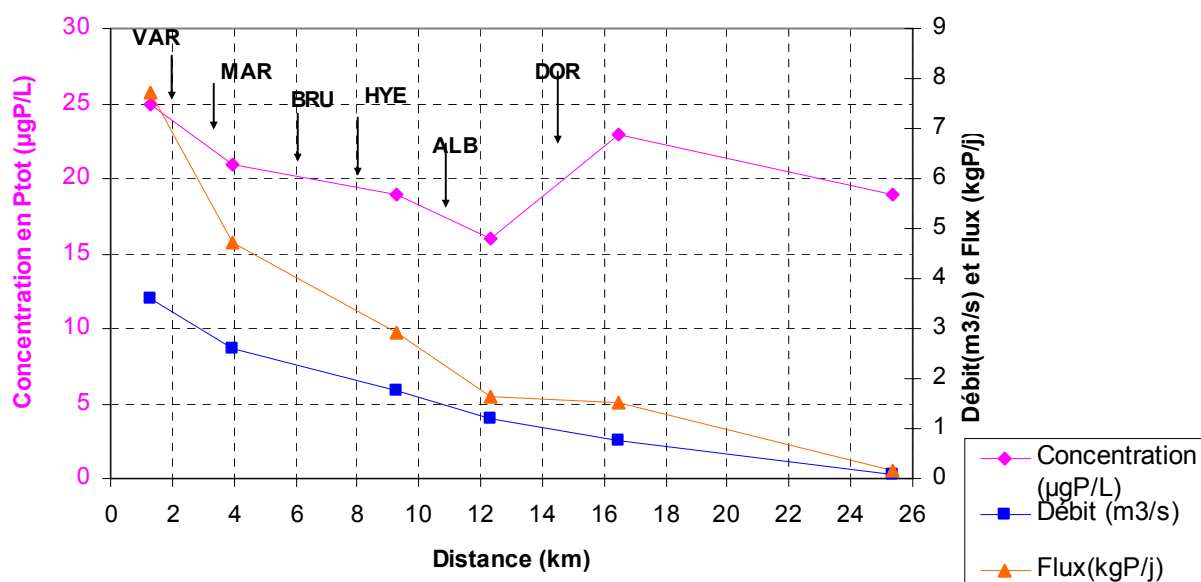


Annexe 5 : Profils en long

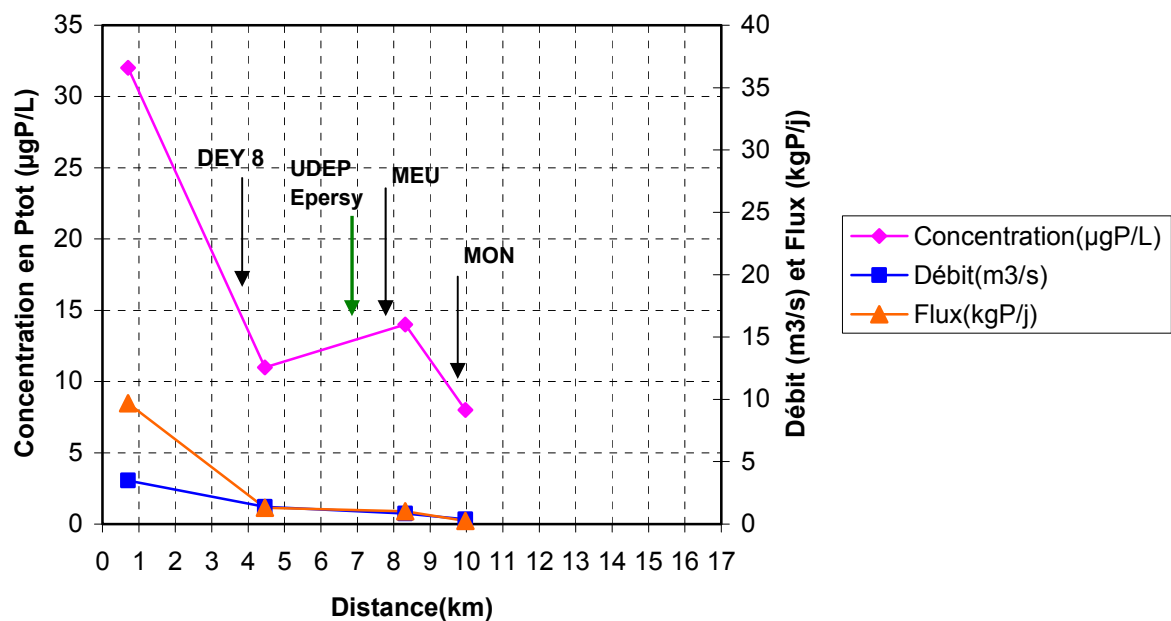
Profil en long Laysse (campagne 1)



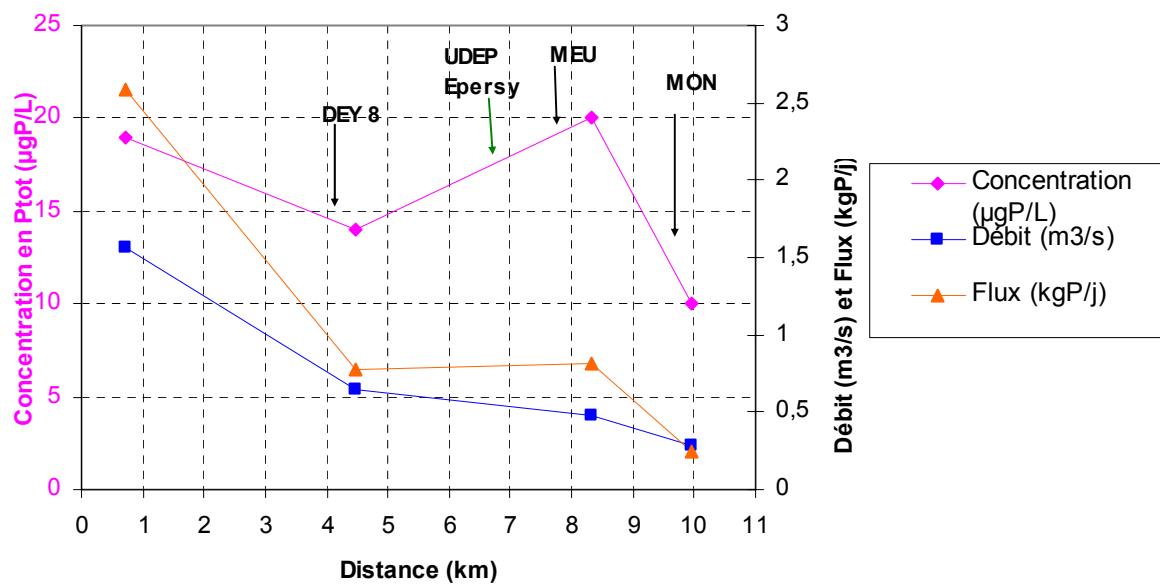
Profil en long Laysse (Campagne 3)



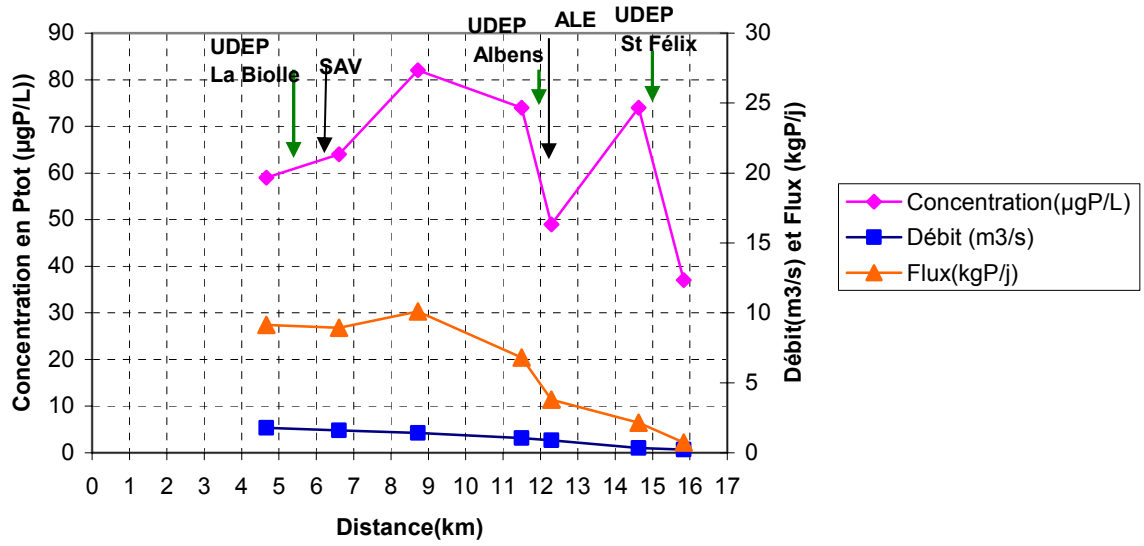
Profil en long Sierroz (Campagne1)



Profil en long Sierroz (campagne 3)



Profil en long Deysse (Campagne1)



Profil en long Deysse (campagne 3)

