355 DA4
Projet de restauration du réservoir Beaudet à Victoriaville
6211-02-139

Sources de sédiments dans un réservoir d'eau potable par la technique de traçage de sédiments

Mémoire

Christina Lachance

Maîtrise en génie des eaux
Maître ès sciences (M. Sc.)

Québec, Canada

© Christina Lachance, 2017

Sources de sédiments dans un réservoir d'eau potable par la technique de traçage de sédiments

Mémoire

Christina Lachance

Sous la direction de :

Geneviève Pelletier, directrice de recherche

Résumé

La Ville de Victoriaville fait face à des problèmes d'ensablement du réservoir Beaudet, source d'eau potable pour la moitié de ses habitants. En collaboration avec Agriculture et Agroalimentaire Canada ainsi qu'avec l'University of Manitoba, une étude de traçage des sédiments a été mise sur pied afin d'évaluer la contribution de différentes sources de sédiments à la problématique. En comparant les propriétés physiques et géochimiques des particules, la technique de traçage permet d'estimer la contribution des sources de sédiments, soit les sols forestiers, les sols agricoles et les berges de rivière dans le bassin versant de la rivière Bulstrode, à la charge sédimentaire en suspension. L'analyse spatiale de la taille des particules indique que les sédiments des sources et en suspension sont de plus en plus fins en allant de l'amont vers l'aval du bassin versant. L'analyse temporelle de la taille des particules montre, quant à elle, que le transport des sédiments varie en fonction des saisons étudiées, soit le printemps et l'automne. L'empreinte des sédiments nécessaire à l'estimation de la contribution des différentes sources est composée du radionucléide ^{137}on et des coefficients de couleur x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G et B. Aucun élément géochimique n'a été retenu dans la suite finale des traceurs. La modélisation par la méthode de Monte Carlo par chaînes de Markov réalisée à partir de ces traceurs indique que la source majeure des sédiments en suspension passe des sols forestiers à l'amont du bassin versant aux berges de rivière à l'embouchure de la rivière Bulstrode. À cet endroit, les berges de rivière contribuent à entre 75.7 et 86.9 % de la charge sédimentaire échantillonnée et représentent donc la source principale de sédiments dans la problématique d'ensablement du réservoir Beaudet. Des mesures de contrôle de l'apport de sédiments au cours d'eau sont cependant recommandées pour l'ensemble du bassin versant, en fonction des sources prédominantes dans chaque secteur étudié.

Abstract

The city of Victoriaville faces sedimentation problems in Beaudet reservoir, the drinking water source for half of town's population. A sediment fingerprinting study has been launched in collaboration with Agriculture and AgriFood Canada and University of Manitoba. Comparing the particles' physical and geochemical properties, a fingerprinting technique can estimate the contribution of each sediment source - forested fields, agricultural fields and streambanks - in Bulstrode river watershed case, to the suspended sediment load. Particle size spatial analysis indicates that source particles and suspended sediment become finer moving downstream in the watershed. Particle size temporal analysis indicates that sediment transport changes according to the season, here spring and fall. The sediment fingerprint used to estimate the source contributions comprises radionuclide ^{137}Cs and color coefficients x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G and B. No geochemical element has been kept in the final sediment fingerprint. MonteCarlo Markov chain modeling based on that fingerprint shows that the major sediment source is forested soils in the upstream part of the watershed and switches to river banks at the Bulstrode river outlet. At that location, streambanks represents 75.7 to 86.9 % of the sampled suspended load and are therefore the main sediment source in the sedimentation problems occurring at the Beaudet reservoir. Sediment control practices are however recommended to be implemented all across the watershed, based on the major sources identified at each site.

Table des matières

Résumé iii
Abstract iv
Liste des tableaux vii
Liste des figures viii
Liste des abréviations x
Liste des annexes xi
Remerciements xii
1. Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Objectifs de l'étude 2
2. État des connaissances 3
2.1 Techniques de traçage des sédiments 3
2.1.1 Radionucléides 5
2.1.2 Couleur 7
2.1.3 Géochimie 8
2.1.4 Taille des particules 9
2.2 Analyses statistiques et modèles mixtes 10
3. Zone à l'étude 13
3.1 Réservoir Beaudet 13
3.2 Caractéristiques du bassin versant 16
3.2.1 Rivière l'Abbé 17
3.2.2 Rivière Gobeil 18
3.2.3 Rivière du Huit 19
3.2.4 Rivière Bulstrode 20
4. Méthodologie 27
4.1 Échantillonnage sur le terrain 27
4.1.1 Choix des sites 28
4.1.2 Sédiments en suspension 35
4.1.3 Berges de rivière 39
4.1.4 Sols et dépôts de rivière 40
4.1.5 Lit de rivière 42
4.2 Analyses statistiques 42
4.3 Modèle mixte 44
5. Résultats et discussion 47
5.1 Hydrologie 47

5.2 Taille des particules 49
5.2.1 Analyse spatiale 50
5.2.2 Analyse temporelle 63
5.3 Radionucléide – ^{137}Cs 70
5.4 Géochimie 71
5.5 Couleur 74
5.6 Choix de l'empreinte 79
5.7 Modélisation 85
5.8 Recommandations 91
5.9 Limites de l'étude 93
6. Conclusion 95
7. Bibliographie 98

Liste des tableaux

Tableau 1 Évolution de la capacité du réservoir Beaudet 14

Tableau 2 Nombre de points d'échantillonnage selon les unités physiographiques et l'occupation du territoire 35

Tableau 3 Dates et durées des campagnes d'échantillonnage en rivière 38

Tableau 4 Données considérées dans la modélisation de chaque site 45

Tableau 5 Campagnes considérées dans le calcul des moyennes des distributions granulométriques 67

Tableau 6 Valeurs de p des traceurs retenus..... 81

Tableau 7 Résultats de l'analyse discriminante 82

Liste des figures

Figure 1 Processus de transport des sédiments (adapté de Stream and Watershed restoration, 2006) 3

Figure 2 Localisation du réservoir Beaudet (adaptée de Lemay + DAA, 2015)..... 13

Figure 3 Limites du bassin versant à l'étude (adapté de Couture, 2011) 16

Figure 4 Bassin versant de la rivière l'Abbé (Couture, 2013b) 17

Figure 5 Bassin versant de la rivière Gobeil (Couture, 2013b) 18

Figure 6 Bassin versant de la rivière du Huit (Couture, 2013b) 19

Figure 7 Unités physiographiques du bassin versant..... 20

Figure 8 Occupation du territoire à l'étude (adapté de Couture, 2013b)..... 22

Figure 9 Localisation des barrages..... 24

Figure 10 Position des types d'échantillons 28

Figure 11 Localisation des sites d'échantillonnage en rivière..... 30

Figure 12 Profil type de berge en érosion..... 32

Figure 13 Dépôts alluvionnaires types 34

Figure 14 Schéma d'un échantillonneur à sédiments en suspension 36

Figure 15 Trappe à sédiments installée en rivière 37

Figure 16 Profil de berges échantillonné..... 40

Figure 17 Concept de modélisation par "sources à l'amont" (adapté de Boudreault, 2016)..... 45

Figure 18 Débits de la rivière Bulstrode à l'entrée du réservoir - Automne..... 48

Figure 19 Débits de la rivière Bulstrode à l'entrée du réservoir - Printemps 49

Figure 20 Distributions granulométriques des sédiments en suspension..... 53

Figure 21 Profil longitudinal des fractions granulométriques des sédiments en suspension..... 53

Figure 22 Distributions granulométriques des échantillons de lit de rivière 55

Figure 23 Profil longitudinal des fractions granulométriques des échantillons de lit de rivière 55

Figure 24 Distributions granulométriques des sols agricoles et forestiers 57

Figure 25 Profil longitudinal des fractions granulométriques des sols agricoles et forestiers 57

Figure 26 Distributions granulométriques des berges de rivière 59

Figure 27 Profil longitudinal des fractions granulométriques des berges de rivière 59

Figure 28 Distributions granulométriques des dépôts alluvionnaires 61

Figure 29 Profil longitudinal des fractions granulométriques des dépôts de rivière 61

Figure 30 Distributions granulométriques des sédiments en suspension - Printemps..... 65

Figure 31 Distributions granulométriques des sédiments en suspension - Automne 65

Figure 32 Distributions granulométriques du lit de la rivière - Printemps..... 68

Figure 33 Distributions granulométriques du lit de la rivière - Automne 68

Figure 34 Concentrations en ^{137}Cs..... 70

Figure 35 Concentrations en Cd, Co, Mg, Ni, P et Pb 73

Figure 36 Distributions des coefficients de couleur x, y, X, Y, Z et L..... 75

Figure 37 Distributions des coefficients de couleur b, v, c, h, RI et R 76

Figure 38 Distributions des coefficients de couleur G et B 77

Figure 39 Analyse discriminante sur les données standardisées 83

Figure 40 Contributions des sources aux sédiments en suspension pour les sous bassins versants..... 86

Figure 41 Contributions des sources aux sédiments en suspension dans la rivière Busltrode 87

Liste des abréviations

ANOVA	Analysis of variance
Be	Béryllium
BEGe	Broad Energy Germanium
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec
Cs	Césium
GPS	Global Positioning System
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry
ICP-OES	Inductivelycoupled plasma optical emission spectrometry
MCMC	Méthode de Monte-Carlo par chaînes de Markov
N	Azote
$Na_4P_2O_7$	Pyrophosphate de sodium
Pb	Plomb
SIAR	Stable isotopes analysis in R

Liste des annexes

Annexe A : Méthodes

Annexe B : Climat

Annexe C : Données brutes

Annexe D : Diagrammes à moustaches

Annexe E : Analyses statistiques

Annexe F : Fichiers MixSiar

Annexe G : Graphiques *isospace*

Annexe H : Résultats bruts et paramètres de modélisation

Remerciements

Ce projet aurait pu connaitre un sort différent sans l'aide et le support de nombreuses personnes au cours des trois dernières années. Je tiens d'abord à remercier sincèrement ma directrice de recherche, Geneviève Pelletier. Superviseure et conseillère académique, elle s'est également avérée une confidente précieuse et une amie. Merci du plus profond de mon coeur. L'aide et le support de toute l'équipe d'Agriculture et Agroalimentaire Canada est également à souligner. Merci à François Chrétien et Georges Thériault pour leurs contributions tout au long du projet. Leurs précieux conseils et nombreuses interventions m'ont remise à maintes reprises sur la bonne voie et m'ont permis d'approfondir plusieurs aspects de mon projet. Je remercie également Nadia Goussard, Patrick Gagnon, Jonathan Robidoux, Charles Beauparlant, Marie-Pierre Kavutse et Louis Renaud pour leur aide sur le terrain et au laboratoire. Je tiens à remercier Dr. David A. Lobb, conseiller scientifique principal à Winnipeg, de m'avoir intégré à son groupe de travail sur le traçage de sédiments. Les échanges avec Dr. Lobb et son équipe ont sans aucun doute contribué à la réussite de ce projet. Merci à Eva Slavicek, Monica Boudreault, Melody Caron, Brendan Brooks, Meagan Betts et Alex J. Koiter, qui ont participé aux analyses de mes échantillons et qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre.

Je remercie mes amis et ma famille qui ont su m'encourager dans les moments angoissants et difficiles. Merci aux Émeraudes d'avoir su me divertir aux moments opportuns et apporter l'équilibre dans le tourbillon qu'a représenté ce travail de longue haleine. Merci Gabriel pour ta patience et tes encouragements si précieux en fin de parcours.

Enfin, je remercie Agriculture et Agro-alimentaire Canada, le CRSNG et le FQR-NT pour le financement accordé au projet.

1. Introduction

1.1 Mise en contexte

La protection des sources d'eau potable a toujours été primordiale mais a fait l'objet d'une attention particulière au cours des dernières années. Des événements comme la tragédie de Lac-Mégantic en 2013 et le déversement médiatisé d'eaux usées dans le fleuve Saint-Laurent à Montréal en 2015 ont éveillé la conscience des gens à l'importance de protéger cette ressource vulnérable. Divers éléments peuvent représenter une source de pollution pour l'eau potable, allant d'un produit chimique toxique à une bactérie, en passant par les algues bleu-vert (FEPS, 2016).

Les sédiments en suspension ont longtemps été seulement considérés du point de vue ingénierie, dans des contextes d'ensablement de réservoirs ou de canaux et la perte de capacité qui en découle. Il est maintenant reconnu que les sédiments en suspension peuvent représenter une source de contaminants importante. En effet, ils peuvent transporter du phosphore, des métaux et certains contaminants organiques (Larsen et al., 2010) et ainsi influer sur la qualité de l'eau.

Le réservoir d'eau potable de la ville de Victoriaville, construit à même la rivière Bulstrode, s'ensable graduellement depuis sa construction. Malgré que la sédimentation fasse partie de l'évolution naturelle d'un réservoir (Morris et Fan, 1998), la perte de capacité du réservoir Beaudet et l'impact potentiel des sédiments en suspension sur la qualité de l'eau préoccupent les dirigeants de la Ville. Depuis quelques années, diverses études ont donc été entreprises afin de vérifier les interventions possibles au réservoir Beaudet. Ces études ciblent davantage les travaux nécessaires à la réhabilitation du réservoir. Quelques études s'attardent cependant aux activités du bassin versant qui peuvent générer des sédiments en suspension dans la rivière Bulstrode et ses tributaires. Les travaux de réhabilitation proposés permettront d'amener une solution à court terme et ainsi, de rétablir la capacité du réservoir. Ce sont cependant les études concernant les sources de sédiments qui vont permettre à la Ville de Victoriaville d'implanter des mesures durables pour la préservation de l'intégrité de la ressource.

1.2 Objectifs de l'étude

Dans le contexte d'ensablement du réservoir Beaudet, les dirigeants de la Ville de Victoriaville sont intéressés à connaître les diverses sources de sédiments dans le bassin versant de la rivière Bulstrode et de ses tributaires. En collaboration avec l'équipe de Gestion de l'eau en milieu agricole d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, la présente étude a donc pour but d'identifier les sources principales de sédiments au réservoir Beaudet et de quantifier leur importance relative dans la problématique. Puisque les activités agricoles du bassin versant sont davantage montrées du doigt par les citoyens, leur contribution dans la charge sédimentaire sera notamment étudiée. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un vaste projet mené par Agriculture Canada concernant les pratiques de gestion bénéfiques en agriculture. Différents sites et techniques sont étudiés afin de mieux contrôler l'apport de sédiments dans les cours d'eau.

Afin d'atteindre les objectifs visés, la technique de traçage de sédiments a été ciblée. Celle-ci ayant été relativement peu utilisée au pays, l'application de la méthode de traçage des sédiments sera également étudiée dans le contexte agro-environnemental québécois. Cette étude aidera donc à valider si la technique de traçage de sédiments peut être utilisée efficacement afin d'orienter la prise de décision en milieu agricole.

2. État des connaissances

La revue de littérature aborde les principes de la technique de traçage de sédiments, les différentes propriétés utilisées dans le cadre de cette étude ainsi que les analyses statistiques et les principes de modélisation pertinents.

2.1 Techniques de traçage des sédiments

La technique de traçage de sédiments, aussi appelée *sediment fingerprinting*, est la méthode choisie pour identifier les sources de sédiments au réservoir Beaudet et évaluer leur contribution à la charge sédimentaire. Les processus de transport de sédiments sont d'ailleurs résumés à la Figure 1. Les sédiments en suspension dans la colonne d'eau, provenant de diverses sources à proximité du cours d'eau, sont transportés avec l'écoulement. Le lit de rivière est composé des sédiments en suspension qui se déposent lorsque la force de l'écoulement n'est plus suffisante pour le transport. Les particules du lit de la rivière peuvent cependant être déplacées de manière continue ou sporadique par un écoulement localement assez puissant.

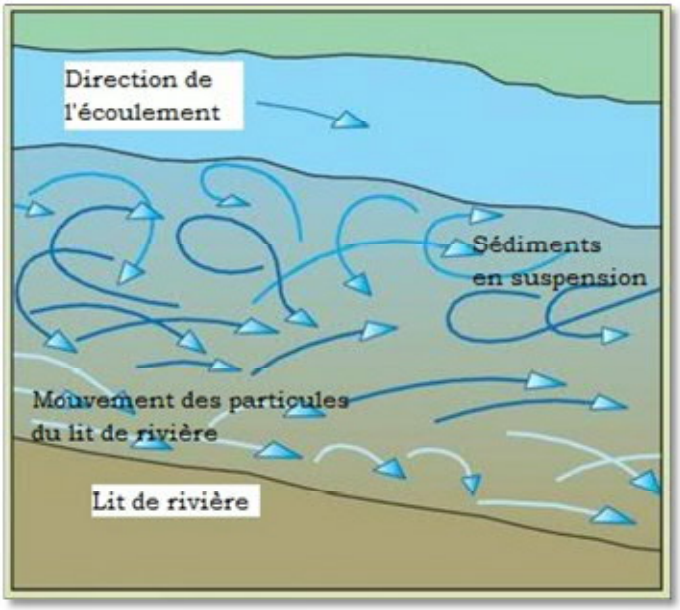


Figure 1 Processus de transport des sédiments (adapté de Stream and Watershed restoration, 2006)

De manière générale, la technique de traçage des sédiments repose sur le principe de comparaison des propriétés entre les particules de sols provenant de diverses sources et les sédiments en suspension récoltés dans le cours d'eau.

D'abord envisagée, l'utilisation d'une seule propriété physique ou chimique universelle capable de distinguer les différentes sources de sédiments s'est avérée difficile (Walling, 2005). En effet, plusieurs variables dans le bassin versant ont un impact sur la biogéochimie des particules de matériel susceptibles de se retrouver dans le cours d'eau. La nature de la roche-mère, le climat, l'utilisation historique et actuelle du territoire et la physiographie, entre autres, peuvent influencer les propriétés des particules (Davis et Fox, 2009). La variabilité de ces paramètres dans un même bassin versant, ou d'un bassin à l'autre, rend donc ardue l'utilisation d'un traceur unique. Les combinaisons de plusieurs propriétés forment une empreinte plus apte à discriminer les différentes sources potentielles dans un même bassin versant (Walling, 2005).

Selon Guzmán et al. (2013), l'utilisation de plusieurs traceurs s'avère essentielle puisqu'aucun traceur unique ne possède tous les critères requis pour assurer un bon pouvoir discriminatoire. Le traceur idéal s'adsorbe fortement aux particules de sol ou s'incorpore facilement aux agrégats et ainsi, permet le traçage d'une particule tout au long des différents processus d'érosion et de transport. Il doit aussi être facile et abordable à quantifier, vu le grand nombre d'échantillons à analyser pour une étude. Le traceur idéal ne doit pas non plus interférer dans le transport des sédiments, ne doit pas constituer un élément problématique pour l'intégrité de l'environnement et doit être faiblement assimilable par les plantes. Le potentiel d'assimilation d'un élément par une plante dépend entre autres de la solubilité de l'élément, de sa biodisponibilité et des conditions du sol qui peuvent favoriser ou non sa mise en solution, telles que le pH et la teneur en matière organique (Dauguet et al, 2011). Les traceurs choisis doivent également pouvoir être mesurés, autant dans le matériel provenant des sources potentielles de sédiments que dans les sédiments en suspension. Enfin, il est essentiel que les propriétés physiques et chimiques choisies aient une nature conservative entre la génération des sédiments et leur transport dans le cours d'eau. Les propriétés ne doivent pas être altérées par la végétation et au cours des processus d'érosion et

de transport, de manière à permettre la comparaison directe des sources et des sédiments en suspension.

Le potentiel discriminatoire de plusieurs traceurs a été étudié au cours des années et leur efficacité a été prouvée dans différents contextes. Polyakov et al. (2009) ainsi que Guzmán et al. (2013) ont utilisé les concentrations de certaines terres rares, tels que le lanthane, le praséodyme et le néodyme, comme traceurs. Guzmán et al. (2013) ont également identifié la couleur des sédiments, leur contenu en pollen et plusieurs propriétés géochimiques, minéralogiques et magnétiques comme des traceurs éprouvés. Les isotopes stables, par exemple le ^{15}N, ont été particulièrement étudiés comme traceurs par Mukundan et al. (2010). Enfin, les radionucléides sont aussi des traceurs souvent mentionnés dans les études de traçage (Walling, 2005). Afin de maximiser la validité des comparaisons effectuées, le nombre de traceurs choisis pour former l'empreinte des sédiments devrait excéder le nombre de catégories de sources à distinguer (Collins et al., 1998). Les études de traçage de sédiments ont pour but général d'évaluer la contribution de chaque source aux sédiments en suspension. Des mesures ciblées en fonction des sources majeures identifiées peuvent ainsi être mises en place (Walling, 2005).

Les sections suivantes détaillent les caractéristiques des quatre types de traceurs utilisés dans la présente étude, soit les radionucléides, la couleur de sédiments, la géochimie et la taille des particules.

2.1.1 Radionucléides

Tel que rapporté par Guzmán et al. (2013), trois radionucléides sont principalement utilisés comme traceurs de particules de sols, soit le ^{137}Cs, le ^{7}Be et le ^{210}Pb. Le ^{137}Cs, le radionucléide le plus fréquemment utilisé, a servi de traceur dans une grande variété d'environnements. Il a été utilisé pour déterminer les taux d'érosion et de sédimentation à l'échelle temporelle de décennies, et ce, pour toutes les tailles de bassin versant. Le ^{210}Pb est plutôt utilisé pour les estimations à long terme de la redistribution des sols et le ^{7}Be pour les taux d'érosion et de sédimentation à court terme. Le contexte d'utilisation de chaque radionucléide repose principalement sur la longueur de

leur demi-vie. Le ^{7}Be et le ^{210}Pb ont des demies-vies respectives de 53.13 jours et 22.26 ans, alors que le ^{137}Cs a une demi-vie de 30.17 ans.

Ces trois radionucléides ont tous une grande affinité pour les particules fines des sols. Celles-ci sont les principales particules affectées par des processus physiques tels que l'érosion par le vent et l'eau ou par le labour des terres. Le ^{137}Cs constitue l'élément le plus électropositif et le plus alcalin des métaux alcalins. Suite à sa déposition à la surface du sol, le ^{137}Cs est rapidement et fortement adsorbé sur les sites d'échanges cationiques des argiles du sol et des particules organiques (Guzmán et al., 2013). Il peut alors être considéré comme non échangeable, ce qui en fait un bon traceur.

Le ^{137}Cs, le seul radionucléide utilisé dans la présente étude, est d'origine anthropique. Durant les tests atmosphériques des armes thermonucléaires, réalisés du milieu des années 1950 jusqu'aux années 1960, le ^{137}Cs a été produit en grande quantité et relâché dans la stratosphère, puis distribué à travers le monde entier avec le déplacement des masses d'air. Les retombées de ^{137}Cs ont débuté en 1954, ont atteint un pic dans les années 1960. Suite aux moratoires visant les essais et la signature du *Test Ban Treaty* en 1963, les retombées sont devenues presque nulles dans les années 1980. Un deuxième pic de concentrations en ^{137}Cs dans l'atmosphère a cependant eu lieu lors de l'incident de Tchernobyl, en 1986 (Guzmán et al., 2013). De par leur nature atmosphérique, les concentrations en ^{137}Cs sont donc indépendantes du type de sol et de la géologie sous-jacente. Ce traceur s'avère donc adéquat pour les bassins versants hétérogènes (Walling, 2005).

Le ^{137}Cs est principalement utilisé pour différencier le matériel de surface, sur lequel les retombées atmosphériques ont eu lieu, du matériel présent en profondeur, qui n'a pas été exposé aux retombées. Il permet également de distinguer les sols cultivés de ceux non cultivés. Le labour répartissant le ^{137}Cs dans la couche remaniée, les concentrations en surface deviennent moins élevées que pour un sol intact, dans lequel le ^{137}Cs est principalement concentré en surface (Walling, 2005). Mukundan et al. (2010) démontrent également l'utilisation efficace du ^{137}Cs pour distinguer différentes occupations du territoire. Les concentrations de ^{137}Cs en surface sont plus élevées en zones boisées qu'en

zones de pâturage puisque le couvert végétal forestier limite les processus d'érosion, qui entrainent les particules de sol et le ^{137}Cs qui y est adsorbé. Dans les zones non perturbées, le ^{137}Cs est principalement distribué dans les 10 premiers centimètres du sol, avec une diminution rapide des concentrations avec la profondeur. La présence de ^{137}Cs en profondeur, malgré que le sol n'ait pas été exposé aux retombées atmosphériques, est expliquée par la migration naturelle du radionucléide vers le bas, due aux processus naturels du sol tels que la bioturbation et l'écoulement de l'eau (Guzmán et al., 2013).

2.1.2 Couleur

L'utilisation de la couleur des sédiments comme traceur est relativement récente, en comparaison de l'utilisation des radionucléides. Plusieurs composantes chimiques affectent la couleur d'un sol, tel que le contenu en matière organique, la présence d'oxydes de fer, de carbonates et de molécules d'eau ainsi que les métaux de transition contenus dans les minéraux argileux du sol (Martinez-Carreras et al., 2010b). L'altération possible de la couleur des sédiments durant le transport par les variations du taux d'humidité et par les réactions chimiques des particules avec les éléments naturels rend l'utilisation de ce traceur moins fréquente (Davis et Fox, 2009).

Martinez-Carreras et al. (2010a) ont réalisé des études de traçage de sédiments qui ont validé l'utilisation de la couleur comme traceur dans des bassins versants dont la superficie variait de 0,7 à 247 km^2. L'échelle des bassins versants s'avère importante. En effet, à une échelle plus grande, la variabilité intra-source de la couleur augmente puisque la géologie et la pédologie deviennent plus hétérogènes. Ces auteurs ont aussi constaté qu'aucun paramètre individuel de couleur n'a pu être utilisé comme traceur dans un même bassin versant. Le traceur optimal différait également d'un bassin versant à l'autre. Certains résultats de l'étude ont cependant démontré le potentiel discriminatoire de la couleur pour distinguer le matériel de surface de celui présent en profondeur, plus particulièrement dans le cas des berges de rivière.

Dans le bassin versant d'Attert River au Luxembourg, d'une superficie de 290 km^2, Martinez-Carreras et al. (2010b) ont utilisé la couleur comme un traceur

efficace. En effet, selon leur étude, 94% des apports de sources aux sédiments en suspension estimés avec la couleur étaient compris dans l'intervalle de confiance des estimations réalisées par la méthode classique de traçage par radionucléides. Ils ont également conclu que la technique de traçage par couleur représente un bon rapport efficacité/coût, puisque les mesures des différents coefficients de couleur sont faciles et rapides à réaliser. La combinaison de ce traceur avec d'autres plus communs contribue à augmenter l'efficacité de la couleur comme propriété discriminante entre diverses sources de sédiments.

Puisque la couleur est un paramètre relié principalement à la composition chimique des particules de sol, Martinez-Carreras et al. (2010a) mettent toutefois l'emphase sur l'importance du caractère conservatif requis, tout autant spatialement que temporellement. Il peut en effet y avoir une altération de la couleur lors du transport ou de l'accumulation des sédiments, particulièrement lorsque les conditions favorisent la réduction du fer.

2.1.3 Géochimie

La géochimie du sol est une propriété couramment utilisée dans les études de traçage de sédiments. Dans la revue de 31 études effectuée par Davis et Fox (2009), 20 études comprenaient des traceurs inorganiques comme éléments de l'empreinte des sédiments. Entre autres, les éléments de fer et d'aluminium se sont avérés les traceurs géochimiques les plus fréquemment identifiés comme discriminatoires. L'avantage principal de l'utilisation des traceurs géochimiques réside dans le fait que les concentrations d'un grand nombre d'éléments peuvent être mesurées lors d'une seule analyse. Par exemple, l'analyse par ICP-MS permet de mesurer entre 15 et 35 éléments à la fois. À l'opposé, les analyses de radionucléides ne donnent les résultats que pour un seul élément à la fois.

La nature de la roche mère, les processus de formation du sol et l'utilisation du territoire peuvent induire des variations dans les concentrations des éléments géochimiques, autant à l'échelle du bassin versant que verticalement dans le profil du sol. Comme pour les radionucléides, les propriétés géochimiques des sols sont fortement corrélées à la taille des particules et au contenu en matière organique. En effet, ces deux paramètres mènent à une surface spécifique élevée

et ainsi, une multitude de sites d'adsorption et d'échange des éléments géochimiques (Koiter et al., 2013b).

Les deux méthodes d'analyses géochimiques généralement utilisées sont l'analyse par ICP-MS, utilisée entre autres par Koiter et al. (2013a) et Collins et al. (2012), et celle par ICP-OES utilisée notamment par Panuska et al. (2011) et Marttila et al. (2013). La méthode par ICP-OES permet l'analyse d'un nombre plus restreint d'éléments à la fois alors que la méthode par ICP-MS permet d'analyser autant que 56 éléments géochimiques simultanément (Koiter et al., 2013a). Différentes méthodes de digestion des échantillons préalables aux analyses peuvent être utilisées. Par exemple, Koiter et al. (2013a) a utilisé une digestion au micro-ondes avec acide nitrique alors que Collins et al. (2012) ont plutôt privilégié une digestion à l'eau régale.

2.1.4 Taille des particules

La taille des particules des sols ne peut pas être utilisée comme traceur au même titre que les propriétés vues précédemment. Ce paramètre est de nature beaucoup moins conservatrice vu les phénomènes de fractionnement, d'agrégation et de désagrégation des particules de sols qui surviennent lors de leur transport (Davis et Fox, 2009). L'étude de la taille des particules de sol est donc faite plutôt en termes de tendances spatiales et temporelles, de manière à obtenir une meilleure compréhension de l'influence du régime hydrologique sur la dynamique sédimentaire en rivière.

Un élément soulevé dans la littérature est cependant l'impact de la taille des particules sur les propriétés biogéochimiques. Certains auteurs tels que Walling (2005) et Collins et al. (2012) préconisent l'utilisation d'un facteur de correction pour la taille des particules, de manière à tenir compte des différences de taille entre les particules provenant des sources de sédiments et celles des sédiments en suspension. Ce facteur correspond souvent au ratio des surfaces spécifiques des particules de sources et des particules en suspension dans le cours d'eau. Cette correction considère cependant que la valeur du traceur du sédiment augmente linéairement au cours de l'érosion sélective des particules fines (Davis et Fox, 2009). Étant donné que les cations et les métaux lourds ont une grande

affinité avec les particules fines, l'utilisation d'un facteur et la linéarité de la relation considérée peuvent avoir un impact sur les estimations des apports de chaque source de sédiments (Davis et Fox, 2009).

Smith et al. (2013) mentionnent effectivement que les résultats des contributions des sources sont influencés par l'utilisation de facteurs de correction. L'application d'un tel facteur pour la taille des particules doit donc être considérée lorsque cela semble approprié. Dans ces cas, une relation spécifique entre les propriétés individuelles des traceurs selon les différentes fractions granulométriques doit être développée. Koiter et al. (2013b) ajoute également que ce facteur doit tenir compte des processus physiques survenant dans le bassin versant, ce qui le rend difficile à définir adéquatement sans des essais poussés.

Une alternative à l'utilisation d'un facteur de correction est le tamisage des échantillons (Martinez-Carreras et al., 2010b). Des fractions granulométriques identiques permettent une meilleure comparaison et minimisent l'impact de la taille des particules sur les propriétés étudiées.

2.2 Analyses statistiques et modèles mixtes

L'évaluation des contributions de chaque source de sédiments à la charge de sédiments en suspension passe d'abord par des analyses statistiques visant à maximiser le pouvoir discriminatoire de l'empreinte.

Walling (2005) préconise une procédure statistique en deux étapes. Un test de Kruskal-Wallis est d'abord effectué de manière à cibler les propriétés variant significativement selon le type de sources de sédiments. Une analyse discriminante pas-à-pas est ensuite réalisée sur la liste de propriétés identifiées à l'étape précédente. Une combinaison de propriétés, ou l'empreinte, permettant une discrimination optimale entre les sources est ainsi identifiée.

Collins et al. (2012) utilisent également une procédure statistique en deux étapes. Le test de Kruskal-Wallis peut cependant être inter changé avec un test de Mann-Whitney, qui permet d'atteindre le même but. Des alternatives peuvent aussi être envisagées pour l'analyse discriminante, telles que sa combinaison avec une ANOVA, une ANOVA avec analyse groupée ou une analyse en composantes

principales suivie d'une analyse discriminante. Il est également possible de définir d'abord une suite de traceurs formant l'empreinte, en se basant sur l'expérience et la littérature, et de démontrer par la suite le pouvoir discriminatoire de l'empreinte choisie.

Suite au choix des traceurs formant l'empreinte des sédiments, un modèle mixte est utilisé pour estimer la contribution de chaque source aux sédiments en suspension (Davis et Fox, 2009). Les modèles mixtes sont basés sur un bilan de masse :

$$\sum_{k=1} P_k = 1$$

$$z^t = \sum_{k=1} (x_k^t * P_k) \qquad \text{(Éq. 1)}$$

où P représente la fraction provenant de chaque source identifiée k, t représente un ou plusieurs traceurs et z et x représentent la concentration du traceur dans les sédiments en suspension et dans la source de sédiments respectivement. Ainsi, la somme des fractions provenant de chaque source doit égaler l'unité. La concentration du traceur dans les sédiments en suspension correspond à la somme des concentrations en traceur de chaque source de sédiments pondérées par la fraction provenant de celle-ci. En considérant plusieurs traceurs à la fois, la matrice de résolution devient cependant surdéterminée puisque davantage d'informations que celles requises sont disponibles. Deux approches statistiques peuvent être envisagées pour la résolution de la matrice, soit l'approche fréquentiste basée sur la minimisation des erreurs ou l'approche bayésienne basée sur l'intégration. Cette dernière est effectuée via la méthode de Monte-Carlo par chaînes de Markov (MCMC) (Davis et Fox, 2009).

La méthode bayésienne de résolution de matrice a été adaptée des domaines de la pollution de l'eau et atmosphérique et n'est appliquée en traçage de sédiments que récemment. Cette méthode est généralement moins connue et moins documentée principalement car l'application des MCMC aux problèmes bayésiens n'est possible que depuis les travaux de Gelfand et Smith en 1990 (Davis et Fox, 2009). L'avantage principal de la méthode bayésienne réside dans le fait qu'elle

met moins d'emphase que les autres méthodes sur l'hypothèse selon laquelle toutes les sources de sédiments ont été bien caractérisées. En effet, par cette méthode, une distribution inconnue est utilisée pour l'étude des traceurs et ceux-ci sont traités comme des variables aléatoires. Cette approche est toutefois limitée par les hypothèses d'indépendance et de normalité des données de traceurs qu'elle sous-tend (Davis et Fox, 2009).

Le modèle SIAR, d'abord développé pour des études écologiques, est un modèle mixte de base. Il peut donc être utilisé dans le cadre des études de traçage en considérant que les hypothèses de linéarité de mélange des sources sont respectées. Ce modèle utilise la valeur moyenne et l'écart type de chaque élément de l'empreinte et s'ajuste par les MCMC (Koiter et al., 2013b). Il produit ainsi des simulations de valeurs possibles des proportions des sources de sédiments selon une distribution de Dirichlet correspondant aux données utilisées (Parnell et al., 2010).

3. Zone à l'étude

La zone étudiée dans le cadre du présent projet est limitée à l'aval par le réservoir Beaudet et s'étend en amont jusqu'à la source de la rivière Bulstrode, près du village de Saint-Fortunat, au Québec (Canada). Les caractéristiques du réservoir Beaudet ainsi que celles du bassin versant étudié sont détaillées dans les parties suivantes.

3.1 Réservoir Beaudet

Le réservoir Beaudet est localisé dans la ville de Victoriaville, au Québec, aux coordonnées 71°58'21"W, 46°04'20"N, tel que montré à la Figure 2. L'emplacement approximatif de la prise d'eau potable de la ville y est également visible.

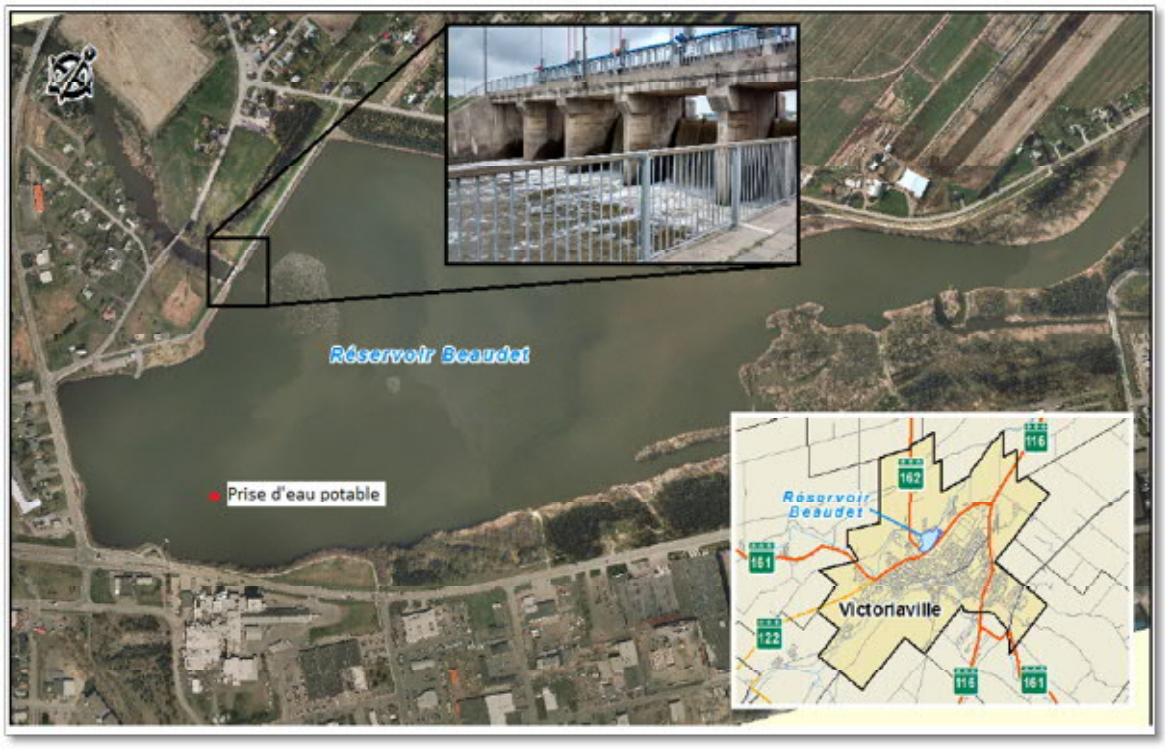


Figure 2 Localisation du réservoir Beaudet (adaptée de Lemay + DAA, 2015)

La création du réservoir découle de la construction du barrage Beaudet, érigé en 1976 sur la rivière Bulstrode. Le barrage Beaudet, construit en terre, est d'une hauteur de 8.3 m avec une hauteur de retenue de 6.6 m (CEHQa, 2015). Cet

ouvrage est géré par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) de manière à maintenir un plan d'eau stable (Couture, 2013a). En effet, le barrage Beaudet a d'abord été construit dans le but d'assurer un approvisionnement en eau potable à la moitié des résidents de la Ville de Victoriaville, sans objectif de retenir les crues d'importance (Couture, 2013a). L'autre moitié de la population est fournie en eau potable par l'intermédiaire de deux puits d'eau souterraine.

Le réservoir Beaudet ainsi créé couvre une superficie de 94.6 hectares pour une longueur de 1.1 km (Couture, 2011). La profondeur du réservoir est plus grande au droit du lit original de la rivière Bulstrode, atteignant 4.5 m (Couture, 2011). Différents relevés bathymétriques ont été réalisés au cours des années et ont permis un suivi de la capacité du réservoir. Le relevé le plus récent, réalisé par Lemay+DAA (2015), permet de constater l'évolution de la capacité en comparant les volumes estimés à partir des relevés bathymétriques antérieurs. Le Tableau 1 présente ces volumes et les pertes de capacité par rapport au relevé initial de 1979 (Lemay+DAA, 2015).

Tableau 1 Évolution de la capacité du réservoir Beaudet

	1979 (MRN)	**1994 (Roche)**	**2003 (HBA)**	**2014 (Lemay+DAA)**
Volume (m^3)	1 561 683	1 322 991	1 186 156	1 009 164
Perte de capacité depuis 1979 (m^3)	-	238 692	375 527	552 519
Perte de capacité depuis 1979 (%)	-	15	24	35

Le Tableau 1 permet de constater, à l'issue du relevé de 2014, une perte de capacité du réservoir de 35% en 35 ans, soit 1%/an, ce qui se compare aux données mondiales (Mahmood, 1987). Lemay+DAA (2015) rapporte également, selon les données de profondeur d'eau, que les zones d'érosion dans le réservoir diminuent avec le temps, au profit de zones d'accumulation. En 2014, l'érosion des dépôts de l'ancien chenal de la rivière peut atteindre jusqu'à 2.5 m dans le chenal principal. L'écoulement de l'eau dans le réservoir est plus concentré dans l'ancien chenal, où les courants y sont plus importants (Couture, 2011). Les sédiments érodés s'accumulent dans la partie amont et centrale du réservoir, en formant un delta fluvial pouvant représenter une accumulation allant jusqu'à 3,5

mètres d'épaisseur. La comparaison entre les bathymétries de 1979 et 1994 permet de situer une diminution de la profondeur plus notable du côté aval du réservoir Beaudet (Vézina et al., 1995). Lemay+DAA (2015) estime que si aucune intervention de contrôle du volume des sédiments n'est planifiée, la capacité du réservoir ne sera plus que de 50% de sa capacité originale en 2028. La prise d'eau existante de la ville de Victoriaville aurait dans ce cas, en 2015, une durée de vie restante de 7 à 10 ans.

Le barrage Beaudet évacue l'eau du réservoir par des vannes déversantes, tel que vu sur la photo de la Figure 2. Sa gestion n'est donc pas affectée par la problématique d'envasement du fond de l'étendue d'eau. Les gestionnaires du barrage font varier l'élévation de l'eau entre 128.80 m, le niveau normal d'exploitation, et 130.30 m, le niveau maximal d'exploitation (Couture, 2011). Les données quotidiennes de niveau d'eau et de débit au barrage Beaudet sont compilées depuis mars 1976 par le CEHQ. Le suivi du niveau d'eau se fait à la station 030118, située au réservoir Beaudet. Le débit est quant à lui enregistré à partir de la station 030106 du CEHQ, située à 120 m en aval du barrage Beaudet. L'équation 2 fournie par la Ville de Victoriaville (Cyr, 2014) met en relation les données de niveau d'eau et le débit mesuré à l'aval du barrage de manière à obtenir une estimation du débit entrant au réservoir Beaudet.

$$Q_{entrant}\left(\frac{m^3}{s}\right) = -(N_1 - N_2) * \frac{0.64\ X\ 10^6 m^2}{3600\ s} + Q_{sortant} \qquad \text{(Éq. 2)}$$

Les variables N_1 et N_2 font référence aux niveaux d'eau aux temps t et $t+1$ respectivement. La variable $Q_{sortant}$ réfère aux débits enregistrés à la station 030106 du CEHQ, au temps $t+1$. De cette relation, il est donc possible d'estimer le débit d'eau arrivant à l'entrée du réservoir en provenance du bassin versant de la rivière Bulstrode.

3.2 Caractéristiques du bassin versant

Le bassin versant de la zone d'étude se limite à celui de la rivière Bulstrode et ses principaux affluents, en amont du réservoir Beaudet. La Figure 3 présente les limites du bassin versant et les principaux éléments hydrographiques.

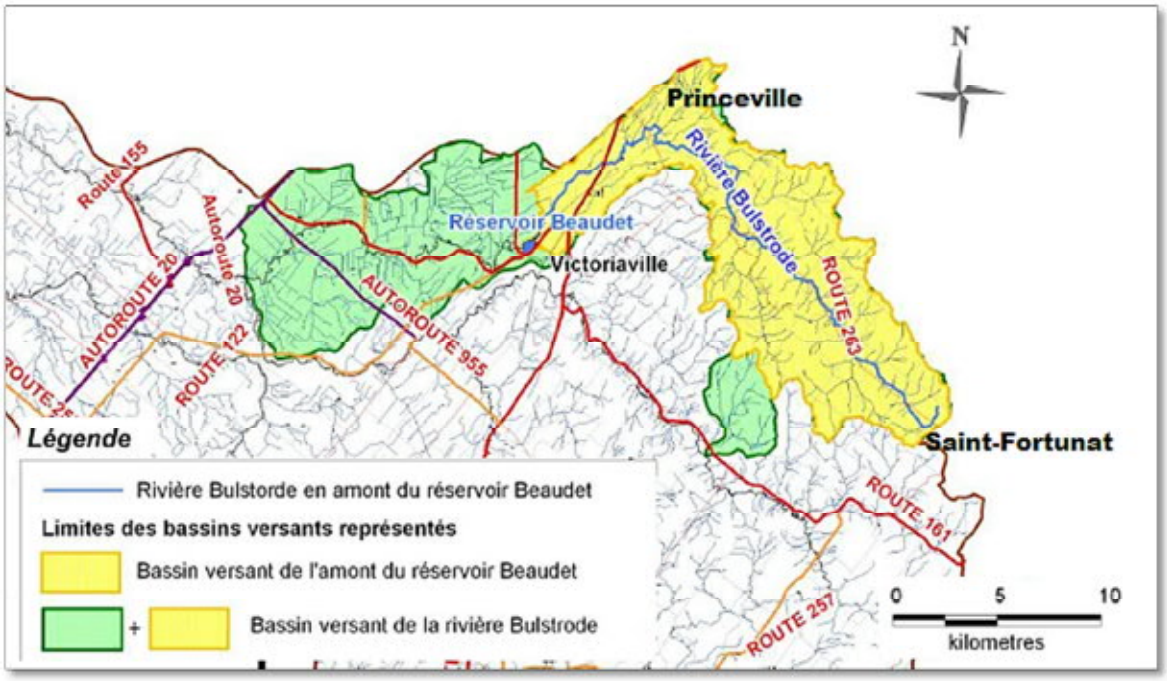


Figure 3 Limites du bassin versant à l'étude (adapté de Couture, 2011)

Le bassin versant à l'amont du réservoir Beaudet couvre une superficie de 343 km^2 selon la donnée de la station 030118 du CEHQ. À l'aval du réservoir, la rivière Bulstrode rejoint la rivière Nicolet, qui se jette, quant à elle, dans le fleuve Saint-Laurent. D'une longueur totale de 90 km, la rivière Bulstrode s'écoule du sud-est vers le nord-ouest pour la partie entre Saint-Fortunat et Princeville. Elle bifurque ensuite pour s'écouler du nord-est vers le sud-ouest jusqu'au réservoir de Victoriaville. La rivière Bulstrode est alimentée par trois affluents principaux, soit la rivière L'Abbé, la rivière Gobeil et la rivière du Huit. Ces trois sous bassins versants sont brièvement présentés avant de détailler les caractéristiques de la rivière Bulstrode.

3.2.1 Rivière l'Abbé

La rivière l'Abbé est située dans la partie aval du bassin versant de la rivière Bulstrode, près de l'embouchure du réservoir Beaudet. Son bassin versant couvre une superficie de 26.7 km^2. D'une longueur totale de 13.5 km, elle traverse un territoire majoritairement agricole, tel que montré à la Figure 4.

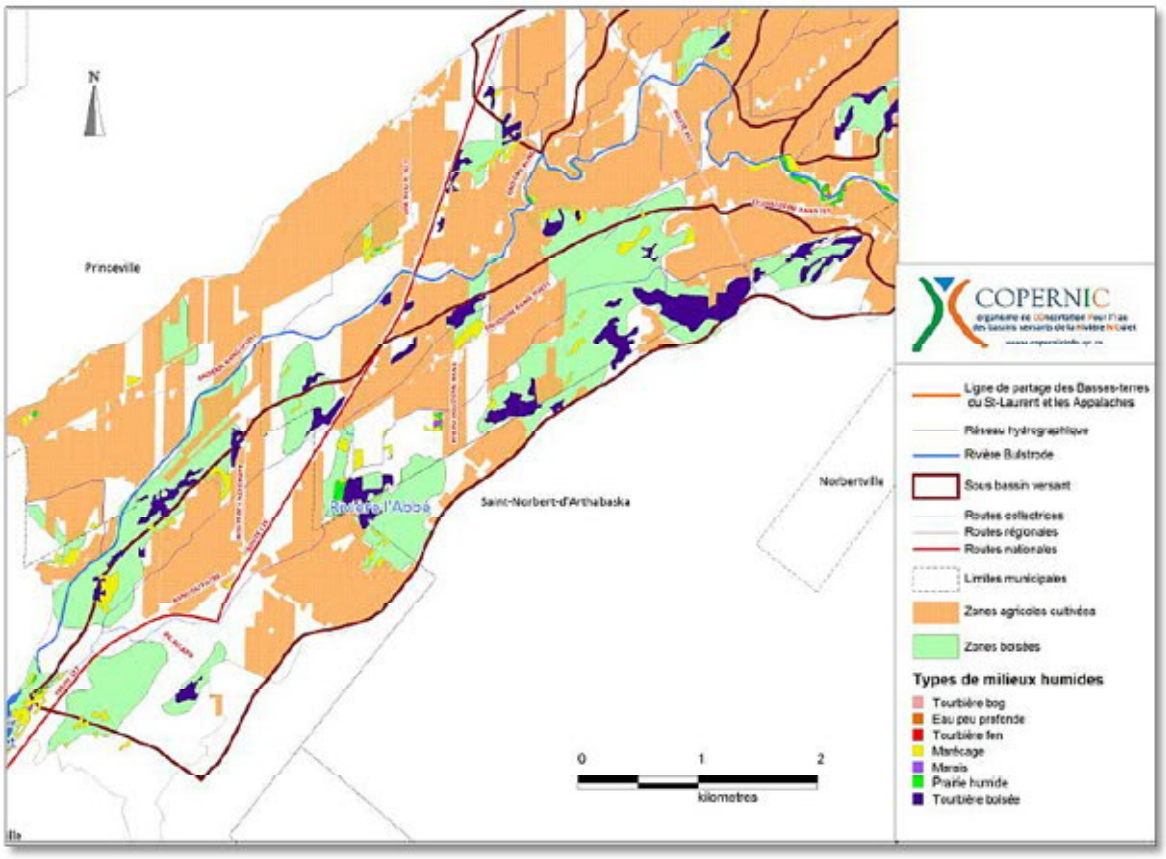


Figure 4 Bassin versant de la rivière l'Abbé (Couture, 2013b)

Le lit de la rivière l'Abbé a été redressé au cours des années 1960 ou 1970 pour des raisons agricoles. Des travaux pour retirer les sédiments et faciliter le drainage ont aussi été réalisés subséquemment, dont des travaux récents à l'automne 2015 (Grégoire, 2015). Ce segment est tout de même bordé d'une bande riveraine arbustive très dense, qui offre des abris pour la faune piscicole (Couture, 2013b). Enfin, tel que constaté sur place lors des campagnes d'échantillonnage, le lit de la rivière l'Abbé est constitué de dépôts organiques et limoneux.

3.2.2 Rivière Gobeil

La rivière Gobeil rejoint la rivière Bulstrode vis-à-vis le village de Sainte-Hélène-de-Chester, à environ 33 kilomètres en amont du réservoir Beaudet. Elle traverse un territoire principalement forestier, son bassin versant couvrant une superficie de 45.44 km^2. La Figure 5 montre son tracé.

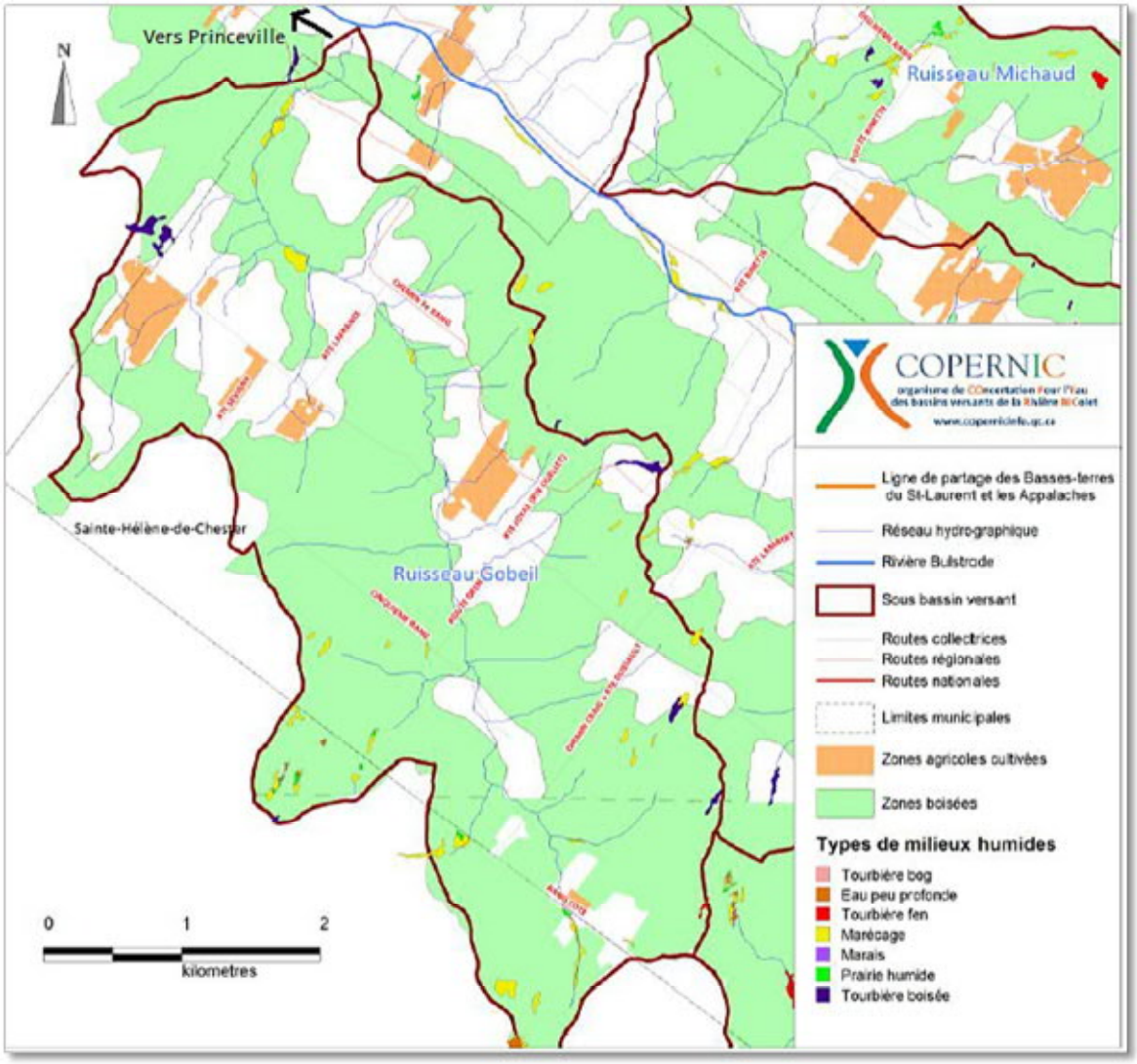


Figure 5 Bassin versant de la rivière Gobeil (Couture, 2013b)

D'une longueur de 15.2 km, la rivière Gobeil présente un dénivelé total de 260 mètres, avec une pente moyenne de 1.5% dans les 12 kilomètres avant sa jonction avec la rivière Bulstrode et une pente variant entre 3 et 6% dans la partie

amont. La rivière est encaissée de 150 mètres dans une vallée relativement étroite recouverte de till épais. Des lambeaux de terrasses formées de sable et gravier peuvent être observés dans le fond de la vallée à l'embouchure et entre les 6e et 10e kilomètres du tracé de la rivière. L'érosion des matériaux environnants sont en partie à l'origine du lit du cours d'eau composé de matériaux grossiers et de roc (Couture, 2013b). Une étude de Duhamel et Bariteau (2012) estime à moins de 5% les rives de la rivière Gobeil affectées par l'érosion.

3.2.3 Rivière du Huit

La rivière du Huit se jette dans la rivière Bulstrode près de sa source, à presque 47 km en amont du réservoir Beaudet. Tout comme la rivière Gobeil, le bassin versant de la rivière du Huit, d'une superficie de 27.7 km^2, est principalement d'occupation forestière. La Figure 6 montre le tracé de la rivière du Huit.

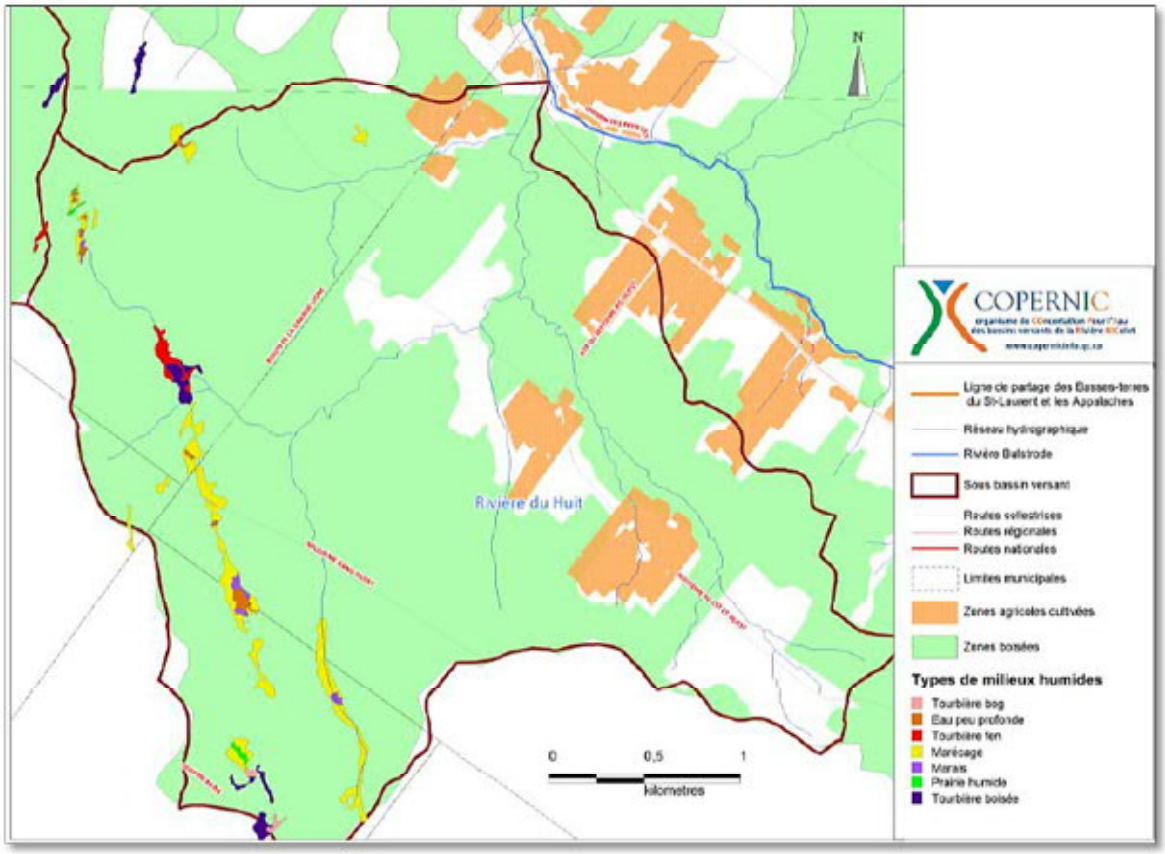


Figure 6 Bassin versant de la rivière du Huit (Couture, 2013b)

La rivière du Huit, malgré son court tracé de 8.32 km, présente un débit relativement important (Couture, 2013b). Tel que constaté lors des visites, le cours d'eau réagit rapidement et intensément aux précipitations. Le lit de cette rivière est constitué de blocs, de galets et de gravier, les particules fines étant transportées par l'écoulement rapide.

3.2.4 Rivière Bulstrode

La rivière Bulstrode serpente à travers deux principales régions physiographiques, comme le montre la Figure 7.

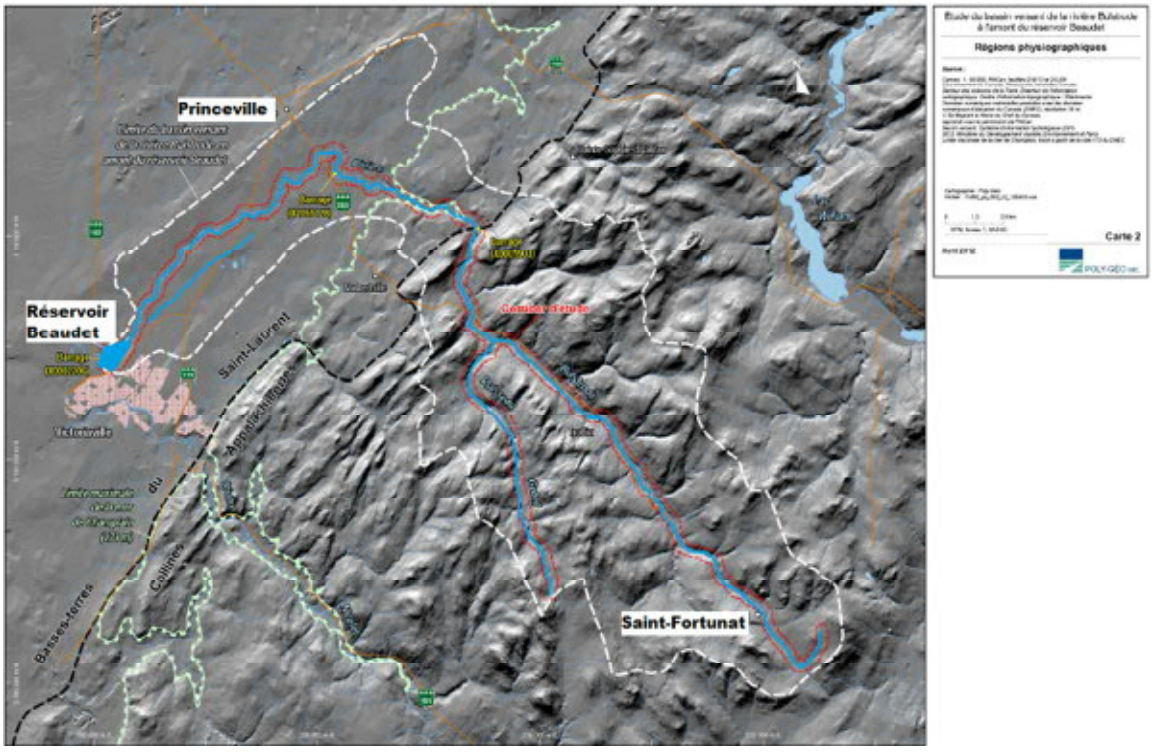


Figure 7 Unités physiographiques du bassin versant

(adapté de Duhamel et Bariteau, 2012)

Le réservoir Beaudet et la partie aval de la rivière Bulstrode sont situés dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, au nord de la ligne noire pointillée visible sur la Figure 7. Dans cette partie du bassin versant, la topographie du terrain est plane à légèrement ondulée. L'altitude de la rivière passe de 200 m à la limite amont des Basses-Terres à 130 m au réservoir Beaudet. Le lit de la rivière, dont la pente longitudinale est inférieure à 0.5%, est composé de roc affleurant en quelques

endroits, mais surtout de sable et gravier. La mer de Champlain, présente dans cette partie du bassin jusqu'il y a 10 000 ans, a aussi laissé des dépôts de sables et silts marins sur les terres bordant la rivière Bulstrode (Duhamel et Bariteau, 2012).

La partie amont du bassin versant étudié est comprise dans les collines appalachiennes dont les sommets sont à une altitude moyenne de 400 à 500 m. La vallée de la rivière Bulstrode est assez évasée, les versants ayant une pente moyenne d'environ 10% (Duhamel et Bariteau, 2012). Les collines sont recouvertes de till mince dont l'épaisseur devient plus importante vers le fond des vallées. La plaine alluviale de la rivière Bulstrode est assez étroite, s'étendant de 100 à 200 m de chaque côté, et est composée de sable, gravier et matériaux plus grossiers. Dans cette partie du bassin versant, le lit de la rivière Bulstrode présente une pente généralement inférieure à 1 à 2%.

La physiographie du bassin versant de la rivière Bulstrode dicte l'utilisation du territoire. Les Basses-Terres du Saint-Laurent favorisent l'utilisation agricole des terres, vu la topographie et les dépôts plus sableux. À la limite entre les Basses-Terres et les Appalaches, dans le piedmont, les utilisations agricoles et forestières cohabitent. À l'amont du bassin versant, les sous-bassins versants des rivières Gobeil et du Huit sont exclusivement forestiers. La Figure 8 montre l'occupation du territoire sur l'ensemble du bassin versant.

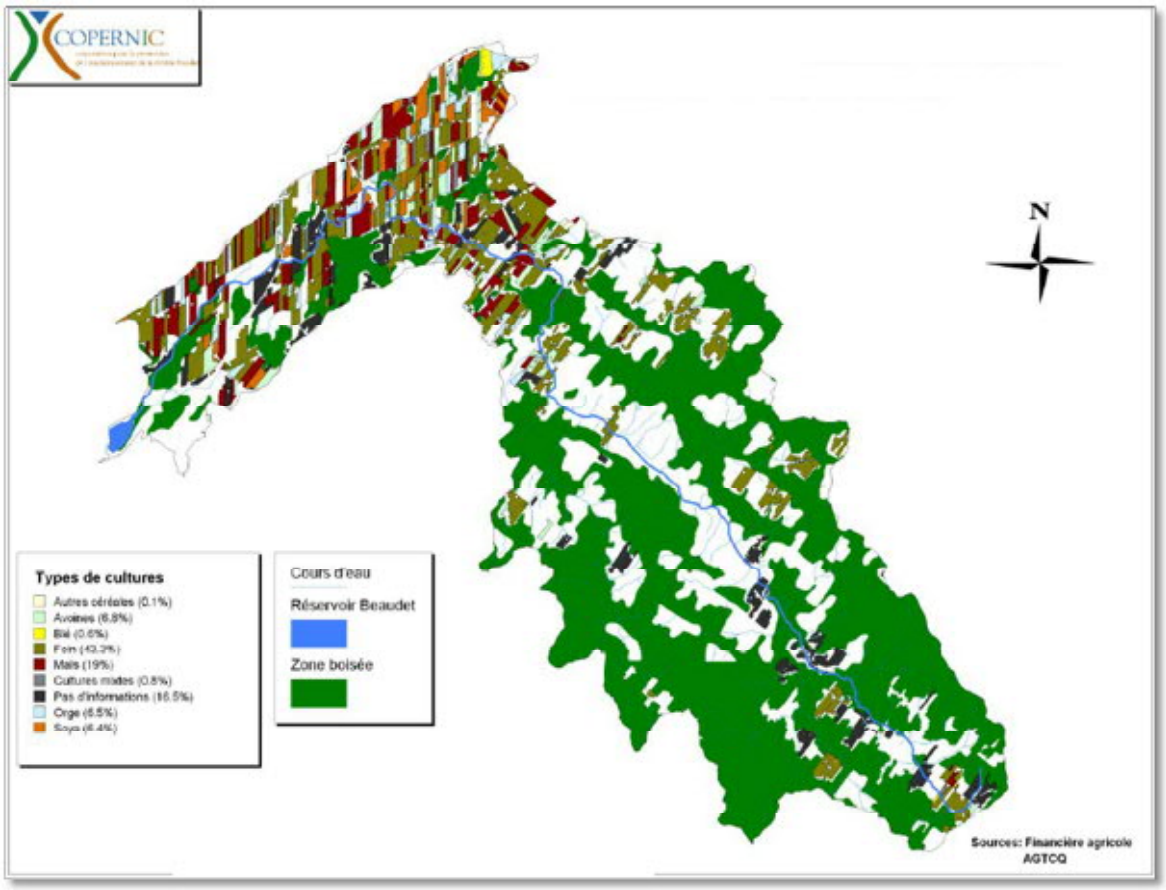


Figure 8 Occupation du territoire à l'étude (adapté de Couture, 2013b)

En 2007, les zones boisées représentaient 49% du bassin versant alors que les cultures assurées, soit les cultures qui sont assurées par les programmes de La Financière agricole du Québec, occupaient 22% du territoire (Couture, 2013b). Selon la Figure 8, le foin est la principale culture, avec 43.3% de la superficie, suivie du maïs, qui occupe 19% du territoire. D'autres données de Couture (2013b) indiquent qu'en 2012, 21% des cultures sont de foin alors que 34% des cultures sont de maïs. Le type de culture prédominante est important puisque les cultures pérennes telles que le foin recouvrent le sol en permanence et réduisent ainsi l'érosion du sol. Au contraire, les cultures annuelles comme le maïs laissent les sols plus dénudés et les risques d'érosion sont plus grands lors de périodes de fortes pluies. Quant aux zones boisées, elles sont composées de 36% de résineux, 34% de couvert mélangé et 30% de feuillus (Nguyen, 2012). L'analyse du potentiel d'érosion faite par Nguyen (2012) a porté sur la partie du bassin versant comprise

dans les collines appalachiennes seulement, soit une superficie totale de 235.54 km^2. Nguyen (2012) a conclu que 65.4 km^2 de cette superficie sont sensibles à l'érosion.

Malgré leur dénomination différente, les deux unités physiographiques sont incluses dans la province géologique des Appalaches. Le socle rocheux du corridor de la rivière Bulstrode défini entre les villes de Victoriaville et de Princeville est composé d'ardoises calcareuses et de calcaires graphitiques, mis en place à l'Ordovicien moyen. Ces Formations de Bulstrode et de Melbourne font partie du Domaine des Nappes externes. À la hauteur de la limite entre les deux unités physiographiques, le sous-sol rocheux est composé d'ardoises, de conglomérats et de quartzites de la Formation de Sweetsburg du Groupe de Oak Hill. Cette formation, mise en place au Cambrien inférieur à moyen, fait partie du Domaine des nappes internes. En remontant vers l'amont du bassin versant de la rivière Bulstrode, les roches sont successivement des phyllades de la Formation de West Sutton, des schistes de Sutton-Bennet et des quartzites et schistes de la Formation de Pinnacle, tous du Domaine des nappes internes (St-Julien et Slivitzky, 1985).

Trois barrages sont présents dans le bassin versant étudié. La Figure 9 illustre l'emplacement des barrages Beaudet, de Princeville et de Sainte-Sophie sur la rivière Bulstrode ainsi que l'emplacement du segment central dont il sera question plus loin.

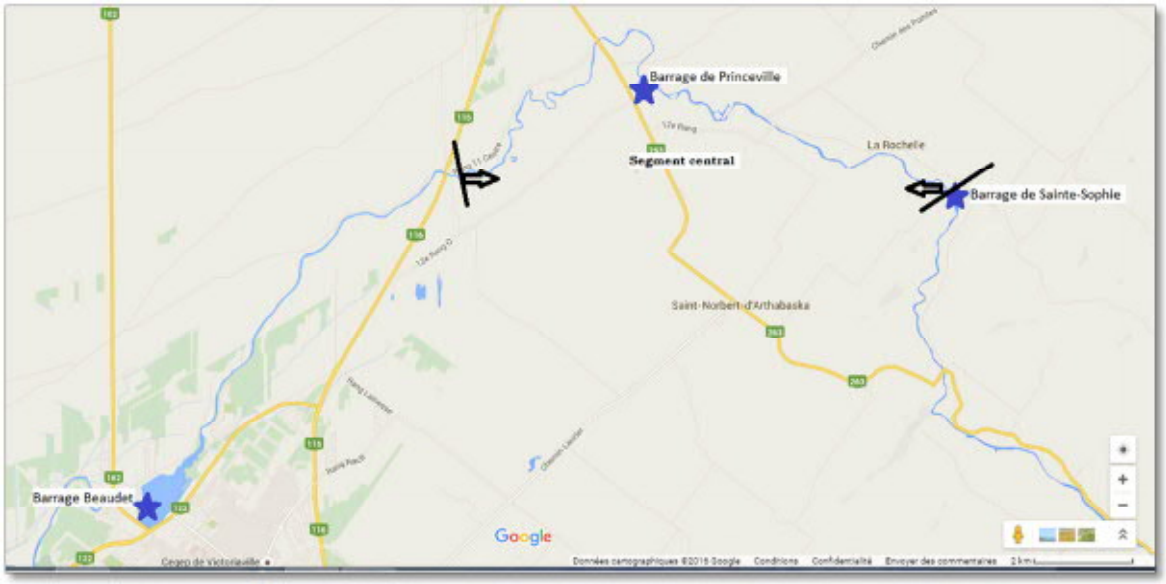


Figure 9 Localisation des barrages

Le barrage de Princeville est en fait un enrochement sur la rivière Bulstrode, appartenant à la Ville de Princeville. Il permet d'assurer une pression hydrostatique suffisante à la prise d'eau souterraine de la Ville, située en bordure de la rivière Bulstrode (Couture, 2013b). Le barrage de Sainte-Sophie, construit en 1934, est de propriété privée. Il consiste en un seuil aménagé à une hauteur de 4.3 m (CEHQb, 2016). La configuration de ces deux barrages n'a pas d'impact significatif sur les débits de la rivière Bulstrode étant donné qu'ils ne sont pas utilisés à des fins de contrôle. Ils entrainent cependant une retenue d'eau à l'amont. Cela peut donc favoriser la déposition des particules transportées en ces endroits et ainsi, influencer le régime sédimentaire de la rivière Bulstrode.

Des travaux pour identifier les zones du bassin versant sensibles à l'érosion ont été réalisés, entre autres par Duhamel et Bariteau (2012). Il a été évalué que 7000 m^3 de sédiments sont transportés par la rivière Bulstrode annuellement. La dynamique sédimentaire de la rivière est influencée par la présence des deux barrages en amont du barrage Beaudet. Le barrage Sainte-Sophie, situé le plus en amont, capte les particules plus grossières tel que le sable. Au barrage de Princeville, d'importants volumes de sable sont retenus temporairement mais migrent éventuellement vers l'aval de la rivière, surtout lors des crues printanières (Duhamel et Bariteau, 2012). Quant aux particules de silt et d'argile,

leurs petites tailles font en sorte qu'elles demeurent en suspension tout au long du parcours en rivière et atteignent le réservoir assez rapidement.

Duhamel et Bariteau (2012) ont identifié le segment central de la rivière Bulstrode comme celui étant le plus susceptible de contribuer à la problématique d'ensablement du réservoir Beaudet. Le segment central est situé entre les bornes de kilométrage 10.5 et 27 km, la borne 0 étant située au barrage du réservoir Beaudet. Ce segment débute donc près de la municipalité de Princeville pour se terminer aux alentours du barrage de Sainte-Sophie, tel qu'illustré à la Figure 9.

L'historique de l'évolution de ce segment de rivière témoigne de la dynamique d'érosion et de sédimentation à cet endroit. L'étude des photographies aériennes entre 1966 et 2010 dans ce secteur révèle que l'utilisation des terres et les aménagements agricoles ont peu changé depuis 1966. Les cultures annuelles sont cependant maintenant plus présentes que dans les années 70. Des sablières et gravières ont été exploitées en bordure de rivière durant les années 1960 mais ne sont désormais plus actives. Le lit de la rivière Bulstrode a peu changé entre 1966 et 2010, à l'exception des secteurs à méandres. Dans ces secteurs, la longueur des rives en érosion est demeurée semblable au long des années mais les méandres et les bancs d'alluvions ont subi une migration importante. La plupart des rives concaves de la rivière Bulstrode ont subi un recul de 40 à 70 m, ce qui représente une perte de terrain de 1 à 1.5 m/an. Sur les rives convexes, les basses terrasses et les bancs alluvionnaires ont migré jusqu'entre 50 à 80 m vers l'aval. Malgré l'activité sédimentaire importante au fil des années, les bancs dénudés du lit de la rivière entre les bornes 15 et 13 km, où sont situés les méandres les plus serrés, semblent être moins importants depuis 1966. Le couvert végétal aujourd'hui semble plus étendu et plus dense en bordure de rivière et dans les chenaux abandonnés. Des matériaux de protection ont été mis en place à la base de certaines rives concaves et ont permis de réduire légèrement l'érosion. Enfin, Duhamel et Bariteau (2012) concluent que l'évolution des méandres dans le segment central de la rivière Bulstrode est d'une part naturelle, mais également accentuée par les activités anthropiques telles que l'excavation des matériaux des hauts fonds et des levées alluviales, l'aménagement du barrage de Princeville en 1966, l'arrêt de l'ouverture des vannes de fond au barrage de

Sainte-Sophie ainsi que la mise en place des mesures de protection sur certaines rives érodées.

4. Méthodologie

La technique de traçage de sédiments est basée sur la comparaison des propriétés des sources et de celles des sédiments présents au réservoir Beaudet. Des méthodes systématiques d'échantillonnage, de préparation et d'analyses sont donc nécessaires pour assurer la validité des comparaisons effectuées.

4.1 Échantillonnage sur le terrain

Les échantillons de sols et de sédiments en suspension ont été prélevés de manière à représenter le plus fidèlement possible les différents usages du territoire ainsi que les diverses unités physiographiques. Toutefois, les travaux ont été limités aux parcelles pour lesquelles la permission d'y accéder a été obtenue des propriétaires. Pour les échantillons de sédiments en suspension, cette restriction n'a pas eu d'impact significatif étant donné que l'écoulement de la rivière et de ses sédiments est continu dans l'espace et que d'échantillonner un peu plus loin ne remet pas en doute la représentativité des sédiments en suspension prélevés. Des terres agricoles adjacentes aux sites de récolte d'échantillons en rivière n'ont également pu être échantillonnées à titre de sources de sédiments à cause de restrictions des propriétaires. Dans ces cas, les terres agricoles plus en amont ont été échantillonnées tout en s'assurant qu'elles étaient représentatives de l'utilisation du sol dans le secteur.

Les échantillons prélevés sont de type sédiments en suspension, lit de rivière, berges de rivière, dépôts de rivière ainsi que sols. Les sédiments en suspension ont été prélevés dans le cours d'eau alors que les berges de rivière ont été échantillonnées selon des profils et les sols selon des sections transversales. La Figure 10 illustre chaque type d'échantillons prélevés.

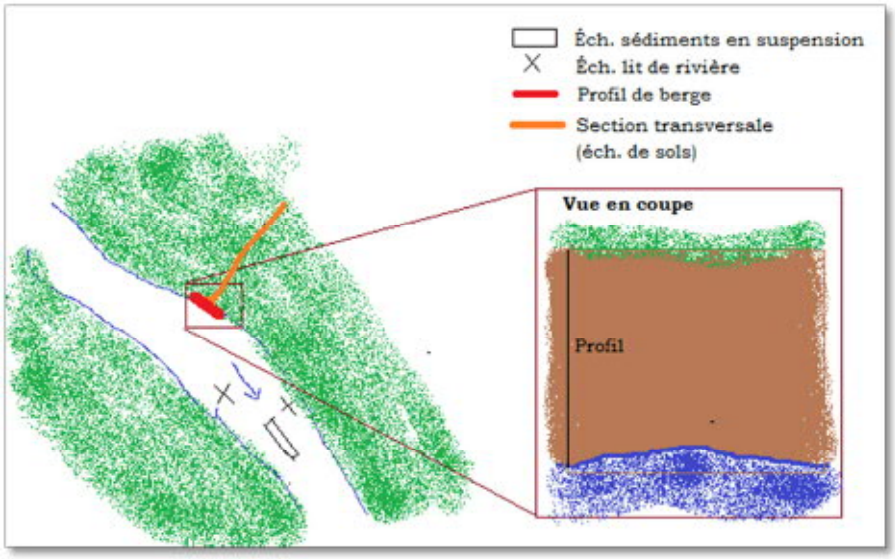


Figure 10 Position des types d'échantillons

Suite à leur prélèvement, tous les échantillons de sources, soit de sols, de berges, de dépôts et de lit de rivière, ont été séchés à l'air. Ils ont ensuite été tamisés à l'aide de deux tamis de marque *VWR International* d'ouvertures de 2.00 et 4.00 mm (No 10 et 5 respectivement). Les différentes fractions granulométriques ont été ensachées dans des sacs de plastique et leurs masses ont été notées. Pour chaque échantillon, lorsque la masse était suffisante, deux sous-échantillons pour les analyses de taille des particules et de géochimie ont été prélevés dans la fraction de granulométrie inférieure à 2 mm. L'utilisation de la fraction inférieure à 2 mm pour les diverses analyses de tous les types d'échantillons minimise l'effet de la taille des particules sur les résultats, tel qu'il est recommandé par Martinez-Carreras et al. (2010a).

Les caractéristiques propres à l'échantillonnage de chaque type sont présentées dans les sections suivantes.

4.1.1 Choix des sites

Le choix des sites d'échantillonnage des sédiments en suspension s'est avéré l'étape déterminante dans la réalisation de l'étude de traçage. En effet, l'emplacement de tous les échantillons de sources subséquemment prélevés allait dépendre des choix initiaux des sites d'échantillonnage en rivière. De manière à

couvrir l'ensemble du bassin versant du réservoir Beaudet, neuf sites d'échantillonnage des sédiments en suspension ont été choisis. La Figure 11 présente l'emplacement de ces sites d'échantillonnage dans le bassin versant.

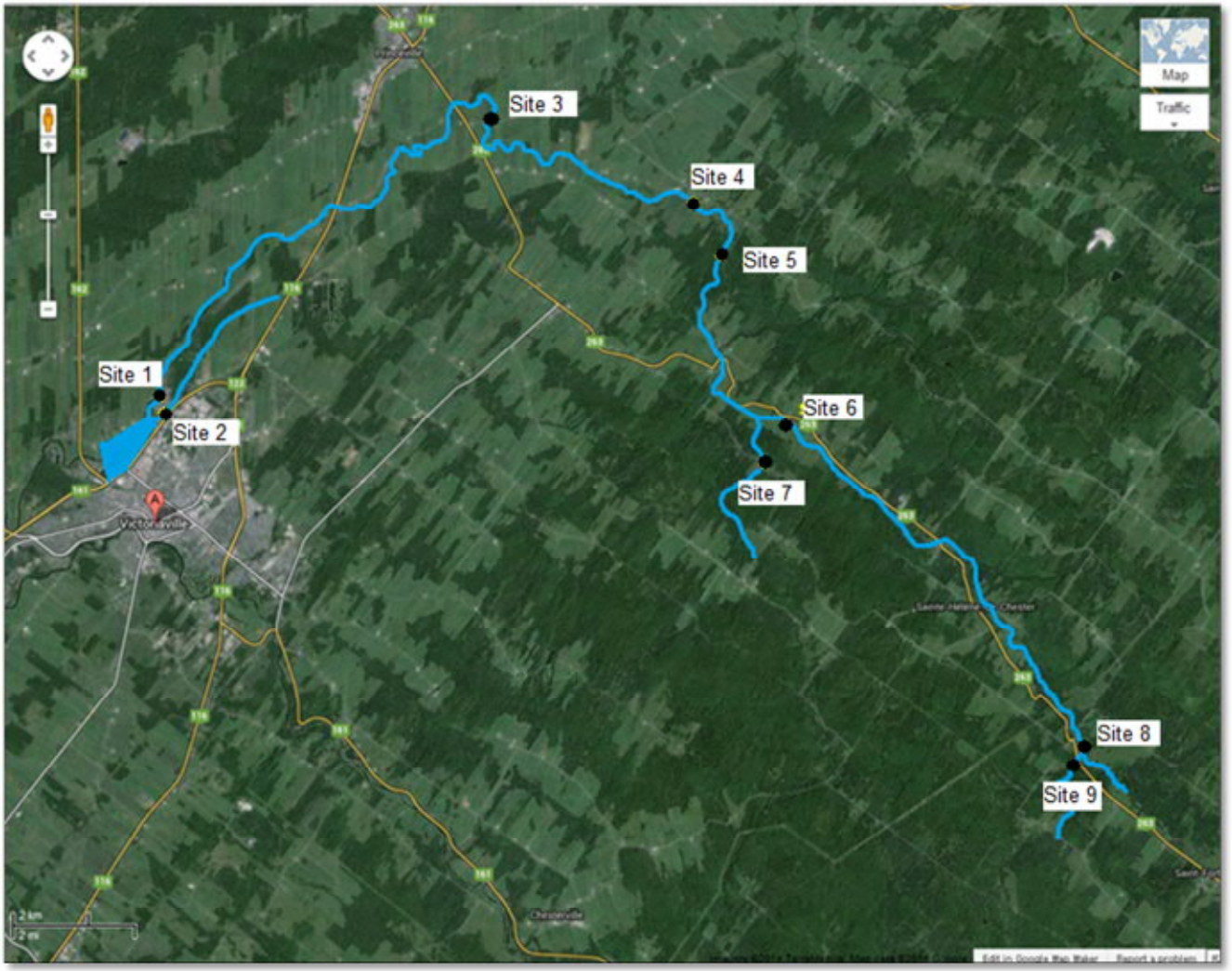


Figure 11 Localisation des sites d'échantillonnage en rivière

Les sites 1 à 4 ont été localisés de façon à représenter l'unité physiographique des Basses-Terres du Saint-Laurent et l'utilisation agricole du territoire. Le site 1 est situé à l'embouchure de la rivière Bulstrode afin d'établir les caractéristiques des sédiments entrant au réservoir. Le site 2 est situé dans la rivière l'Abbé, où le bassin versant est principalement agricole. Les sédiments en suspension récoltés à cet endroit sont donc représentatifs des particules provenant de l'érosion de cette zone du bassin versant. Les sites 3 et 4 sont également situés dans des zones agricoles. Le site 3 est localisé à l'aval du barrage de Princeville.

Le site 5 est situé à l'amont du barrage de Sainte-Sophie, à la limite entre les Basses-Terres du Saint-Laurent et les Collines Appalachiennes. Les sites 6 et 8 sont localisés de manière à représenter l'apport des sédiments provenant des collines où l'utilisation du territoire est mixte. Les sites 7 et 9 sont situés à l'embouchure des rivières Gobeil et du Huit respectivement, qui drainent des bassins versants forestiers. Les sédiments récoltés à ces sites reflètent donc cette occupation du sol.

Le choix des neuf sites a également été basé sur l'accessibilité à la rivière. Vu la manipulation de poutres d'acier pour l'installation des trappes à sédiments et l'entretien régulier effectué, les sites choisis devaient être relativement faciles d'accès et permettre un accès sécuritaire en tout temps. La présence de structures anthropiques telles que des ponts et ponceaux a également été considérée dans le choix des sites. De manière à limiter leur influence sur l'écoulement et le transport des sédiments en suspension, les échantillonneurs ont été préférablement installés à l'amont de ces structures.

Pour la deuxième étape de l'étude, soit l'échantillonnage des berges de rivière, une reconnaissance des signes d'érosion de celles-ci a été effectuée sur le terrain. Ainsi, par les accès pour lesquels les permissions étaient déjà accordées, trois à cinq profils de berges montrant des signes d'érosion ont été identifiés à chaque site et positionnés à l'aide d'un GPS. La Figure 12 illustre le type de profil de berge en érosion ciblé.

Figure 12 Profil type de berge en érosion

Les profils de berges étaient préférablement identifiés à l'amont des sites d'échantillonnage des sédiments en suspension, de manière à représenter le matériel entrant dans ces échantillonneurs. Au final, 3 profils de berges ont été échantillonnés pour chaque site, pour un total de 27 profils. La distance le long de la rivière entre les groupes de profils de berges et les trappes à sédiments varie entre 16 et 2660 m.

Pour déterminer l'emplacement des échantillons de sols agricoles et forestiers, des signes d'érosion ont d'abord été identifiés sur des photos aériennes, des photos satellites dans *Google Earth* ainsi que sur les cartes disponibles par l'entremise d'*Info-Sols.ca* (2015) tel que recommandé par Voli et al. (2013). Les informations ont ensuite été validées lors de travaux de reconnaissance sur le terrain. L'emplacement des sections transversales à échantillonner a été défini selon les signes d'érosion, la topographie ainsi que la position des fossés de drainage, de manière à échantillonner le matériel susceptible de contribuer à la charge sédimentaire de la rivière (Martinez-Carreras et al., 2010a et Collins et al., 1998). Deux à trois sections transversales, positionnées tel qu'illustré à la Figure 10, ont été échantillonnées à chaque site de trappes à sédiments, pour un total

de 24 sections à travers le bassin versant. Excepté pour les sites 6 et 8, toutes les sections transversales ont été positionnées à l'amont des sites d'échantillonnage des sédiments en suspension, de façon à échantillonner le matériel entrant dans les trappes à sédiments. Aux sites 6 et 8, une section à chaque site a été placée légèrement à l'aval des échantillonneurs en rivière, tout en s'assurant que le matériel prélevé était représentatif de celui entrant dans la rivière. La distance le long de la rivière entre les sections transversales et les trappes à sédiments varie donc entre 5 et 4200 m.

Concernant les dépôts alluvionnaires présents tout au long de la rivière Bulstrode, ceux dont la permission d'y accéder a été obtenue ont été échantillonnés. Sept dépôts ont été préalablement ciblés à l'aide de photos satellites, de manière à avoir un échantillon de ce type dans chaque unité physiographique et pour chaque type d'utilisation du territoire. La Figure 13 illustre ce type de dépôt.

Figure 13 Dépôts alluvionnaires types

Lors du retrait des trappes à sédiments, des échantillons du matériel du lit de la rivière ont également été prélevés. À chaque site de trappes, trois points du lit de la rivière ont ainsi été échantillonnés, un emplacement représentant un échantillon distinct. Les endroits ciblés pour ce type d'échantillonnage étaient situés au droit et à quelques mètres en amont des trappes à sédiments en suspension. Les accumulations de sédiments fins ont été les endroits privilégiés puisque les éléments étudiés sont fortement adsorbés aux particules fines. Si le

matériel du lit s'avérait trop grossier ou que le courant fort empêchait une bonne récupération des particules fines, moins de trois points ont été échantillonnés.

L'emplacement de chaque échantillon prélevé étant décisif dans la bonne représentativité du bassin versant, le Tableau 2 présente le nombre de sites d'échantillonnage en rivière, de profils de berge, de sections transversales ainsi que de dépôts de rivière pour chaque unité physiographique et pour chaque type d'occupation du territoire. Le nombre de points d'échantillonnage de lit de rivière variant pour chaque campagne d'échantillonnage en rivière, celui-ci n'est pas inclus dans ce tableau.

Tableau 2 Nombre de points d'échantillonnage selon les unités physiographiques et l'occupation du territoire

Unité / occupation	Sites en rivière	Profils de berges	Sections transversales	Dépôts de rivière
Basses-Terres	4	12	11	3
Appalaches	5	15	13	4
Agricole	4	12	11	3
Mixte	3	9	8	4
Forestier	2	6	5	0

Les différents types d'échantillons sont assez bien répartis spatialement, autant du point de vue physiographique qu'occupationnel. Les échantillons provenant des territoires forestiers sont moins nombreux mais sont tout de même proportionnels à l'importance de cet usage des terres.

4.1.2 Sédiments en suspension

Les sédiments en suspension dans la rivière Bulstrode et ses principaux tributaires ont été prélevés à l'aide d'échantillonneurs communément appelés « trappes à sédiments ». Celles-ci sont constituées d'un tube et d'un embout conique tel que conçu par Phillips et al. (2000). Ces trappes à sédiments ont été utilisées dans le cadre de plusieurs études, telles que celles de Koiter et al. (2013a et 2013b), Boudreault (2016), Mattila et al. (2013) ainsi que de Smith et al. (2013). Les échantillons qui y ont été prélevés ont été jugés représentatifs de la charge sédimentaire en suspension. La Figure 14 illustre le schéma d'une trappe à sédiments.

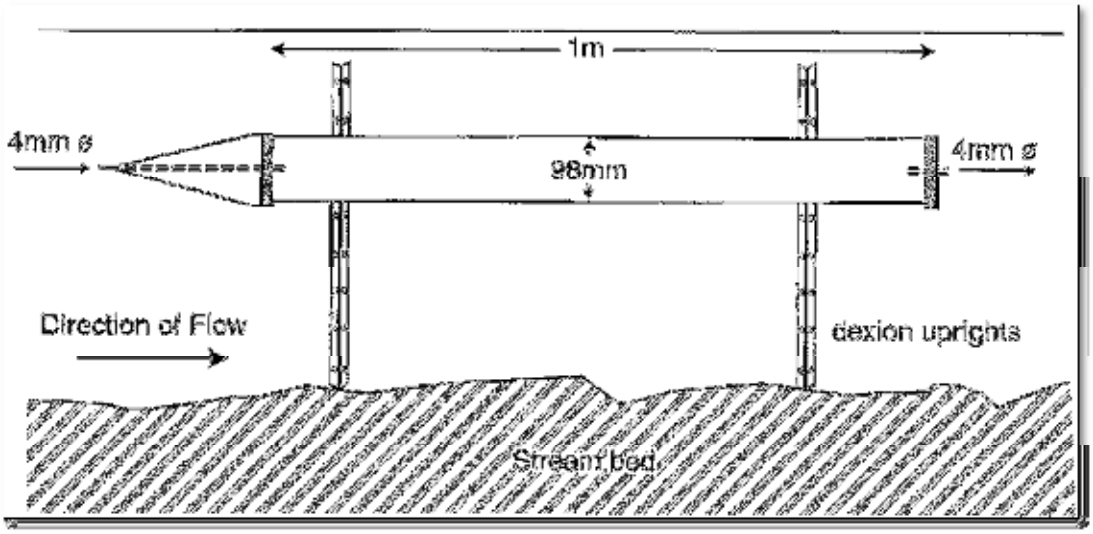


Figure 14 Schéma d'un échantillonneur à sédiments en suspension

(Phillips et al., 2000)

L'eau chargée en sédiments entre par l'embout conique, d'une ouverture de 4 mm de diamètre, et traverse la section cylindrique qui est de plus grand diamètre. L'augmentation de l'aire d'écoulement entraine la diminution de la vitesse de l'eau, ce qui permet la déposition des particules en suspension. L'eau ressort à l'autre extrémité par un trou dans le couvercle de fond. L'expérimentation de Phillips et al. (2000) a démontré que la vitesse d'entrée dans la trappe est inférieure à la vitesse d'écoulement autour de celui-ci, ce qui peut amener une surreprésentation des particules grossières (>62.5 µm). Ces trappes sont cependant conçues pour une utilisation dans des cours d'ordre de premier et de second ordre, dans lesquels la charge sédimentaire en suspension est assez fine (< 62.5 µm), ce qui assure la représentativité de l'échantillonnage. Les cours d'eau des sous bassins versants à l'étude sont majoritairement de deuxième ordre. La rivière Bulstrode est cependant d'ordre supérieur à deux, ce qui peut influencer la représentativité des sédiments en suspension récoltés dans le cours d'eau principal.

Les trappes sont donc installées avec l'embout conique face au courant de la rivière afin de maximiser l'entrée d'eau dans celles-ci. Pour l'étude de la rivière Bulstrode, elles ont été fixées à des poutres d'acier en forme de « I » à l'aide de

maillons afin qu'elles demeurent submergées et en place, tel qu'illustré à la Figure 15.

Figure 15 Trappe à sédiments installée en rivière

Les poutres d'acier ont aussi été attachées à un arbre sur la rive à l'aide de chaînes en acier pour s'assurer qu'elles demeurent en place malgré les courants forts. Deux trappes ont été installées à chaque site, pour un total de 18 trappes. Cette redondance avait pour but d'assurer l'échantillonnage en continu, puisque des risques que les trappes soient bouchées périodiquement ou perdues sont à envisager. Les deux trappes étaient préférablement installées sur deux poutres d'acier distinctes. Ainsi, si une poutre était emportée par le courant, l'autre demeurait. Cependant, aux sites difficiles d'accès, les deux trappes ont été installées sur la même poutre afin de faciliter l'installation et le démantèlement.

Au cours des périodes d'échantillonnage des sédiments en suspension, des tournées d'entretien ont été effectuées. Pour les quatre premières campagnes, les tournées ont été hebdomadaires, alors que pour la dernière campagne, les trappes ont été inspectées aux une à deux semaines d'intervalle. Lors de ces tournées, la direction et l'emplacement de chaque trappe à sédiments étaient vérifiés et ajustés si nécessaire. Les embouts étaient vérifiés pour les blocages, ainsi que les maillons pour la bonne fixation des équipements.

Les sédiments en suspension dans les rivières ont été échantillonnés au cours de cinq campagnes, destinées à refléter les périodes où les charges sédimentaires

sont les plus élevées. Ainsi, trois campagnes ont permis d'échantillonner les sédiments en suspension lors des périodes de pluies automnales. Deux campagnes ont eu lieu au printemps, lors de la fonte des neiges. Le Tableau 3 résume les dates des campagnes réalisées ainsi que leur durée.

Tableau 3 Dates et durées des campagnes d'échantillonnage en rivière

Campagne	Date d'installation	Date de retrait	Durée (jours)
Automne 2013	2013-08-25	2013-10-30	66
Printemps 2014	2014-04-09	2014-06-23	75
Automne 2014	2014-08-25	2014-10-29	65
Printemps 2015	2015-04-28	2015-07-10	73
Automne 2015	2015-08-31	2015-10-28	58
Total			337

Les dates d'installation des campagnes printanières ont été principalement influencées par le moment auquel survenait la fonte des neiges et auquel l'accès à la rivière devenait sécuritaire. Quant aux dates de retrait printanières et les dates des campagnes automnales, elles ont dépendu de la disponibilité des installateurs. Les trappes à sédiments ont été laissées en rivière entre 58 et 75 jours consécutifs, de façon à recueillir une masse suffisante de sédiments pour les analyses.

Lors du retrait des trappes, les maillons libres ont d'abord été enlevés pour libérer la trappe de la poutre d'acier. La trappe a ensuite été retirée en s'assurant que les extrémités étaient bouchées pour éviter les pertes de sédiments. Chaque trappe a été vidée de son contenu dans un seau préalablement identifié et finalement rincée à l'eau distillée pour récupérer toutes les particules. Après chaque campagne, tous les équipements ont été enlevés pour faciliter l'installation subséquente. Au total, considérant les pertes et bris de quelques trappes à sédiments, ce sont 87 échantillons de sédiments en suspension qui ont été récoltés au cours du projet.

Pour les campagnes du printemps 2014 ainsi que du printemps et de l'automne 2015, des sous-échantillons de la solution de sédiments en suspension ont été prélevés pour l'analyse de la taille des particules, à raison d'environ 95 mL pour chaque échantillon de trappe. Pour toutes les campagnes, les seaux ont été

entreposés dans un endroit sans perturbation pour permettre la décantation des sédiments. Le couvercle des seaux a été retiré afin de permettre l'évaporation de l'eau.

Après une période variant entre 3 et 5 semaines, lorsque l'eau des seaux devenait relativement limpide, le surplus d'eau a été enlevé à l'aide d'une tubulure pour accélérer le processus d'évaporation. Les échantillons ont ensuite été laissés à l'air libre jusqu'à ce qu'ils soient complètement secs. À ce moment, les agrégats de sédiments récupérés dans chaque trappe, formés lors du séchage, ont été défaits doucement à l'aide d'un rouleau à pâtisserie. La force appliquée n'était pas suffisante pour changer significativement la taille des particules, étant donné que celle-ci était fine pour les sédiments en suspension. Cette méthode a également été utilisée par Boudreault et Koiter (comm. personnelles). Un sous-échantillon de chaque trappe à sédiments a également été prélevé pour l'analyse de la géochimie.

4.1.3 Berges de rivière

Les berges de rivière ont été échantillonnées entre les 30 juillet et 11 août 2014, en période d'étiage de manière à maximiser la hauteur des berges exposée. Le matériel de surface a d'abord été enlevé afin d'obtenir un profil frais et libre de matériel éboulé des horizons supérieurs. Des échantillons ont été prélevés pour les horizons entre 0 et 10 cm, 10 et 20 cm ainsi qu'entre 20 et 30 cm, la surface du sol représentant le point 0 cm du profil. Si le profil de berge était d'une hauteur supérieure à 30 cm, des échantillons additionnels ont été prélevés par intervalles de 10 cm, de manière à représenter les différents types de matériel rencontrés sur tout le profil. Une attention particulière a été portée à la profondeur d'échantillonnage perpendiculaire au profil de berge, de façon à ce que tous les échantillons aient été prélevés de manière semblable. Enfin, des photos de chaque profil ont été prises et leur localisation a été notée à l'aide d'un *GPS*. La Figure 16 illustre un profil de berge pour lequel cinq intervalles ont été échantillonnés.

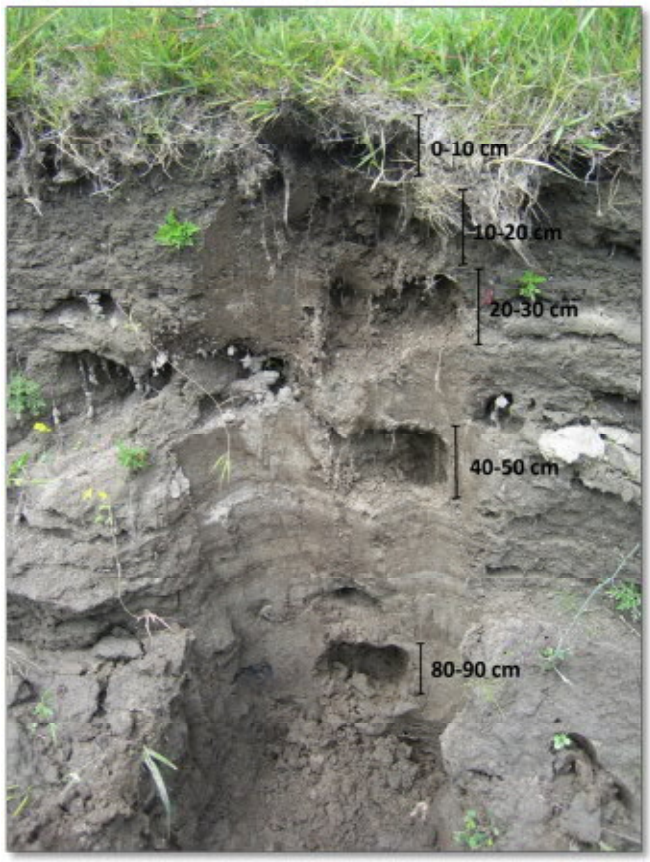


Figure 16 Profil de berges échantillonné

Pour chaque profil, les intervalles échantillonnés ont été mesurés à l'aide d'un ruban à mesurer. Les échantillons ont été récoltés à l'aide d'une truelle en acier inoxydable, lavée à l'eau distillée entre chaque prélèvement. Les sols, d'une masse totale d'environ 600 g par échantillon, ont ensuite été placés dans un sac de plastique préalablement identifié. La préparation des échantillons de berges a finalement été faite telle que décrite à la section 4.1. Au total, 135 échantillons de berges ont été prélevés sur 27 profils puis analysés.

4.1.4 Sols et dépôts de rivière

Les échantillons de sols agricoles et forestiers ont été récoltés entre les 18 juin et 27 juillet 2015. Les journées sans pluie ont été préférées pour les travaux de terrain de façon à éviter la contamination des outils entre les échantillons et faciliter leur gestion. Pour chaque section transversale positionnée selon ce qui a été décrit à la section 4.1.1, au moins trois points ont été échantillonnés,

dépendamment de l'occupation du territoire et des signes d'érosion vus sur le terrain. Les sections transversales se sont étendues de la rive du cours d'eau jusqu'au haut topographique ou jusqu'à ce que plus aucun signe d'érosion ne soit visible. Pour chaque point d'échantillonnage, au moins 3 carottes de sol ont été prélevées à l'aide d'un carottier en acier inoxydable de 3.2 cm de diamètre et de 20 cm de longueur, par intervalles de 10 cm de profondeur. Le carottier a été lavé à l'eau distillée entre chaque échantillon. Le point *GPS* de l'emplacement moyen de chaque point d'échantillonnage a également été noté. La profondeur maximale des carottes prélevées a principalement été dépendante de l'utilisation du sol. Pour les terres agricoles, les carottes de sols ont été prélevées jusqu'à une profondeur de 30 cm, soit la profondeur de labour qui entraine l'homogénéisation des horizons du sol. En milieu forestier, les carottes ont été prélevées jusqu'à une profondeur équivalente à celle des signes d'érosion observés. Les prélèvements d'échantillons en profondeur ont cependant été limités par la présence de racines, de cailloux et par la teneur parfois trop élevée en eau du sol.

À certains endroits, de petits chenaux d'écoulement étaient présents et s'y était accumulé du matériel susceptible de contribuer à la charge sédimentaire dans la rivière principale. Dans ces cas, les côtés du chenal ont été échantillonnés à l'aide du carottier. Des pelletées du matériel accumulé dans chaque chenal ont également été récoltées à la truelle.

Les carottes prélevées à chacun des points sur une section, pour un poids minimal visé de 300 g, ont été placées dans des sacs de plastique préalablement identifiés. Leur préparation pour analyses a ensuite été faite telle qu'énoncée à la section 4.1. Un total de 267 échantillons de sols forestiers et agricoles ont été prélevés au cours de cette campagne d'échantillonnage, le long de 24 sections transversales.

Les dépôts alluvionnaires de la rivière ont été échantillonnés du 23 au 29 juillet ainsi que le 20 août 2015. Pour chaque dépôt, entre 3 et 6 points d'échantillonnage ont été ciblés de manière à représenter séparément les zones de particules fines et grossières. Pour les zones où le matériel était plus compact et était propice à l'emploi du carottier, celui-ci a été utilisé, jusqu'à la plus grande profondeur qu'il était possible d'atteindre. Dans les zones où le matériel était trop

lâche, la truelle a été utilisée pour prélever les échantillons jusqu'à une profondeur d'environ 10 cm. Les 38 échantillons ainsi prélevés ont été placés dans des sacs de plastique préalablement identifiés et ont été préparés pour analyses selon la méthode décrite à la section 4.1.

4.1.5 Lit de rivière

Les échantillons de lit de rivière ont été récoltés à chaque fois où les trappes à sédiments ont été retirées du cours d'eau. Plusieurs pelletées de matériel ont été prélevées à chaque point d'échantillonnage à l'aide de la truelle et combinées de manière à former un échantillon composite. Les échantillons ont ensuite été placés dans des sacs de type *Ziploc*™ ou dans des contenants de plastique d'une contenance de 1 L. Ils ont été préparés pour les analyses selon la méthodologie expliquée à la section 4.1. Pour les cinq campagnes d'échantillonnage des sédiments en suspension, ce sont 94 échantillons de lit de rivière qui ont été prélevés.

4.2 Analyses statistiques

Les analyses statistiques pour obtenir l'empreinte des sédiments sont réalisées à partir des résultats issus des analyses en laboratoire et du traitement des données, tous effectués selon les méthodes décrites à l'annexe A. Les analyses statistiques menant au choix des traceurs sont inspirées de la méthodologie décrite par Walling (2005) et de celle utilisée par Koiter et al. (2013b) dans un projet canadien semblable à celui présent. La méthodologie d'analyse a ensuite été modifiée par Patrick Gagnon, Ph. D., statisticien faisant partie de l'équipe de gestion de l'eau d'Agriculture Canada au moment de la réalisation de la présente étude de traçage de sédiments.

Chaque échantillon a été classifié selon l'utilisation du territoire à l'emplacement où il a été prélevé et son type, soit un échantillon de berge ou de sol. Les échantillons de dépôts de rivière et de lit de rivière n'ont pas été inclus à cette étape vus des résultats d'analyses incomplets pour plusieurs paramètres. La première étape a consisté en la validation de l'hypothèse d'indépendance des individus, ici les échantillons. Il est en effet important de réaliser les analyses

statistiques sur des individus indépendants entre eux. Le seul facteur influençant la valeur des traceurs devrait être la classification de l'échantillon. Le site, le profil de berges et la section transversale ne doivent pas être des facteurs d'influence. Une ANOVA a été réalisée sur chaque classe d'échantillons, en incluant les facteurs potentiels de site, profil et section transversale et en considérant chaque échantillon comme un individu indépendant. La variable utilisée pour l'analyse de la variance est l'activité de ^{137}Cs puisque cet élément est réputé comme un traceur efficace. L'analyse de variance montre la dépendance des données dans une classe étudiée si au moins un des facteurs est significatif. Étant donné que les profils de berge se sont avérés des facteurs significatifs, les échantillons des horizons supérieurs et inférieurs des berges ont été moyennés. Deux à trois échantillons regroupés ont ainsi été obtenus pour chaque profil de berge, en considérant les résultats d'analyses semblables. Suite à cette manipulation des données, le seul facteur significatif est le site d'échantillonnage et l'indépendance des individus est assurée.

La seconde étape de l'analyse statistique est la production de diagrammes à moustaches afin de vérifier l'allure des données. Ces diagrammes permettent également de juger de manière préliminaire le pouvoir discriminatoire d'un traceur entre les différentes classes d'échantillons. À cette étape, un test de Kruskal-Wallis est également réalisé sur chaque traceur afin de faire ressortir les traceurs qui expliquent significativement les résultats obtenus. Un traceur est conservé si la valeur de p du test est inférieure à 0,05.

L'étape suivante consiste en l'analyse discriminante linéaire avec les traceurs retenus à l'étape précédente. Les données sont d'abord standardisées de manière à mettre en évidence l'impact relatif de chaque traceur. L'analyse est donc réalisée à partir de discriminants linéaires (LD), dont il est préférable de minimiser le nombre tout en maximisant le pourcentage d'explication de la variance des données. Cette étape, qualifiée d'approche pas à pas, permet ainsi de réduire, un traceur à la fois, la liste des traceurs retenus, en éliminant les traceurs ayant la plus faible importance dans la fraction expliquée. Lorsque l'enlèvement d'un traceur fait diminuer drastiquement les valeurs des discriminants linéaires, celui-ci est réintégré dans la suite des traceurs retenus et

l'empreinte finale des sédiments est ainsi obtenue. L'empreinte est également étudiée de manière à ce que les traceurs retenus aient une explication physique ou morphologique à leur utilisation.

Pour chaque échantillon, un score est calculé avec les deux discriminants linéaires. Ces scores sont représentés graphiquement, en mettant un score sur chaque axe. Dans le cas de traceurs bien choisis et d'échantillons bien classifiés, tous les échantillons d'une même classe devraient se situer dans une même région du graphique et les classes d'échantillons devraient être représentées distinctivement. Les classes des échantillons peuvent être modifiées selon le graphique obtenu et les étapes précédentes sont répétées jusqu'à l'obtention d'un résultat satisfaisant.

4.3 Modèle mixte

La modélisation statistique ayant pour but d'estimer la contribution de chaque source aux sédiments en suspension est réalisée à l'aide du logiciel MixSiar, développé par Stock et Semmens (2013) initialement pour des études écologiques de chaines alimentaires. Le logiciel peut prendre en compte une certaine hiérarchisation des données, en lui spécifiant par exemple que les sites sont compris à l'intérieur de régions plus grandes identifiées par l'utilisateur. Cependant, aucune référence spatiale ou localisation géographique n'est spécifiée dans le logiciel. Le choix des données et leur structure, élaborés selon les réponses attendues et les exemples de Stock et Semmens (2013), guideront donc la façon de modéliser. Dans le cas du bassin versant du réservoir Beaudet, le concept de modélisation par « sources à l'amont » (Boudreault, 2016) a été retenu. La Figure 17 illustre ce concept.

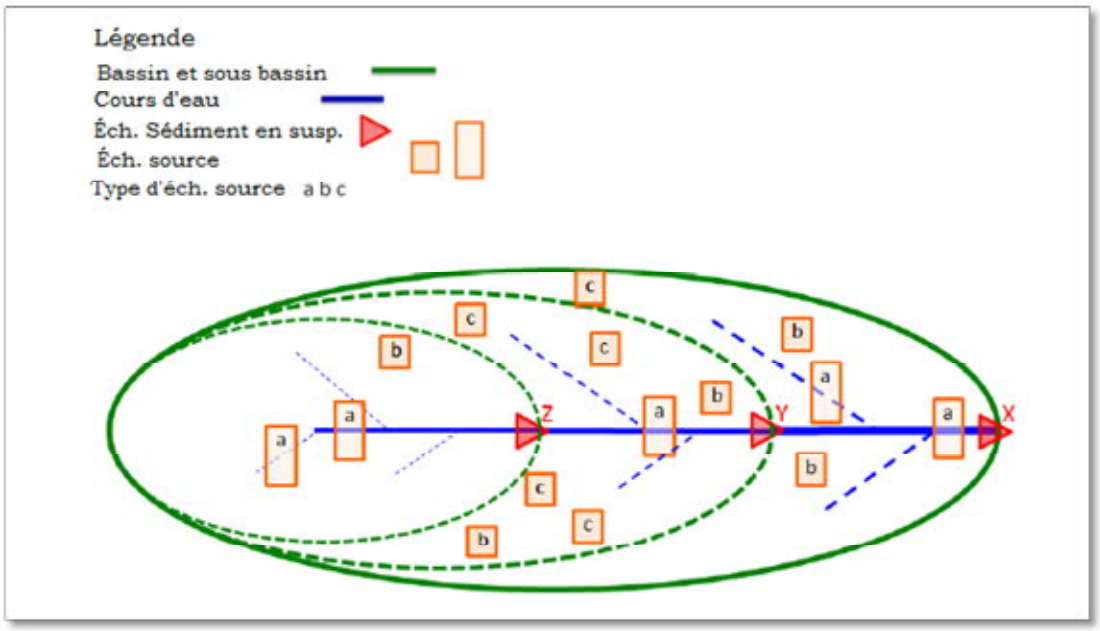


Figure 17 Concept de modélisation par "sources à l'amont" (adapté de Boudreault, 2016)

Étant donné les nombreux sites d'échantillonnage en rivière, reflétant les différentes unités physiographiques et utilisations du territoire, une modélisation a été effectuée à chaque site de récolte de sédiments en suspension, en considérant les échantillons de sources de sédiments récoltés à l'amont de ce site. Une modélisation a également été réalisée séparément pour chaque sous bassin versant puisque ceux-ci possèdent des caractéristiques qui leur sont spécifiques. Le Tableau 4 illustre les données considérées pour la modélisation de chaque site.

Tableau 4 Données considérées dans la modélisation de chaque site

	Sites des sources considérées								
Site de trappe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	X		X	X	X	X	X	X	X
2		X							
3			X	X	X	X	X	X	X
4				X	X	X	X	X	X
5					X	X	X	X	X
6						X		X	X
7							X		
8								X	X
9									X

Le logiciel MixSiar requiert l'entrée de trois fichiers, soit celui contenant les valeurs des traceurs pour les sédiments en suspension, celui contenant les valeurs des traceurs pour les échantillons des sources de sédiments ainsi que celui des coefficients de discrimination. Les graphiques *isospace* sont ensuite produits par MixSiar afin de vérifier que les valeurs des traceurs des sédiments en suspension sont comprises entre les valeurs des sources de sédiments. Un test est effectué afin de s'assurer que les fichiers de données sont correctement structurés et entrés. Pour chaque site, la modélisation a d'abord été réalisée selon une longueur de 100 000 chaines (paramètre de longueur *normal*). Afin de valider la convergence de la modélisation, les résultats du test de diagnostic de Gelman-Rubin et du test de Geweke ont été examinés. Les variables du test de Gelman-Rubin doivent être toutes inférieures à 1,05. Pour le test de Geweke, il doit y avoir moins de 4 variables en dehors de l'intervalle de confiance pour chaque chaine. Pour les cas où les exigences des tests de Gelman-Rubin et de Geweke n'étaient pas satisfaites, la convergence n'était pas atteinte et une modélisation de 300 000 chaînes de longueur (paramètre de longueur *long*) a été effectuée. Les résultats ont finalement été compilés afin de produire des diagrammes à moustaches représentant les proportions de chaque source de sédiments aux sédiments en suspension de chaque site.

5. Résultats et discussion

Le régime hydrologique de la rivière Bulstrode est d'abord étudié. Les résultats des différents types d'analyses, soit la taille des particules, la concentration en radionucléide ^{137}Cs, les concentrations en 15 éléments chimiques et la couleur des particules, sont présentés aux sections qui suivent. Le détail des échantillons utilisés pour l'interprétation est indiqué aux sections suivantes.

5.1 Hydrologie

Étant donné le fort lien entre le climat et le régime hydrologique des rivières au Québec, une étude du climat du bassin versant est disponible à l'annexe B. Le régime hydrologique de la rivière Bulstrode est de type mixte, selon la classification de Pardé (Couture, 2013b). Le régime mixte est caractérisé par deux maxima nets de débits, régis par la fonte des neiges en mars-avril et par les précipitations automnales, et par deux épisodes de débits minimaux, soient les étiages d'hiver et d'été. Les données journalières de débit à la station 030106, au barrage Beaudet, permettent de calculer un débit moyen de 8.25 m^3/s, sur la période s'étendant entre le 1er octobre 1975 et le 31 décembre 2015. Le débit maximal journalier au barrage Beaudet est de 263 m^3/s, atteint le 29 mars 1989 alors que celui minimal journalier, de 0.02 m^3/s, a été atteint le 23 septembre 1983. Les Figures 18 et 19 présentent les variations de débit instantané de la rivière Bulstrode pour les périodes d'échantillonnage printanières et automnales de la présente étude, soient les automnes 2013 à 2015 et les printemps 2014 et 2015. Les débits en graphique sont ceux entrants au réservoir Beaudet, donc ceux de la rivière Bulstrode, calculés à partir de l'équation 2 et des niveaux d'eau au réservoir.

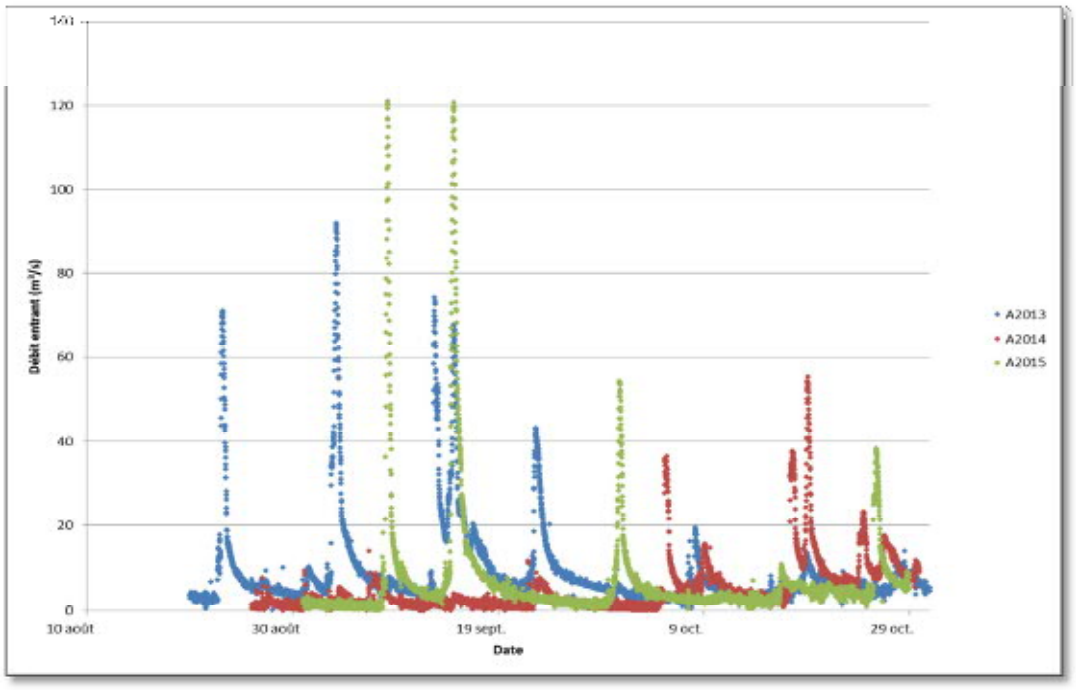


Figure 18 Débits de la rivière Bulstrode à l'entrée du réservoir - Automne

Pour les périodes d'échantillonnage des sédiments en suspension présentées à la Figure 18, les débits à l'automne 2013 ont varié entre 0.215 m^3/s et 92.189 m^3/s, avec une moyenne de 8.855 m^3/s. Des pointes de débit dans la rivière Bulstrode ont été observées autour des 23 août, 3, 12, 14 et 22 septembre. En 2014, les pointes de débit ont été moins nombreuses (5, 17 et 19 octobre) et de moins grande amplitude lors de la période d'échantillonnage. Les débits de la rivière pour l'automne 2014 ont varié entre 0.09 m^3/s et 55.36 m^3/s, avec une moyenne de 4.91 m^3/s. À l'automne 2015, les pointes de débits ont été les plus importantes des trois années étudiées et se sont produites les 8, 14 et 30 septembre et le 25 octobre. Les débits automnaux de cette année ont varié entre 0.08 m^3/s et 120.99 m^3/s, avec une moyenne de 6.79 m^3/s.

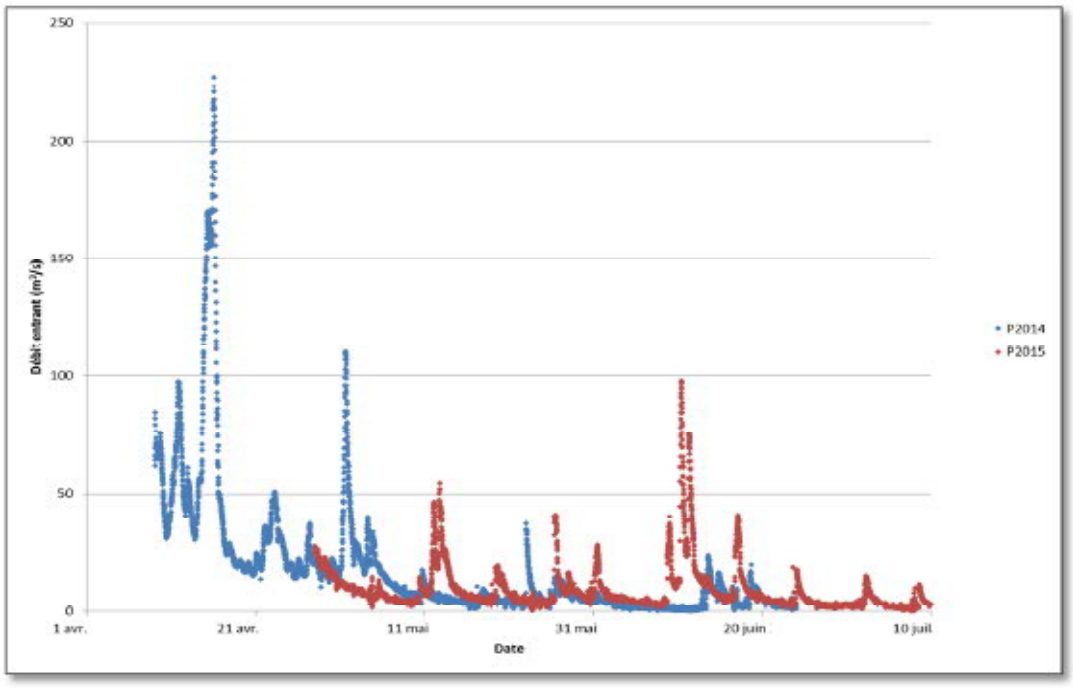


Figure 19 Débits de la rivière Bulstrode à l'entrée du réservoir - Printemps

Les débits de la rivière Bulstrode au printemps sont fortement influencés par la fonte des neiges. Étant donné que cette dernière survient à des moments variables d'une année à l'autre, il est difficile de comparer temporellement les données de débit à cette période de l'année. Au printemps 2014, lors de la campagne d'échantillonnage des sédiments en suspension, les débits instantanés de la rivière Bulstrode ont varié entre 0.18 m^3/s et 227 m^3/s, avec une moyenne de 17.86 m^3/s. Au printemps 2015, la fonte des neiges est survenue plus tard. De plus, la campagne d'échantillonnage a débuté quelques jours après la fonte, pour des raisons de sécurité lors de l'installation des trappes à sédiments. Lors de la période échantillonnée, les débits instantanés de la rivière Bulstrode ont varié entre 0.08 m^3/s et 97.70 m^3/s, avec une moyenne de 8.93 m^3/s. Pour la période 2015 étudiée, la pointe de débit maximal est survenue lors d'un épisode de pluie au début du mois de juin 2015 et non lors de la fonte des neiges.

5.2 Taille des particules

La taille des particules a été déterminée pour la plupart des échantillons récoltés au cours du projet. Les échantillons de sédiments en suspension des campagnes

du printemps 2015 et des automnes 2014 et 2015 ont ainsi été analysés, pour un total de 54 échantillons. Dû à un apprentissage tardif des méthodes d'échantillonnage pour la taille des particules, ce paramètre n'a pas été mesuré dans le cas des campagnes d'automne 2013 et printemps 2014. Pour les sols, un total de 7 échantillons sur 267 n'ont pas été analysés dû à des problèmes de préparation ou de matériel insuffisant suite au tamisage. Dans le cas des berges, ce sont 2 échantillons sur 135 qui n'ont pas été analysés suite à des problèmes de manipulation. Les 38 échantillons de dépôts de rivière prélevés ont été analysés. Enfin, 84 des 89 échantillons de lit de rivière des campagnes 2014 et 2015 ont été analysés pour la taille des particules.

Les résultats obtenus par analyse par image sont les proportions de chaque échantillon comprises dans les intervalles granulométriques 0,001-0,062 mm, 0,062-0,600 mm et 0,600-2,000 mm. Selon la FAO (2006), ces classes correspondent respectivement à de l'argile/silt/sable très fin, du sable fin à moyen et du sable grossier. Les proportions de chaque classe granulométrique ont ensuite été pondérées selon le pourcentage de l'échantillon initial passant le tamis 2 mm. Les masses des échantillons retenues sur le tamis 2 mm ayant été notées, cette portion granulométrique représentant le gravier est également incluse dans les pourcentages présentés. Des analyses spatiales et temporelles sont effectuées à partir des différents résultats obtenus, de manière à obtenir une meilleure compréhension des dynamiques hydrologiques et sédimentaires de la rivière Bulstrode et ses tributaires.

5.2.1 Analyse spatiale

Les fractions granulométriques représentent la moyenne des proportions pour une même classe granulométrique, pour tous les échantillons d'un même type, prélevés à un même site. Par exemple, la fraction granulométrique du sable des sols au site 1 est la moyenne des proportions de sable de tous les échantillons de sol prélevés à ce site.

Les sédiments en suspension étant le reflet de tout ce qui entre dans le cours d'eau en termes de particules, ceux-ci sont d'abord analysés spatialement. La Figure 20 montre les diagrammes circulaires des fractions granulométriques à

chaque site d'échantillonnage en rivière pour les sédiments en suspension. La Figure 21 montre, quant à elle, le profil longitudinal des fractions granulométriques. Le site 1 représente l'aval du bassin versant alors que les sites 8 et 9 sont situés à l'amont. Sur l'axe des abscisses, les traits jaunes représentent l'emplacement des barrages sur la rivière. Les étiquettes « T », combinées à l'encerclement des points de ces sites, mettent en évidence les tributaires. Les distances entre les sites sur l'axe des abscisses ne reflètent cependant pas les distances réelles.

La Figure 20 permet de constater qu'il y a davantage de particules grossières, soit du sable grossier, aux sites 1, 6, 7 et 8. À l'amont du bassin versant, au site 8, l'écoulement s'avère plus torrentiel, avec un ruissellement rapide vu le relief plus escarpé. La rivière Bulstrode a donc une plus grande capacité de transport des particules à cet endroit, ce qui résulte en des particules plus grossières dans les sédiments en suspension échantillonnés. En voyageant vers l'aval, les particules grossières de l'amont se déposent graduellement, ce qui est reflété par la fraction grossière en suspension qui diminue vers l'aval. Le site 7 présente les échantillons contenant le plus de sable grossier. À ce site, la rivière Gobeil coule principalement sur le socle rocheux. Par érosion du lit, la rivière risque donc de transporter une plus grande proportion de sédiments grossiers qu'une rivière qui s'écoule sur un lit de dépôts. Le matériel silteux et argileux est plus présent dans les sédiments en suspension du site 9, représentant le sous bassin versant forestier de la rivière du Huit. Lors de l'échantillonnage des berges, une couche d'argile a été observée près du niveau de la rivière, ce qui n'a pas ou peu été observé aux autres sites. Le type de dépôts à ce site peut donc expliquer la fraction plus importante de matériel fin.

Le profil longitudinal de la Figure 21 met en évidence une légère tendance à l'augmentation de la proportion de sable fin à moyen de l'amont vers l'aval, en combinaison avec la tendance générale à la baisse de la fraction du sable grossier dans la même direction. Cette observation coïncide avec la conclusion de Paola et al. (2014) selon laquelle les sédiments d'une rivière naturelle deviennent plus fins en allant vers l'aval. Le profil indique également une baisse de l'importance de la fraction de silt et argile aux sites 1 et 2, qui sont situés à l'aval du bassin versant,

par rapport aux sites 3 à 6. Cette baisse se fait aux dépens du sable grossier dans le cas du site 1 et du sable fin à moyen au site 2, qui voient leur proportion augmenter. Les deux barrages présents entre les sites 4 et 5 ainsi qu'entre les sites 3 et 4 n'ont pas un impact similaire sur la distribution granulométrique des sédiments en suspension. Les deux barrages ne semblent avoir aucun impact sur la fraction de sable fin à moyen. Au barrage de Ste-Sophie, entre les sites 4 et 5, la proportion de silt et d'argile diminue vers l'aval alors que celle en sable grossier augmente. La tendance inverse est observée entre les sites 3 et 4, là où se trouve le barrage de Princeville. La configuration du barrage de Princeville semble donc favoriser la déposition des particules grossières en suspension à l'amont de celui-ci.

Les mêmes types de graphiques, présentés aux Figures 22 et 23, sont produits pour les échantillons de lit de rivière. Ceux-ci sont représentatifs de la charge sédimentaire en mouvement sur le lit du cours d'eau, qui est constituée du matériel en suspension déposé à un moment et qui constitue le matériel qui sera remis en suspension lors de conditions propices. N'étant pas du matériel en suspension lors de l'échantillonnage, il est attendu que les particules soient plus grossières que le matériel récolté dans les trappes à sédiments au même moment.

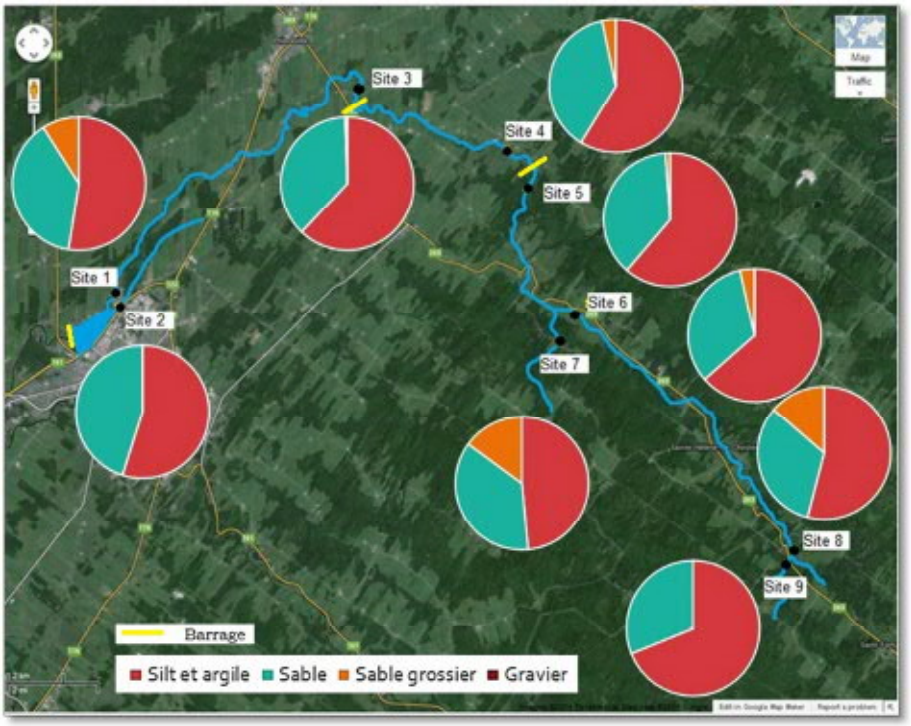


Figure 20 Distributions granulométriques des sédiments en suspension

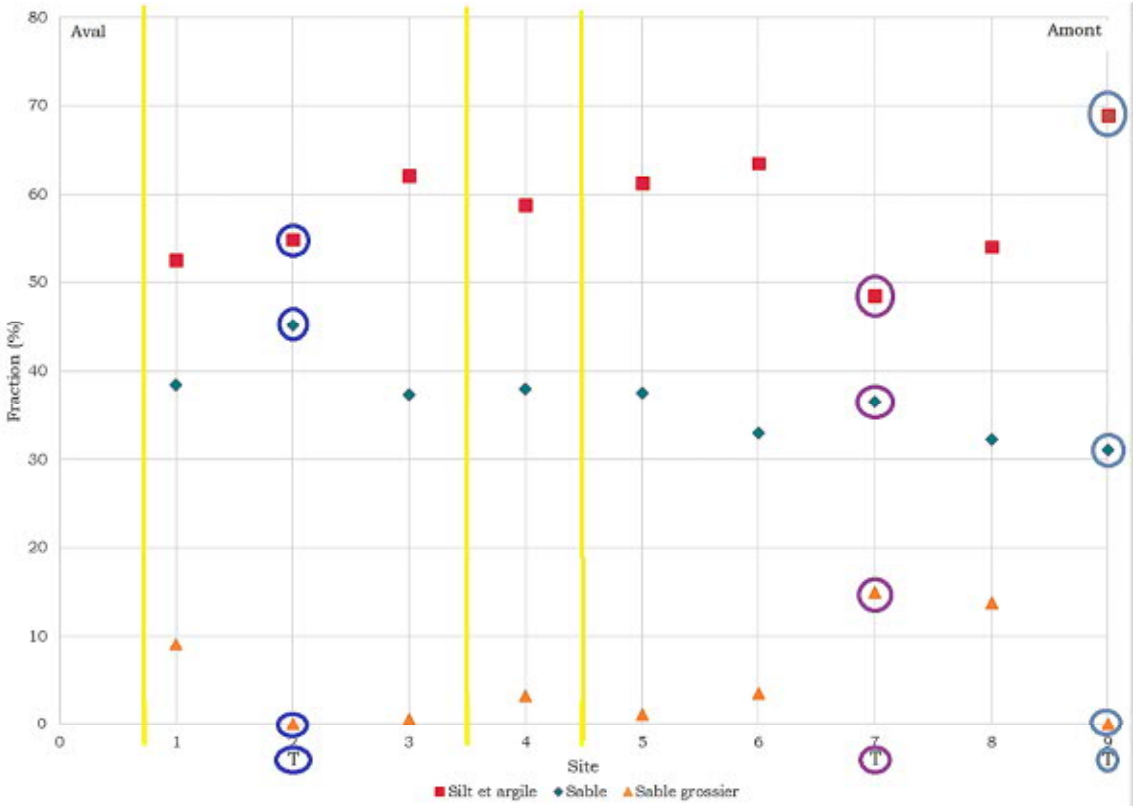


Figure 21 Profil longitudinal des fractions granulométriques des sédiments en suspension

La Figure 22 montre une dominance du gravier aux sites 4, 6 et 8. Cette fraction est également importante aux sites 3, 5, 7 et 9 mais s'avère faible aux sites 1 et 2, situés à l'aval. Une plus grande proportion de sable fin à moyen est observée aux sites 1, 2, 3 et 5 par rapport aux autres sites. Il y a également une plus grande fraction de silt et argile aux sites 1, 2 et 6. Le lit de la rivière devient donc généralement plus fin vers l'aval, avec le gravier qui se dépose graduellement le long de la rivière vu la transition d'un régime d'écoulement torrentiel vers un écoulement davantage fluvial. La Figure 23 met en évidence les tendances similaires de l'amont vers l'aval des fractions de silt et argile et de sable grossier. Le graphique montre également bien l'augmentation de la partie fine vers l'aval, sauf au site 4 où une hausse de la proportion de gravier est observée.

Les distributions granulométriques des échantillons de sols agricoles et forestiers sont présentées sous forme de diagrammes circulaires à la Figure 24. Le profil longitudinal de la granulométrie de ces échantillons est disponible à la Figure 25. Les sols échantillonnés sont constitués en majorité de sable fin à moyen. Les sols des sites 1 à 3 contiennent une plus grande proportion de silt et argile que les autres sites, ce qui peut être corrélé à leur localisation dans les Basses Terres du Saint-Laurent. En effet, celles-ci sont composées des sédiments marins de la mer de Champlain. Les sols des sites 2, 5, 6, 8 et 9 ont des proportions combinées assez semblables de sable grossier et gravier. Les diagrammes circulaires montrent que les sols s'avèrent plus grossiers à l'amont du bassin versant, soit dans la région des Appalaches et que la proportion de gravier diminue vers l'aval sauf pour le site 4. Cette observation coïncide avec celle faite également pour les sédiments en suspension, qui deviennent plus fins en allant vers l'aval. Au site 4, les sols contiennent davantage de gravier que les sols des sites localisés dans la même unité physiographique. Cela peut expliquer la hausse de la proportion de gravier observée dans les échantillons de lit de rivière interprétés précédemment.

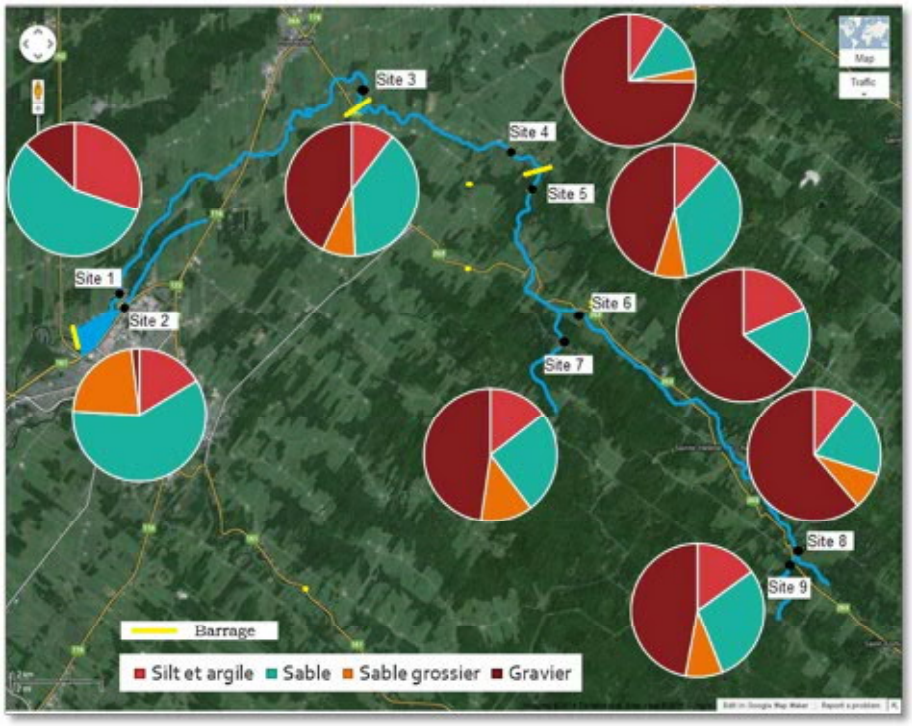


Figure 22 Distributions granulométriques des échantillons de lit de rivière

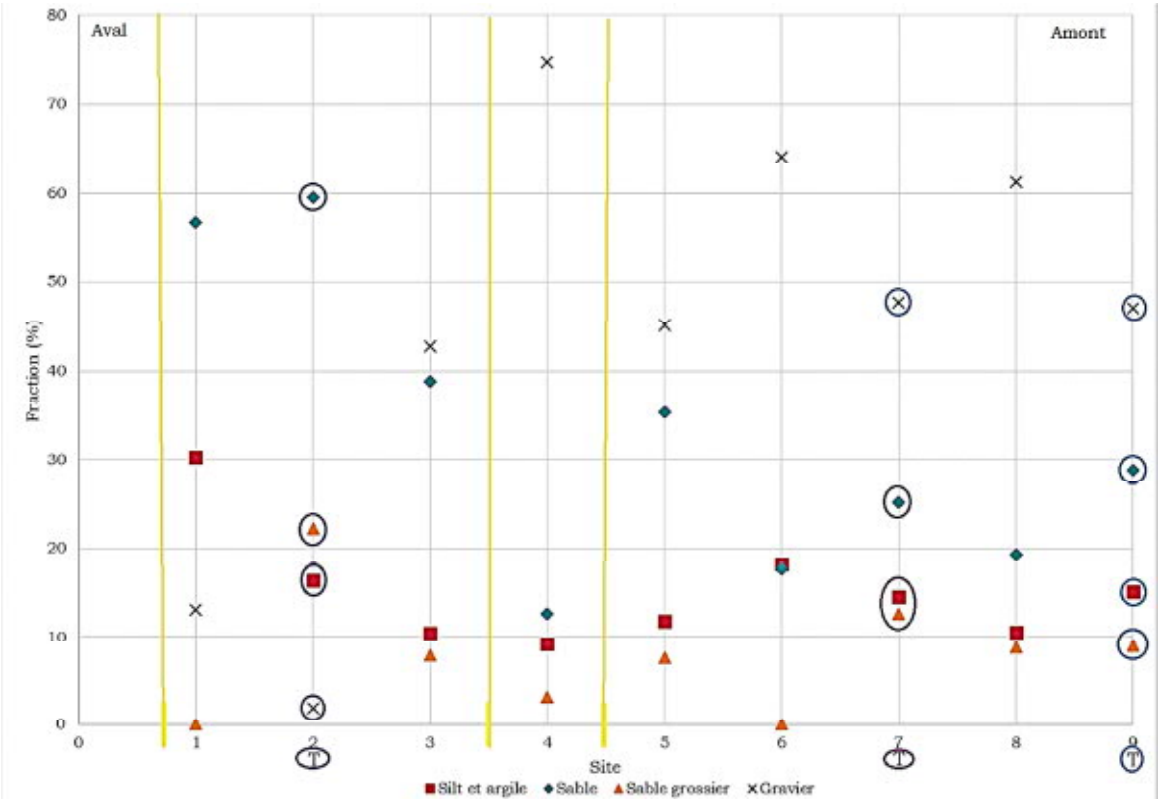


Figure 23 Profil longitudinal des fractions granulométriques des échantillons de lit de rivière

Le graphique longitudinal permet d'apprécier les proportions de sable fin à moyen très similaires aux sites 1, 2, 4 et 5. Les sols échantillonnés au site 3 contiennent moins de sable fin à moyen et plus de silt et argile que les autres échantillons prélevés dans des sols agricoles, tels que ceux des sites 1, 2 et 4. Les sols des sites 7 et 9, qui forment deux sous bassins versants forestiers, ont des fractions fines de proportions semblables. Les sols échantillonnés du site 7 montrent cependant une plus grande proportion de gravier et presque pas de sable grossier alors que les sols du site 9 ont des proportions semblables de gravier et de sable grossier. La distribution granulométrique des sols est donc différente pour ces deux sous bassins versants malgré leur occupation semblable et leur localisation dans la même unité physiographique.

Les graphiques de distributions granulométriques et de profil longitudinal des fractions pour les échantillons de berges de rivière sont disponibles aux Figures 26 et 27 respectivement. Les diagrammes circulaires montrent une dominance de la fraction sableuse dans les berges de tous les sites, sauf au site 8, où cette fraction égale celle de silt et argile. Peu ou pas de gravier est présent dans les berges des sites 1 et 3, alors que cette fraction est plus importante dans celles du site 6. Aux sites 8 et 9, les échantillons de berges sont constitués d'une plus grande proportion de silt et argile que les autres sites, ce qui concorde avec la plus grande proportion retrouvée dans les sédiments en suspension à ces sites. Les berges des sites 3, 5 et 7 sont celles contenant le plus de sable grossier, malgré que cette fraction soit de faible importance relative. La présence de sable grossier dans les échantillons des berges du site 3 peut expliquer l'augmentation de la proportion de cette fraction dans les sédiments en suspension entre les sites 1 et 3, telle qu'observée précédemment. Duhamel et Bariteau (2012) ont d'ailleurs identifié le secteur compris entre ces sites comme le secteur le plus dynamique de la rivière Bulstrode en termes d'érosion des berges.

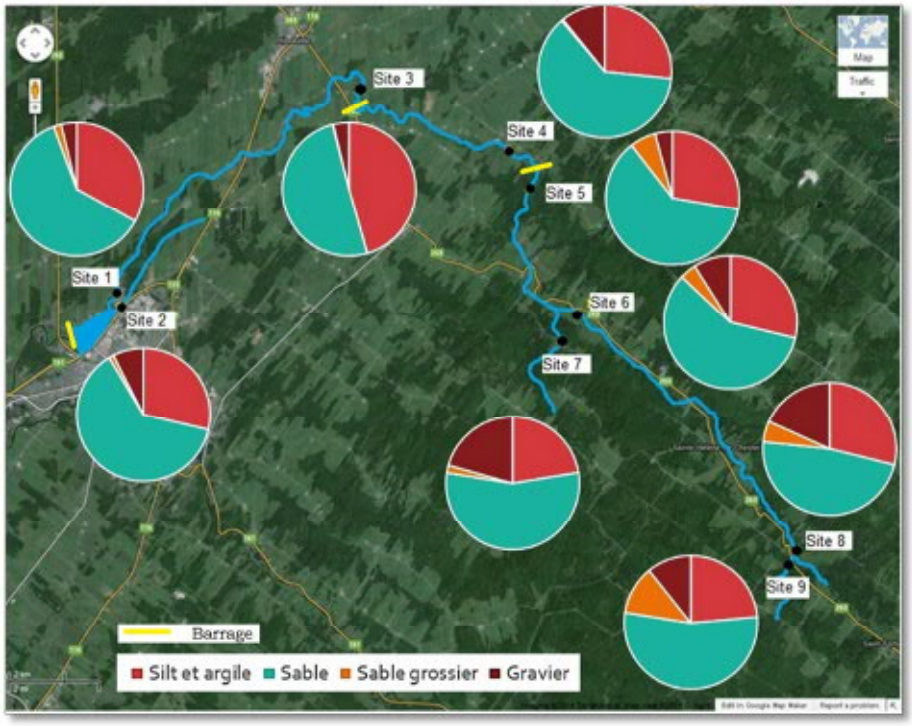


Figure 24 Distributions granulométriques des sols agricoles et forestiers

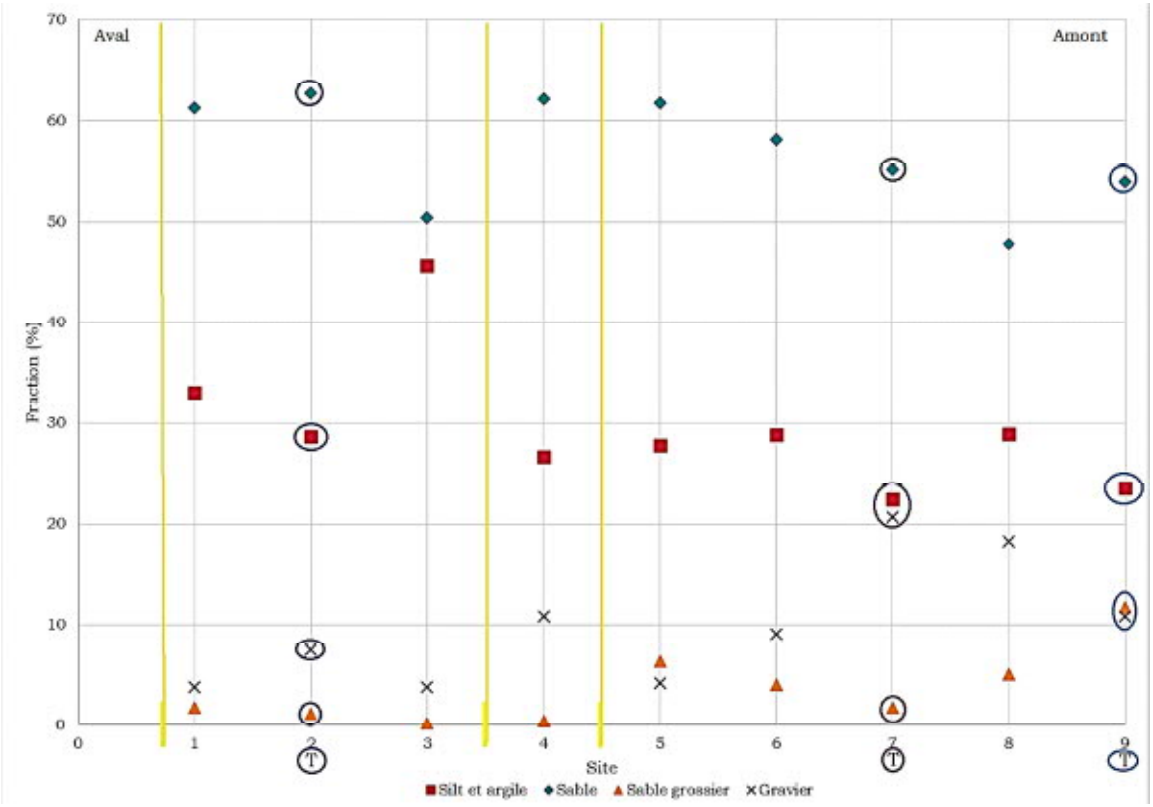


Figure 25 Profil longitudinal des fractions granulométriques des sols agricoles et forestiers

La Figure 27 montre la tendance claire d'augmentation de la fraction de sable fin à moyen dans les échantillons de berges de l'amont vers l'aval, ce qui concorde avec la même tendance observée dans les sédiments en suspension. Cette tendance était moins évidente pour les échantillons des sols, ce qui peut indiquer que les berges contribuent davantage à la charge de sédiments en suspension. Les proportions de gravier et de silt et argile ne montrent cependant pas de tendance longitudinale évidente.

Les distributions granulométriques des dépôts alluvionnaires sont aussi présentées sous forme de diagrammes circulaires à la Figure 28. Le profil longitudinal le long de la rivière est quant à lui montré à la Figure 29. L'appellation de chaque site d'échantillonnage reflète la position des échantillons prélevés. Les sites contenant l'abréviation « BAR » sont localisés à l'amont ou à l'aval immédiat d'un barrage. Les sites contenant l'abréviation « ME » sont des dépôts localisés en rivière, au centre ou dans un méandre. Le dépôt échantillonné 1BAR est situé à l'entrée du réservoir Beaudet, tout juste à l'embouchure de la rivière Bulstrode. Le dépôt 3BAR est constitué du matériel déposé à l'aval du barrage de Princeville alors que le dépôt 5BAR est situé quelques mètres à l'amont du barrage de Sainte-Sophie. Le dépôt 8ME est localisé à l'amont du site 8 et à l'amont de la jonction entre les rivières Bulstrode et du Huit.

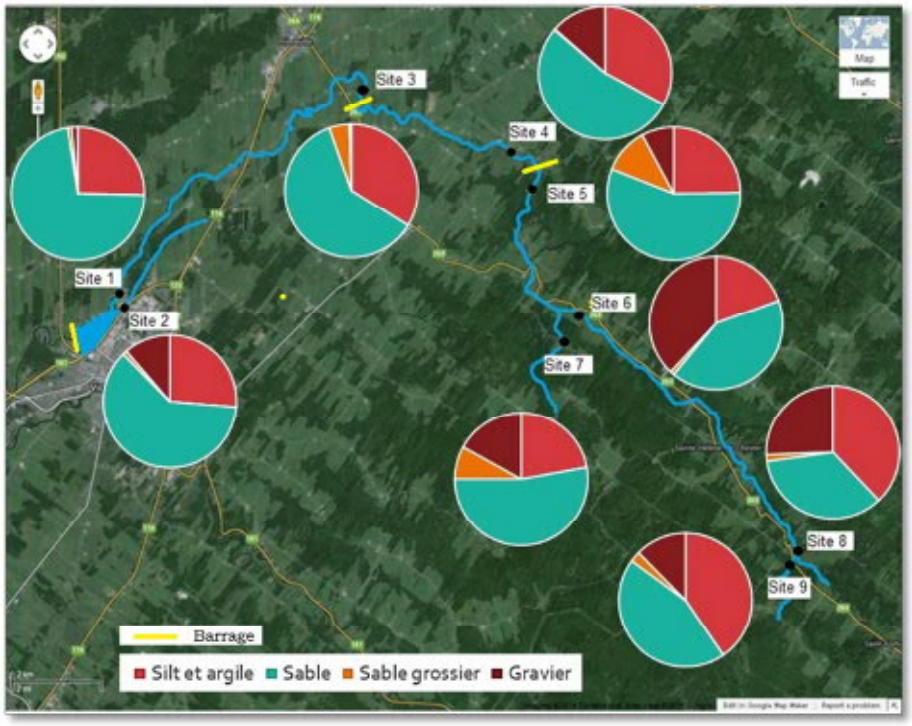


Figure 26 Distributions granulométriques des berges de rivière

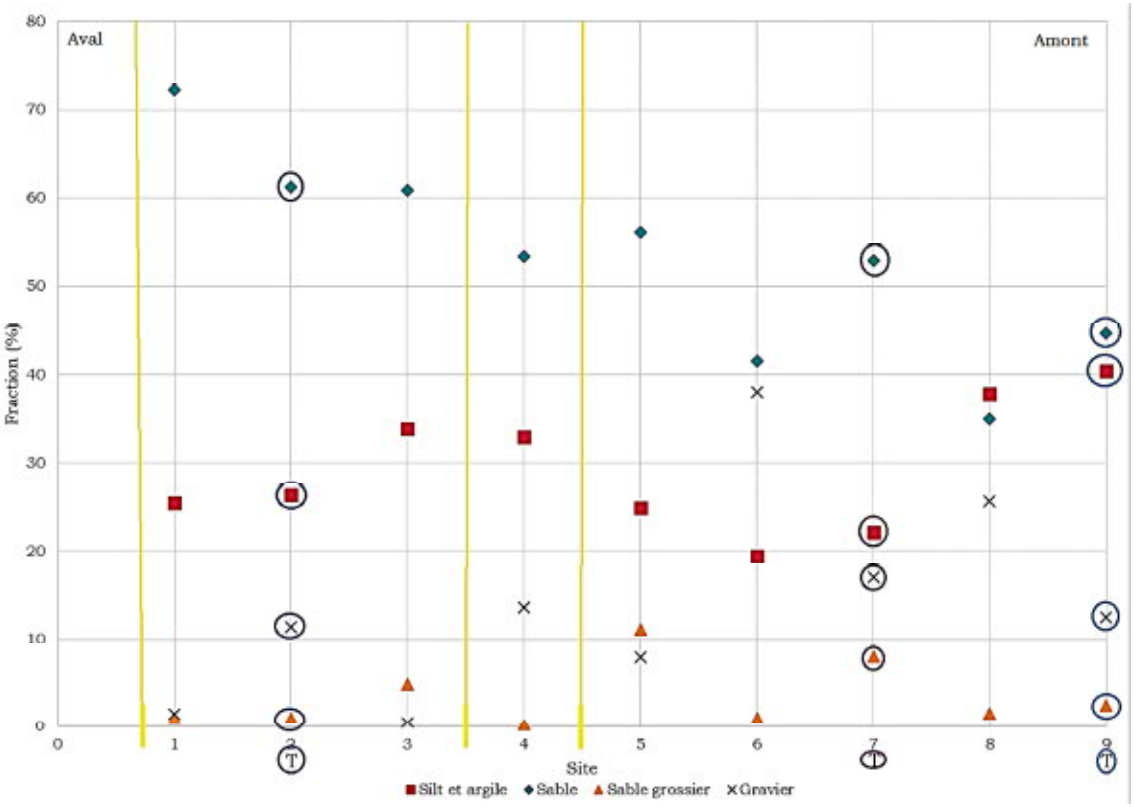


Figure 27 Profil longitudinal des fractions granulométriques des berges de rivière

La Figure 28 montre que l'échantillon du dépôt 8ME est celui contenant le plus de gravier. La rivière Bulstrode semble donc avoir une plus grande capacité de transport des grosses particules à l'amont du bassin versant, puisque celles-ci sont transportées jusqu'à ce point et leur proportion diminue ensuite. Cette hypothèse concorde également avec les observations faites pour les sédiments en suspension et les échantillons de lit de rivière. L'échantillon du dépôt 5BAR est constitué de particules plus grossières que les échantillons situés à son aval. Le barrage de Sainte-Sophie retient donc les particules plus grossières à son amont. Les particules plus fines demeurent en suspension et sont transportées vers l'aval du bassin versant. Les fractions granulométriques des échantillons de 1ME et 3BAR s'avèrent assez semblables vu leur position à l'aval du barrage de Princeville et l'absence de changement particulier de la rivière entre ces deux dépôts. L'échantillon du dépôt 1ME contient cependant plus de gravier que l'échantillon du dépôt à l'entrée du réservoir, le 1BAR. Le dépôt 1ME semble être constitué du matériel plus grossier transporté par le secteur le plus actif de la rivière Bulstrode, celui compris entre les sites 1 et 3.

La Figure 29 met en évidence la tendance générale à l'augmentation de l'amont vers l'aval des fractions de silt et argile et de sable fin à moyen. Tout comme la plupart des types d'échantillons analysés précédemment, les particules des dépôts alluvionnaires deviennent plus fines vers l'aval.

Le sable grossier est peu ou pas présent dans les dépôts situés à l'aval du barrage de Princeville. Cette fraction granulométrique semble se déposer principalement à l'amont du barrage de Princeville, ce qui concorde avec les conclusions tirées des sédiments en suspension.

La comparaison des graphiques longitudinaux de tous les types d'échantillons récoltés met d'abord en évidence la même tendance de l'amont vers l'aval de la fraction fine, soit le silt et argile, pour les échantillons de berges et de sédiments en suspension. Cette tendance similaire peut laisser supposer une corrélation plus forte entre les sédiments en suspension et les particules provenant des berges que des sols par exemple. Les proportions pour chaque type d'échantillon sont toutefois différentes.

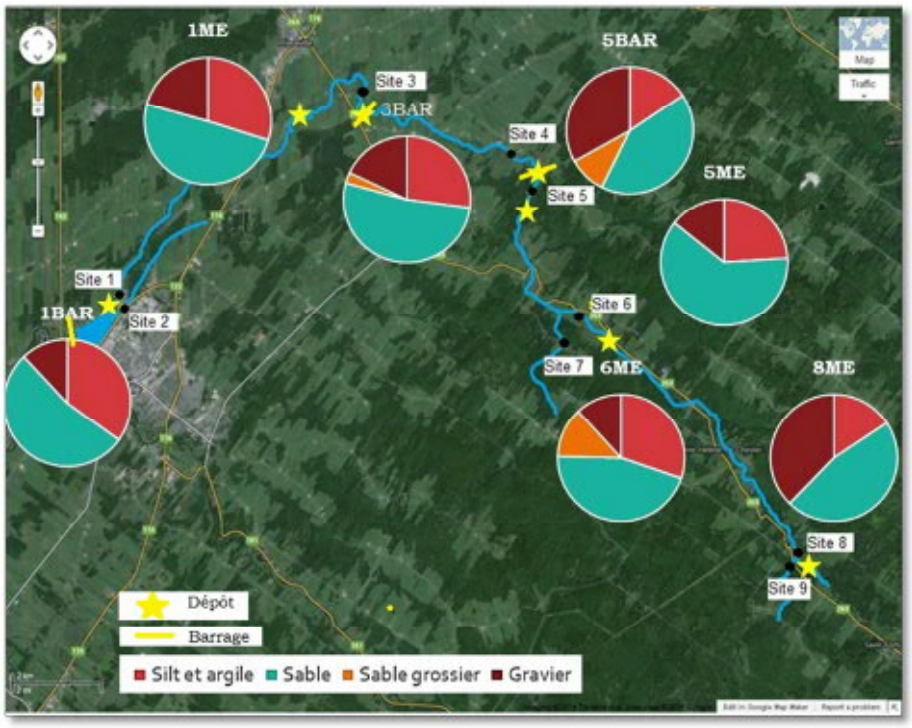


Figure 28 Distributions granulométriques des dépôts alluvionnaires

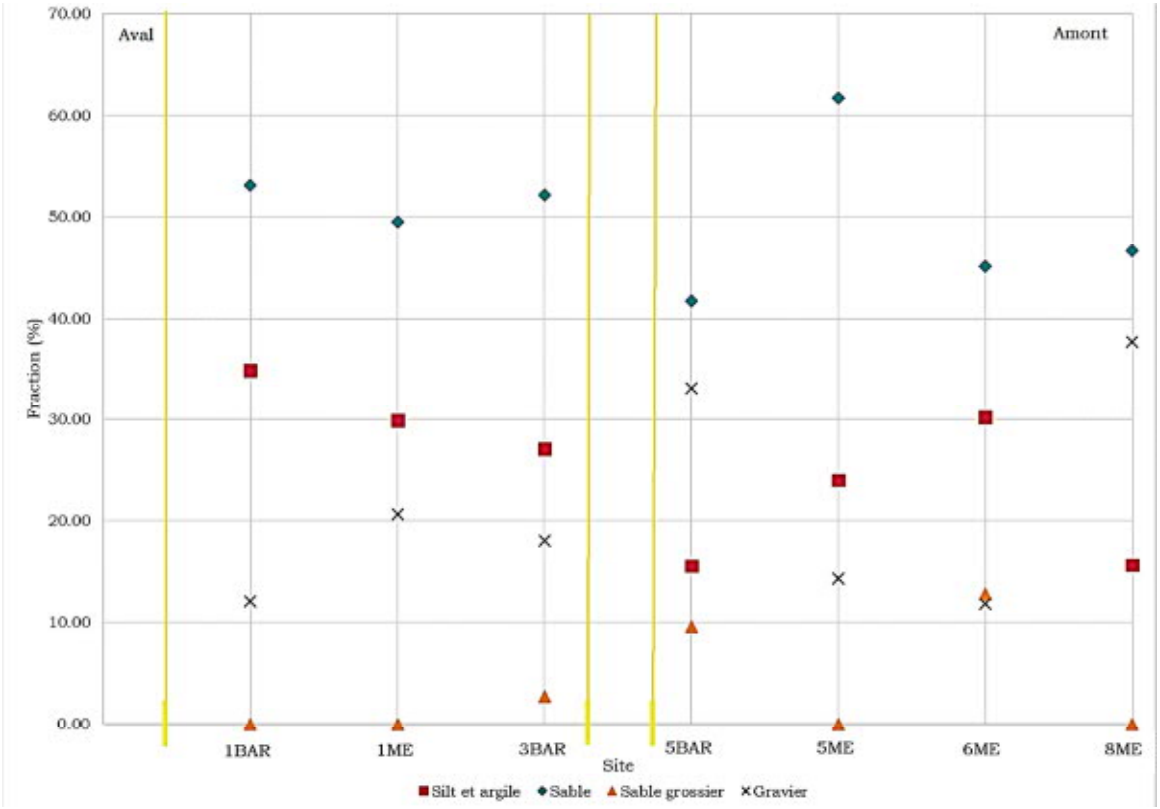


Figure 29 Profil longitudinal des fractions granulométriques des dépôts de rivière

En résumé, l'étude spatiale de la taille des particules des sédiments indique une tendance générale à l'augmentation de la fraction fine de l'amont vers l'aval du bassin versant de la rivière Bulstrode, que ce soit pour les sédiments en suspension, les berges, le lit de la rivière, les sols ou les dépôts le long du cours d'eau. Les sédiments en suspension et les échantillons de berges laissent supposer une contribution importante d'une couche de silt et argile aux sites 8 et 9 situés à l'amont du bassin versant. Les différentes unités physiographiques du bassin versant ne semblent pas exercer une influence déterminante dans la variation spatiale de la taille des particules, exceptée pour le fait que les sols sont plus grossiers dans les Appalaches. L'influence des barrages de Princeville et de Sainte-Sophie sur la dynamique sédimentaire est limitée à la fraction grossière des sédiments en suspension et se reflète également dans la composition des dépôts de particules. Enfin, les sols et les berges du bassin versant, les sources principales présumées de sédiments, sont composés majoritairement de sable fin à moyen. En comparaison, les échantillons de sédiments en suspension montrent une dominance du silt et argile, puisque la fraction fine est plus facilement mise en suspension et transportée. Cette différence de taille des particules entre les sources et le matériel en suspension peut cependant laisser présager une sélectivité des particules lors du transport.

5.2.2 Analyse temporelle

Une analyse temporelle de la taille des particules s'avère également de mise afin d'obtenir une meilleure compréhension de la dynamique sédimentaire de la rivière Bulstrode et ses tributaires selon les saisons. Les échantillons des sources potentielles de sédiments ayant été prélevés lors d'une même saison, l'analyse temporelle n'est effectuée que sur les échantillons de sédiments en suspension et sur les échantillons de lit de rivière. Les fractions granulométriques montrées représentent la moyenne des proportions pour une même classe granulométrique, prélevés à un même site. Les moyennes calculées pour les saisons de printemps et d'automne sont ainsi comparées.

Les Figures 30 et 31 montrent les diagrammes circulaires des distributions granulométriques des sédiments en suspension à chaque site, pour les saisons du printemps et de l'automne respectivement. Les diagrammes de la Figure 30 prennent seulement en compte les échantillons de la campagne du printemps 2015 puisque la méthodologie de prélèvement pour l'analyse de la taille des particules n'a été élaborée qu'à l'été 2014. Le débit moyen de la rivière Bulstrode au printemps 2015 a été de 8,93 m^3/s. La Figure 31 présente les moyennes des fractions granulométriques des échantillons de sédiments en suspension prélevés lors des campagnes automnales 2014 et 2015, pour lesquelles le débit moyen de la rivière Bulstrode a été de 5,85 m^3/s. Les débits sont moins importants à l'automne puisque l'hydrologie est davantage contrôlée par les événements de pluie que par les crues liées à la fonte des neiges. Les niveaux d'eau des cours d'eau sont moins élevés qu'au printemps, ce qui limite l'importance de l'érosion des berges.

La comparaison des deux figures montre d'abord que les sédiments en suspension des sites 1, 3, 4 et 6 contiennent une plus grande proportion de sable grossier au printemps qu'à l'automne. Au printemps, la rivière Bulstrode aurait une plus grande capacité de transport des sédiments à ces sites. Cette observation au site 3 peut également refléter le transport en suspension au printemps de particules grossières qui étaient déposées à l'amont du barrage de Princeville ou de celles contenues dans le dépôt présent à l'aval du barrage. Au site 1, cette observation peut être le reflet de la dynamique sédimentaire plus

intense du secteur à méandres situé entre les sites 1 et 3, qui, selon Duhamel et Bariteau (2012), semble générer une grande partie des sédiments. La présence accrue de sable grossier au site 1 au printemps laisse présager une plus grande puissance du cours d'eau en termes de transport, mais également en termes de potentiel d'érosion des berges. La fraction de sable grossier présente au site 4 au printemps semble indiquer une mise en suspension des particules grossières accumulées à l'amont du barrage de Sainte-Sophie. En effet, les sédiments en suspension récoltés au site 5, situé à l'amont du barrage de Sainte-Sophie, ne contiennent pas de sable grossier au printemps alors que ceux récoltés à l'aval en contiennent.

Les Figures 30 et 31 mettent également en évidence la proportion importante de silt et argile au printemps aux sites 2, 8 et 9. Les berges des sites 8 et 9 contenant une plus grande proportion de silt et d'argile que les sols, l'augmentation de la fraction fine au printemps laisse croire à un apport plus important de sédiments provenant des berges en érosion lors de la fonte des neiges.

La comparaison des fractions granulométriques aux deux saisons indique que contrairement aux sites 1, 3, 4 et 6, les sédiments en suspension des sites 5 et 8 contiennent plus de sable grossier à l'automne. Il s'avère difficile d'émettre des hypothèses concernant les sédiments en suspension prélevés au site 5 puisque la proportion de sable grossier est semblable pour les berges et les sols à cet endroit. Au site 8, la fraction de sable grossier est plus importante pour les sols que pour les berges. Il est donc possible de croire à une augmentation de l'importance de la contribution des sols à la charge sédimentaire de la rivière Bulstrode à l'automne.

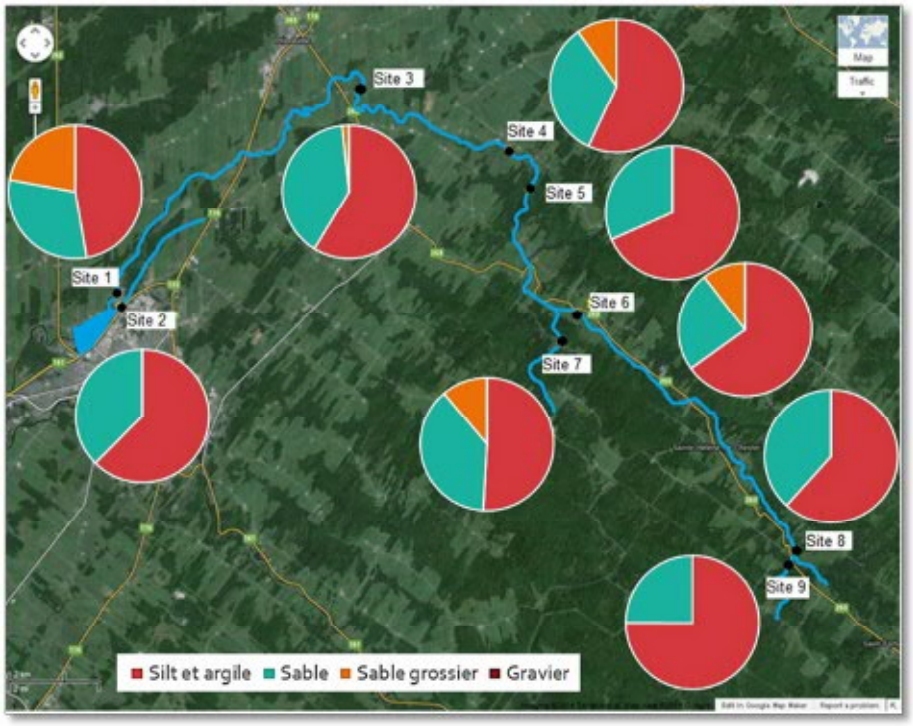


Figure 30 Distributions granulométriques des sédiments en suspension - Printemps

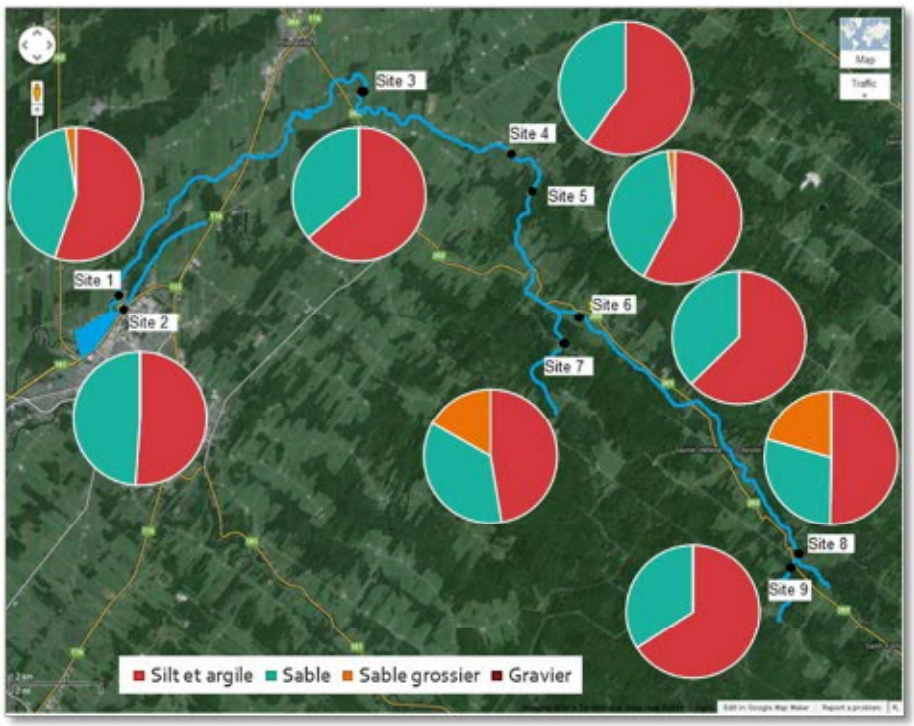


Figure 31 Distributions granulométriques des sédiments en suspension - Automne

Il est également observé que la proportion de sable grossier dans les sédiments en suspension du site 7 est semblable au printemps et à l'automne. Au printemps, le sable grossier est également présent dans les sédiments en suspension du site 6 alors qu'il n'est pas présent dans ceux à l'aval de ces deux sites, au site 5. En débit de crue, dans ce segment de rivière, il semble donc se produire une déposition du sable grossier. À l'automne, la fraction de sable grossier n'est pas transportée en suspension au site 6, alors que du sable grossier est présent dans les sédiments en suspension échantillonnés au site 5. Les débits de la rivière Bulstrode étant moins importants à l'automne qu'au printemps, le sable grossier devait être déposé davantage qu'au printemps. La présence de sable grossier dans les échantillons de lit de rivière au site 5, tel que montré à la Figure 22, supporte l'hypothèse de déposition de cette fraction entre les deux sites 6 et 7 et le site 5 à l'aval. La présence de sable grossier en suspension au site 5 à l'aval laisse donc présager l'apport d'une source de particules de cette fraction entre les sites 6 et 5. Les sols et les berges du site 5 contenant tous deux du sable grossier, l'origine de cet apport est cependant impossible à déterminer par l'analyse seule de la taille des particules.

La Figure 31 montre des diagrammes circulaires de fractions granulométriques assez similaires pour tous les sites à l'automne, excepté pour le site 7, qui s'avère être un sous bassin versant forestier, et pour le site 8. Les processus de transport des sédiments en suspension semblent donc assez uniformes dans tout le bassin versant à l'automne et sans influence majeure de la présence des barrages.

Les Figures 32 et 33 illustrent les distributions granulométriques moyennes des échantillons de lit de rivière au printemps et à l'automne respectivement. Il est à noter qu'aucun échantillon de lit de rivière n'a été prélevé à l'automne au site 4 durant les trois années d'échantillonnage vu les conditions non sécuritaires ou l'absence de dépôts fins lors du retrait des trappes à sédiments. Le Tableau 5 résume les campagnes considérées dans le calcul des moyennes des fractions granulométriques des échantillons de lit de rivière.

Tableau 5 Campagnes considérées dans le calcul des moyennes des distributions granulométriques

Sites	Printemps		Automne	
	2014	2015	2014	2015
1		X	X	X
2	X	X	X	X
3	X		X	X
4	X	X		
5	X	X	X	X
6	X	X	X	X
7	X	X	X	X
8	X	X	X	X
9	X	X	X	X

En général, les Figures 32 et 33 illustrent des tendances saisonnières différentes pour la taille des particules des échantillons de lit de rivière que pour les sédiments en suspension, excepté pour les sites 5, 6 et 9. Les échantillons de lit de rivière sont des échantillons ponctuels, en termes d'endroit et de temps. Ils reflètent le lit en quelques endroits seulement. Contrairement aux sédiments en suspension qui sont échantillonnés de manière continue sur une longue période, les échantillons de lit de rivière reflètent la composition du lit à l'instant seulement auquel ils ont été prélevés. Il s'avère donc plus difficile d'émettre des hypothèses sur les processus sédimentaires saisonniers.

Les graphiques permettent cependant de remarquer une diminution du gravier et une augmentation de la fraction de sable fin à moyen de l'amont vers l'aval durant l'automne. Au site 5, les échantillons de lit de rivière prélevés en automne montrent une plus grande proportion de sable grossier que ceux récoltés aux sites 6 et 7 situés directement à l'amont. Il est ainsi possible de soupçonner une source de sable grossier entre les sites 6- 7 et le site 5, tel qu'il avait été supposé avec les diagrammes des sédiments en suspension. Au printemps, les fractions de silt et argile et de sable fin à moyen montrent une tendance générale à l'augmentation de l'amont vers l'aval du bassin versant. Au printemps, au site 5, les échantillons de lit de rivière comportent une fraction de sable grossier alors que directement à l'amont, seul le site 7 en contient. Tel que conclu pour les sédiments en suspension, le sable grossier semble se déposer au printemps entre les sites 7 et 5, puisque son importance relative est moindre à l'aval.

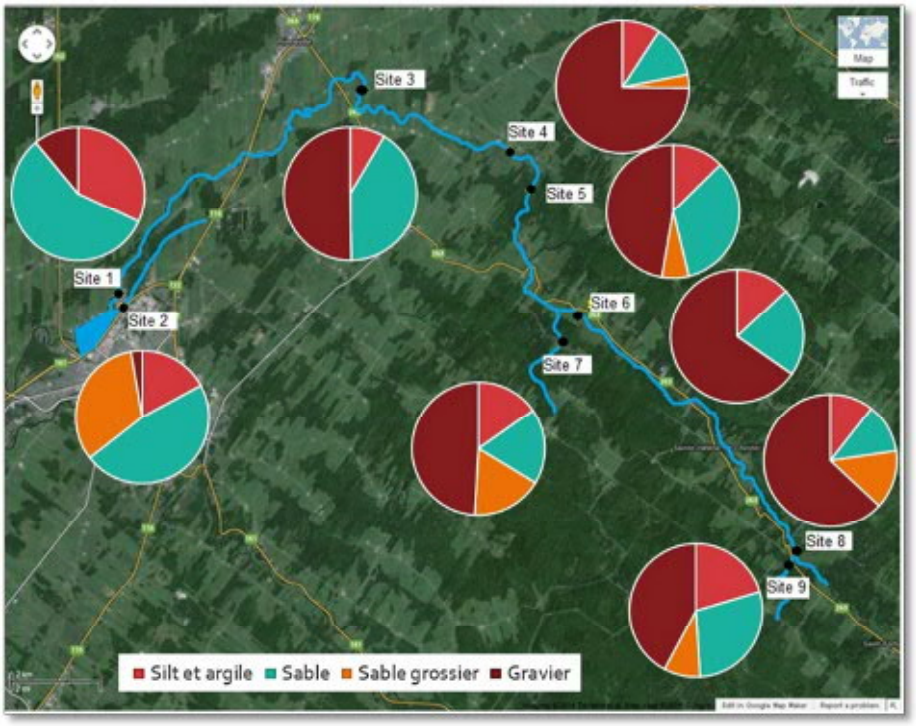


Figure 32 Distributions granulométriques du lit de la rivière - Printemps

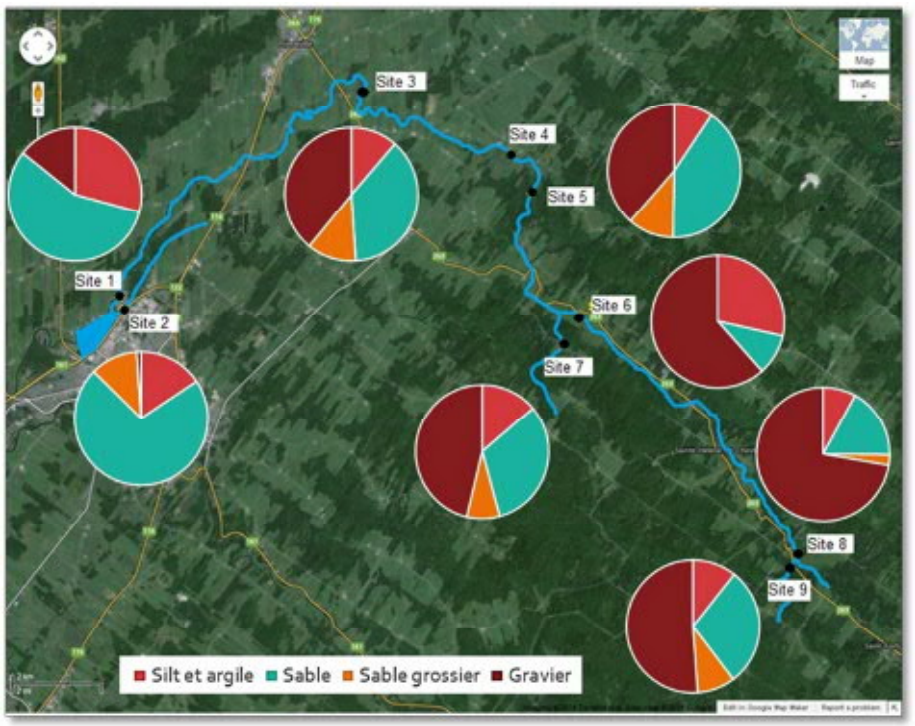


Figure 33 Distributions granulométriques du lit de la rivière - Automne

Au printemps, sauf pour le site 7, les distributions granulométriques des échantillons de lit de rivière permettent de déduire des tendances de transport et de déposition des particules. En effet, aux sites 1, 3, 4 et 6, le sable grossier est présent dans les sédiments en suspension alors qu'il est absent des échantillons de lit de rivière, ce qui indique un transport à ces sites. Au site 1, situé à l'entrée du réservoir Beaudet, cela s'avère logique vu la problématique des sédiments transportés entrant dans celui-ci. Le site 3 s'avère également un secteur de la rivière très dynamique du point de vue sédimentaire, ce qui concorde avec l'hypothèse de transport à ce site. Aux sites 2, 5, 8 et 9, les échantillons de sédiments en suspension ne contiennent pas de sable grossier alors que celui-ci est retrouvé dans les échantillons de lit de rivière, ce qui permet de conclure à une dynamique de déposition en ces endroits. Au site 2, la rivière L'Abbé montre un écoulement faible et lent, ce qui favorise effectivement la déposition. Le site 5 étant situé à l'amont du barrage de Sainte-Sophie, l'hypothèse de déposition semble logique. Enfin, aux sites 8 et 9, cette conclusion laisse présager que les sédiments générés à l'amont du bassin versant seraient rapidement déposés et ne migreraient pas de façon importante vers l'aval, jusqu'au réservoir. Ces tendances de transport et déposition observées au printemps sont similaires à l'automne, quoique beaucoup moins nettes. Elles peuvent être observées aux sites 1, 2, 3, 5, 8 et 9. Les diagrammes des fractions granulométriques des échantillons de lit de rivière récoltés au printemps et à l'automne permettent de constater une dynamique sédimentaire saisonnière non constante à tous les sites. Ainsi, il est difficile de conclure à une influence des différentes unités physiographiques, de l'occupation du territoire et de la présence des barrages sur la distribution granulométrique des échantillons de lit de rivière.

L'analyse temporelle des échantillons de sédiments en suspension montre que le transport des sédiments varie en fonction de la saison, le printemps et l'automne ayant été étudiés de manière distincte. La dynamique de transport varie également selon les sites échantillonnés dans le bassin versant. La présence des barrages ne semble pas avoir une influence majeure à l'automne. Au printemps cependant, les sédiments accumulés à l'amont de ceux-ci semblent remis en suspension et transportés. Les échantillons de lit de rivière, de par leur nature ponctuelle, permet difficilement de conclure à des tendances saisonnières. Ils ont

cependant permis de poser des hypothèses sur des processus de transport présents aux sites 1, 3, 4 et 6 et de déposition aux sites 2, 5, 8 et 9.

5.3 Radionucléide – ^{137}Cs

Les résultats d'activité du ^{137}Cs sont disponibles pour les échantillons de sédiments en suspension, de berges de rivière et de sols (les premiers 10 centimètres de profondeur). Les données brutes sont présentées à l'annexe C. La Figure 34 montre les concentrations en radionucléide pour les différentes classes d'échantillons considérées. La section 5.6 explique les étapes ayant mené aux choix des 4 classes étudiées. La classe « *Banktop* » représente les échantillons des horizons supérieurs des profils de berges. La classe « *Bankbot* », nom provenant de « *streambank bottom* », inclut les échantillons des horizons inférieurs des profils de berges. La classe « *Agrifield* », nom provenant de « *agricultural field* », représente les échantillons des sols agricoles alors que la classe « *Forestfields* » comprend les échantillons des sols forestiers. À ce point, aucune distinction n'a été faite selon les unités physiographiques.

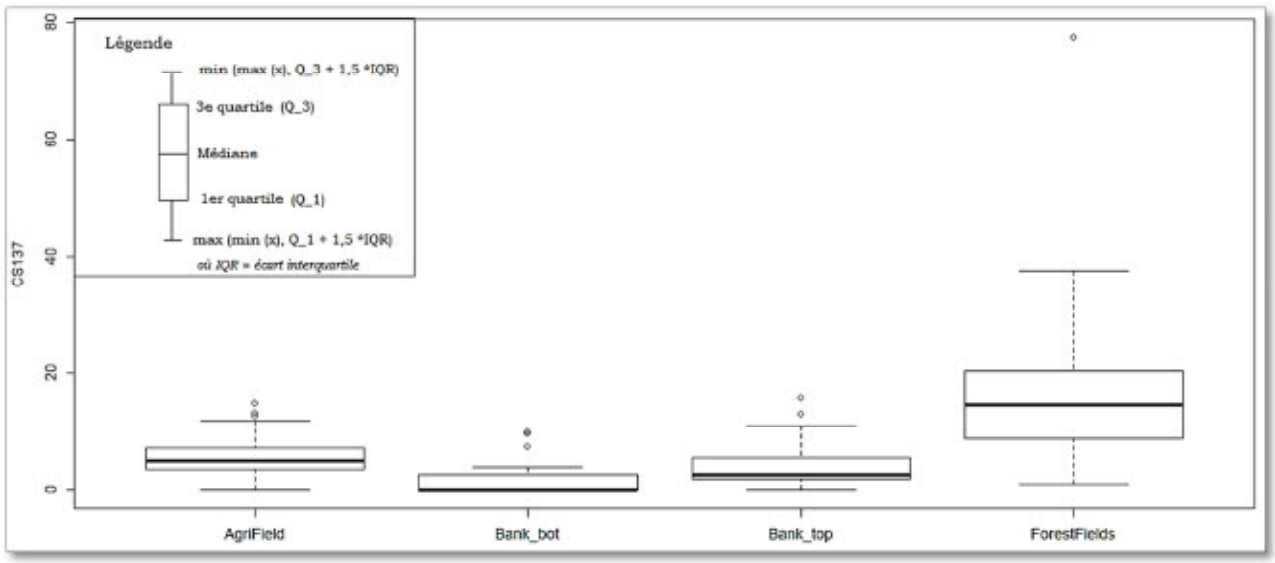


Figure 34 Concentrations en ^{137}Cs

Cette figure des concentrations en ^{137}Cs permet de visualiser le pouvoir discriminatoire de ce traceur pour les particules de surface et celles de subsurface, tel qu'attendu. D'abord, les moyennes des deux classes d'échantillons

de berges sont différentes. En effet, le ^{137}Cs est présent dans l'horizon supérieur, vu la déposition atmosphérique en surface alors que les horizons inférieurs du profil n'ont pas été exposés aux retombées. Les concentrations ne sont cependant pas nulles pour les horizons inférieurs des berges puisqu'il existe une migration naturelle du traceur vers le bas et une possibilité que le matériel du haut de la berge se soit retrouvé à sa base et ait été échantillonné. Les concentrations en ^{137}Cs sont en moyenne également plus élevées dans les sols que dans les berges. Les sols forestiers montrent des concentrations en ^{137}Cs plus élevées que celles des sols agricoles, ainsi qu'une plus grande variabilité dans les valeurs des données. Les sols forestiers, de par leur couvert végétal, sont en effet moins exposés aux processus d'érosion de surface. L'hétérogénité de ce couvert peut toutefois expliquer la plus grande variabilité des concentrations de ^{137}Cs. Les observations faites pour les concentrations en ^{137}Cs pour les quatre classes d'échantillons concordent avec celles faites par Mukundan et al. (2010).

5.4 Géochimie

Les résultats de géochimie sont également disponibles pour les échantillons de sédiments en suspension, de berges et de sols pour l'horizon de surface. Les données brutes sont disponibles à l'annexe C. Les résultats sous les limites de détection ont été fixés pour la suite à la moitié de cette limite, de manière à obtenir une valeur assez différente des valeurs détectées tout en n'abaissant pas artificiellement les moyennes des résultats, comme ça aurait été le cas en les remplaçant par des valeurs nulles. Les diagrammes à moustaches pour les quinze éléments géochimiques analysés pour les quatre types de sources de la section précédente sont disponibles à l'annexe D et à la Figure 35. La légende des diagrammes à moustaches est la même que celle utilisée à la Figure 34.

L'observation des quinze graphiques mène à la conclusion que six éléments géochimiques semblent montrer un potentiel discriminatoire entre les quatre types de sources. En effet, visuellement, les éléments de cadmium (Cd), cobalt (Co), magnésium (Mg), nickel (Ni), phosphore (P) et plomb (Pb) présentent des concentrations moyennes différentes pour un ou plusieurs types de sources. Ce sont ces éléments qui sont présentés à la Figure 35.

Le cadmium montre des concentrations plus élevées dans les sols que dans les berges. Cette concentration est également la plus élevée dans les sols forestiers, mais présente aussi la plus grande variabilité. Selon Baillargeon-Nadeau (2016), le cadmium est concentré dans la couche de surface des sols, dans les premiers 15 centimètres de profondeur, ce qui explique les valeurs plus faibles dans l'horizon inférieur des berges. De plus, les concentrations en cadmium sont plus élevées, soit jusqu'à 2,5 ppm, dans les sols organiques tels que les sols forestiers, que dans les autres types de sols, qui présentent des valeurs normales entre 0,06 et 1,1 ppm. Au Québec, les concentrations moyennes en cadmium varient entre 0,24 et 0,32 ppm (Choinière et Beaumier, 1997), ce qui est comparable avec les valeurs obtenues pour les sols agricoles et les berges.

Dans le cas du cobalt, les concentrations sont plus élevées pour les échantillons de bas de berges et plus faibles pour les sols agricoles. Le magnésium s'avère aussi en plus forte concentration dans les échantillons de berges, sans distinction pour le haut ou le bas du profil. La concentration en magnésium est semblable dans les deux types de sols. Les mêmes observations s'appliquent aux concentrations en nickel. Selon Robidas (2011), le nickel est un élément plus mobile dans les sols que le plomb et le cadmium. Il est en effet mobilisé par les eaux de surface et souterraines. Un lessivage du nickel des sols de surface peut donc expliquer les concentrations plus faibles dans les sols et sa présence en bordure de rivière.

Les concentrations en phosphore sont plus faibles dans les berges que dans les sols agricoles et forestiers. Le contenu en phosphore est également plus variable dans les sols forestiers que dans les autres types de sources. Il est attendu que le phosphate soit en plus grande concentration dans les sols agricoles que dans les berges, puisque des engrais et fumiers sont appliqués aux champs et ceux-ci contiennent du phosphore. Les engrais et fumiers ne peuvent pas, en théorie, être appliqués en bordure de champ et en zone riveraine. Dans le bassin versant de la rivière Bulstrode, le contenu en phosphore s'avère cependant plus élevé dans les sols forestiers que dans les sols agricoles, même si ceux-ci sont enrichis. Selon l'APLCDS (2013), les sols forestiers contiennent en effet beaucoup de phosphore, issu de la décomposition de la matière organique.

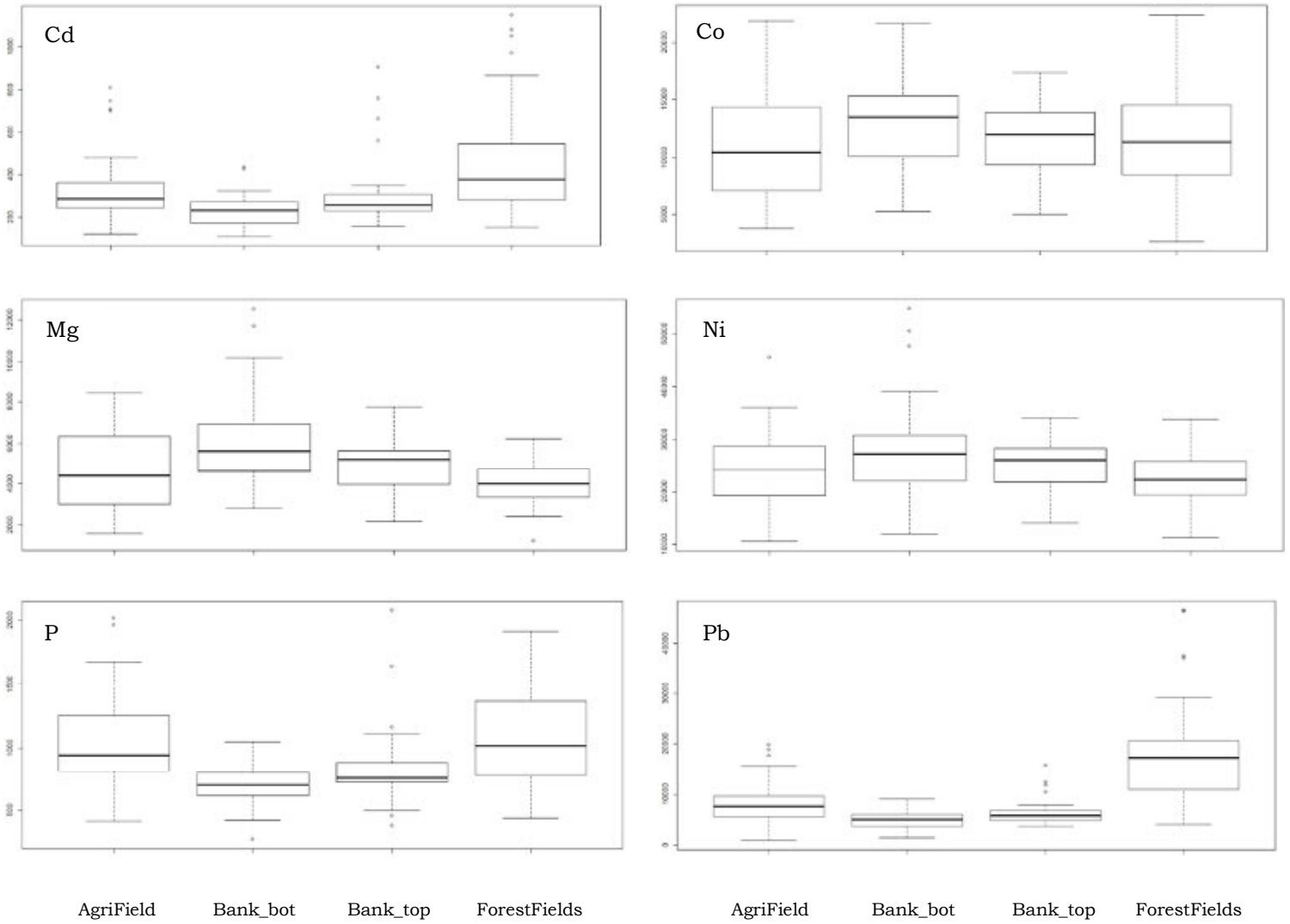


Figure 35 Concentrations en Cd, Co, Mg, Ni, P et Pb

En ce qui concerne le plomb, celui-ci est en concentration plus élevée dans les sols forestiers, où les concentrations sont également plus variables que pour les autres types de sources. Les berges montrent en effet des concentrations peu variables en plomb. Les sols agricoles présentent un contenu en plomb plus élevé que les berges, sans toutefois atteindre les concentrations des sols forestiers. Comme pour le Cd, le plomb est généralement lié à la matière organique du sol (Baillargeon-Nadeau, 2016), qui est plus abondante dans les sols forestiers que dans les autres types de sources.

Selon l'observation visuelle des diagrammes à moustaches effectuée, les six éléments géochimiques présentés sont les éléments les plus susceptibles de se retrouver dans le choix de l'empreinte finale. Aucun de ces éléments ne semble cependant permettre de distinguer les quatre sources simultanément. Les éléments montrent des concentrations relativement différentes seulement pour un ou deux types de sources, ce qui peut limiter leur utilisation en tant que traceur efficace.

5.5 Couleur

Les données brutes d'analyses de couleur pour les échantillons de sédiments en suspension, de berges et de sols ne sont pas présentées puisqu'elles ne sont qu'une série de nombres. Les données traitées, soit les 16 coefficients de couleur (x, y, X, Y, Z, L, a, b, u, v, c, h, RI, R, G et B), sont plutôt présentées à l'annexe C pour les trois types d'échantillons. Les Figures 36, 37 et 38 ainsi que l'annexe D montrent les diagrammes à moustaches pour les 16 coefficients de couleur étudiés, selon les quatre types de sources énoncés précédemment.

Après observation visuelle, il est remarqué que quatorze des seize coefficients de couleur, soit ceux présentés aux figures suivantes, semblent montrer une certaine discrimination entre deux ou plusieurs groupes de sources de sédiments. Seuls les coefficients « a » et « u » ne montrent pas de différence significative à l'œil nu. Les diagrammes à moustaches de ceux-ci sont disponibles à l'annexe D. Les détails concernant les significations des coefficients qui suivent sont tirés de Barthod et al. (2015).

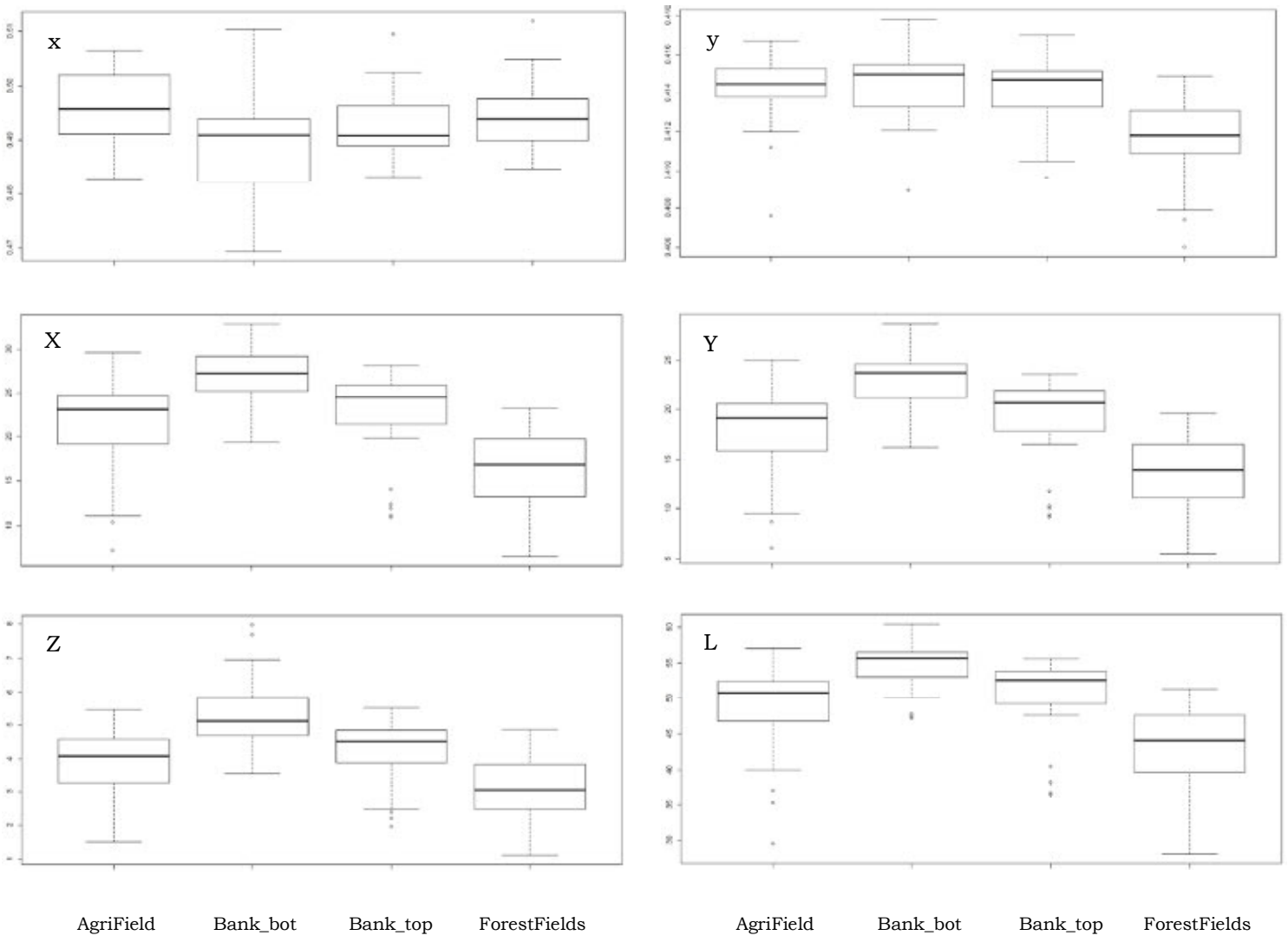


Figure 36 Distributions des coefficients de couleur x, y, X, Y, Z et L

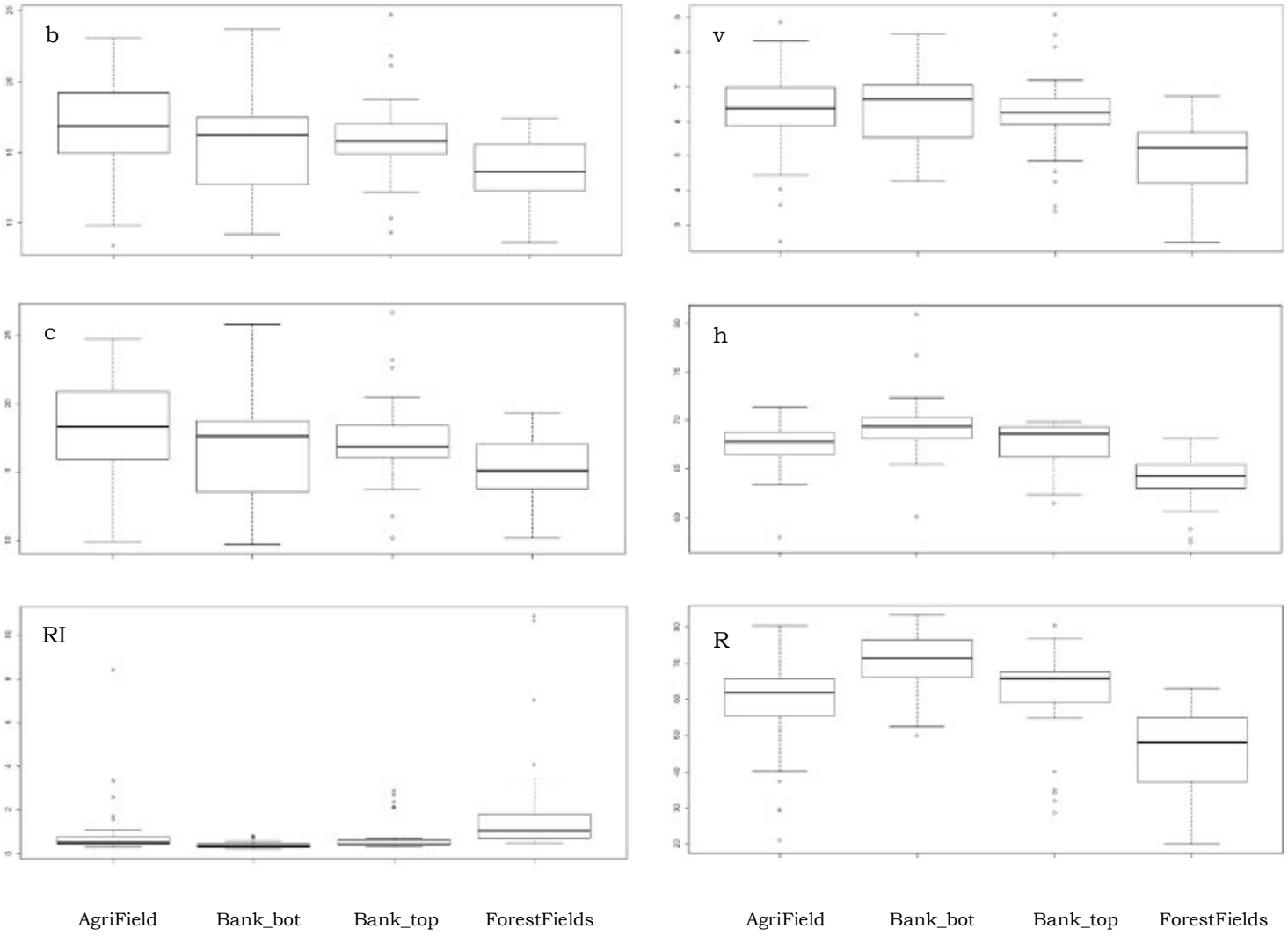


Figure 37 Distributions des coefficients de couleur b, v, c, h, RI et R

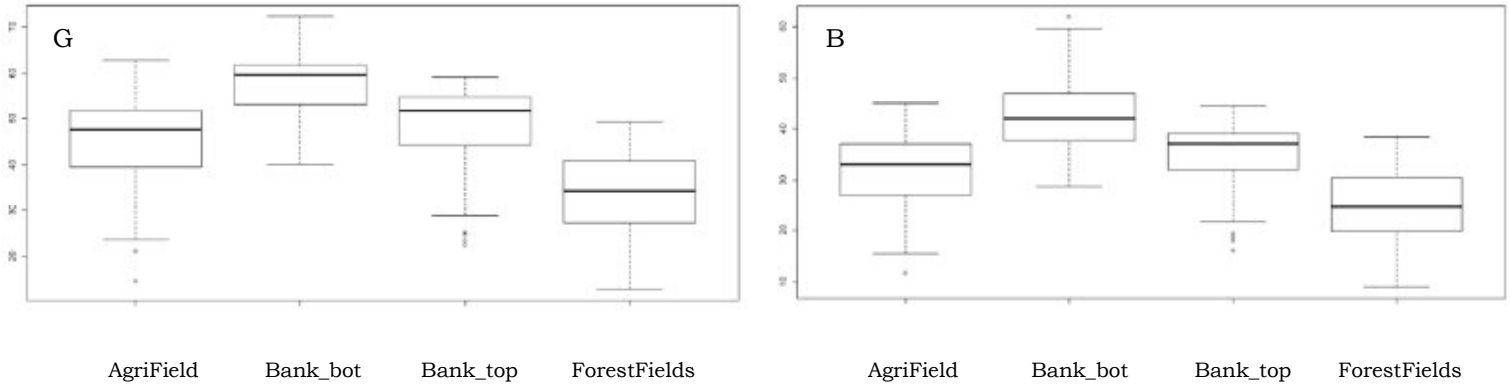


Figure 38 Distributions des coefficients de couleur G et B

Le coefficient « b », qui représente la coordonnée chromatique du vert, montre une valeur plus basse dans le cas des sols forestiers. Cette même observation est valide pour les coefficients « c » et « h », qui sont les coordonnées chromatiques cylindriques du rouge et du vert, pour le coefficient « v », qui correspond à la coordonnée chromatique du jaune, ainsi que pour le coefficient « y », qui chiffre la variation de couleur du bleu au vert.

Le coefficient de couleur « B » quantifie le spectre de couleur bleue. La valeur moyenne de ce coefficient est distincte pour les quatre groupes de sources de sédiments et représente possiblement un traceur efficace. La valeur de « B » est plus élevée pour les échantillons de berges. Les sols forestiers présentent les valeurs de « B » les plus faibles.

Le coefficient de couleur « G » quantifie le spectre de couleur verte. Tout comme pour le coefficient « B », la valeur de « G » diffère substantiellement selon le type de sources. Les valeurs de « G » sont les plus élevées pour les échantillons de bas de berges et les plus faibles pour les sols forestiers. Ces observations sont également valides pour les coefficients « L » et « Y », qui quantifient la luminosité des particules, pour le coefficient « R », qui quantifie le spectre de couleur rouge ainsi que pour les coefficients « X » et « Z », des composantes virtuelles du spectre primaire. Martinez-Carreras et al. (2010a) avaient également montré que les échantillons provenant de sols de surface forestiers étaient caractérisés par des valeurs faibles de « Y ». Ils expliquaient d'ailleurs que les sols plus foncés comprennent davantage de carbone organique et incidemment, sont caractérisés par des valeurs de luminosité plus faibles, telle que le coefficient « Y ».

Le coefficient « RI » permet une estimation du contenu en hématite des sols analysés. Cette valeur est plus élevée dans le cas des sols forestiers et est assez semblable pour les trois autres types de sources de sédiments.

Le coefficient de couleur « x », qui représente la variation de couleur du bleu au rouge, est de valeur semblable pour les deux types d'échantillons de berges de rivière. La valeur de « x » est cependant plus élevée dans le cas des sols agricoles.

L'étude des diagrammes à moustaches met en évidence la discrimination presque systématique des sols forestiers par les 16 coefficients de couleur. Sur le terrain, il a été observé que les échantillons de surface des sols forestiers étaient tous très foncés puisqu'ils contenaient beaucoup de matière organique. À l'opposé, les échantillons de berges et de sols agricoles de surface étaient souvent sableux et contenaient peu de matière organique en comparaison aux sols forestiers. Pulleman et al. (2000) confirme que le contenu en matière organique d'un sol est étroitement relié à sa couleur. La FAO (2005) explique également que la culture d'un sol diminue la diversité naturelle de la végétation et la communauté microbienne associée. Les différentes pratiques de culture ainsi que la disparition du couvert forestier mènent à une forte diminution du contenu en matière organique. Ces différences de contenu en matière organique entre les sols agricoles et les berges de rivière, qui peuvent en général être comparées aux sols agricoles en terme de matière organique dans le bassin étudié, et les sols forestiers peuvent donc expliquer le pouvoir discriminatoire de la couleur entre ces deux groupes.

De manière générale, selon les observations visuelles des diagrammes à moustaches, la couleur semble un traceur plus efficace que la géochimie. En effet, une plus grande proportion des coefficients de couleur montre un pouvoir discriminatoire en comparaison avec les éléments géochimiques étudiés. De plus, certains coefficients de couleur permettent de distinguer les quatre groupes de sources alors que ce n'était le cas pour aucun élément géochimique. Les analyses statistiques résumées à la section suivante permettent de conclure par rapport à ces hypothèses.

5.6 Choix de l'empreinte

Le choix de l'empreinte des sédiments vise un pouvoir de discrimination maximal tout en minimisant le nombre de paramètres à utiliser. Il est probable qu'un plus grand nombre de traceurs utilisé amène un plus grand pouvoir discriminatoire de l'empreinte. Cependant, les ressources disponibles lors d'une telle étude, autant monétaires qu'en termes de temps, s'avèrent souvent limitées. Il importe donc d'optimiser la suite de traceurs à utiliser. Dans cette optique, des analyses

statistiques ont été réalisées sur les résultats de ^{137}Cs, des 15 éléments géochimiques analysés ainsi que de couleur.

La première étape de validation de l'hypothèse d'indépendance des individus a été réalisée en considérant seulement la concentration en ^{137}Cs puisqu'il est établi qu'il est un traceur efficace pour le type de sources étudié dans le présent contexte. Les ANOVA réalisées ont montré un effet de profil sur les échantillons de berges. L'hypothèse d'indépendance des individus n'étant donc pas satisfaite, les données des profils de berges ont été analysées de manière à mettre en évidence une tendance pouvant expliquer la dépendance des données. Les données des profils de berge ont ainsi été moyennées en considérant deux intervalles, soit le haut et le bas de la berge. Le haut montre en effet des concentrations en ^{137}Cs plus élevées et le bas des profils présente des concentrations nulles ou presque vu son exposition limitée aux retombées atmosphériques.

Une fois l'indépendance des individus validée, l'analyse individuelle des traceurs et l'analyse discriminante ont été réalisées. Selon les résultats du pouvoir discriminatoire de la suite des traceurs et selon le graphique final de l'analyse discriminante obtenu, les classes des sources d'échantillons ont été ajustées, tel que décrit à la section 4.2, jusqu'à un résultat satisfaisant. Seul le résultat final est présenté ici.

Après divers ajustements des classes selon les résultats de l'analyse discriminante, il a été déterminé que les échantillons de berges ne pouvaient être clairement distingués selon l'utilisation du territoire. Les échantillons de berges en terres agricoles et de berges en milieu forestier ont ainsi été regroupés en une seule classe de berges. Les berges ont toutefois conservé leur classification en deux intervalles de profondeur, soit du haut et du bas de profil. Les sols forestiers et agricoles se sont avérés assez distincts pour conserver ces deux classes. Les quatre classes de sources de sédiments sont donc les sols agricoles (*Agrifield*), les sols forestiers (*Forestfields*), le bas des berges (*Bank_bot*) et le haut des berges (*Bank_top*).

L'analyse individuelle des traceurs a mis en évidence 21 traceurs sur un total de 32 présentant une valeur de p significative. Les traceurs retenus sont ceux dont la valeur de p pour le test de Kruskal-Wallis est inférieure à 0.05. Le Tableau 6 présente les valeurs de p pour les 21 traceurs retenus.

Tableau 6 Valeurs de p des traceurs retenus

Traceur	Valeur du test	Traceur	Valeur du test	Traceur	Valeur du test
^{137}Cs	1.88 E-13	x	7.80 E-03	v	1.07 E-07
Cd	2.29 E-05	y	8.54 E-11	c	1.10 E -03
Cu	1.67 E-02	X	1.42 E-12	h	4.57 E-12
Mg	1.90 E-03	Y	1.25 E-12	RI	8.33 E-12
Ni	2.71 E-02	Z	1.30 E-11	R	3.45 E-11
P	6.17 E-06	L	1.51 E-12	G	1.00 E-12
Pb	5.79 E-13	b	1.50 E-04	B	4.45 E-12

Les traceurs retenus à cette étape concordent assez bien avec ceux soulignés lors de l'étude visuelle des diagrammes à moustaches des sections précédentes. En effet, pour les éléments géochimiques, à l'exception du Co identifié visuellement qui est remplacé par le Cu dans les analyses statistiques, le test de Kruskal-Wallis a identifié les mêmes traceurs comme discriminatoires. Pour les coefficients de couleur, la même suite de traceurs que lors des observations visuelles a été identifiée par le test de Kruskal-Wallis.

L'analyse discriminante réalisée à partir de cette suite de traceurs a été faite selon la méthode pas-à-pas. Les résultats bruts des tests statistiques à chaque étape sont présentés à l'annexe E. Contrairement à la plupart des études de traçage réalisées qui vérifient la discrimination des sources en ajoutant un traceur à la suite, la méthodologie employée enlève plutôt un traceur à la fois. Le Tableau 7 résume les résultats obtenus pour les valeurs des discriminants linéaires à chaque étape (LD1, LD2 et LD3) et pour les ratios de variation inter-groupe/intra-groupe (Ratio LD1, Ratio LD2 et Ratio LD3). Les discriminants linéaires 1 et 2 (LD1 et LD2) sont les deux valeurs les plus importantes à vérifier. L'impact du troisième discriminant linéaire (LD3), de par sa proportion, s'avère négligeable et n'est pas considéré dans le choix des traceurs. La somme des deux premiers discriminants doit donc être maximisée (LD1 + LD2). Les ratios de variation inter-groupe/intra-groupe doivent demeurer élevés. En effet, ce ratio

tient compte du pouvoir de discrimination entre les classes d'échantillons (inter-groupe) par rapport au pouvoir de discrimination à l'intérieur d'une même classe (intra-groupe). La variation dans une même classe doit être minimisée et celle entre les groupes maximisée, d'où l'intérêt de cibler les ratios les plus élevés.

Tableau 7 Résultats de l'analyse discriminante

Étape	Traceurs	Ratio LD1	Ratio LD2	Ratio LD3	LD1	LD2	LD3	LD1 + LD2
1	^{137}Cs, Cd, Cu, Mg, Ni, P, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, RI, R, G, B	8.79	5.62	3.13	0.651	0.266	0.083	91.72
2	^{137}Cs, Cu, Mg, Ni, P, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, RI, R, G, B	8.78	5.61	3.11	0.652	0.267	0.082	91.85
3	^{137}Cs, Cu, Mg, Ni, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, RI, R, G, B	8.78	5.01	2.82	0.700	0.223	0.072	92.80
4	^{137}Cs, Cu, Mg, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, RI, R, G, B	8.78	5.00	2.65	0.707	0.229	0.064	93.56
5	^{137}Cs, Mg, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, RI, R, G, B	8.39	4.98	2.31	0.700	0.247	0.053	94.69
6	^{137}Cs, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, RI, R, G, B	8.12	4.98	2.27	0.688	0.259	0.054	94.61
7	^{137}Cs, Pb, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G, B	8.12	4.90	2.27	0.693	0.253	0.054	94.57
8	^{137}Cs, x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G, B	8.01	4.77	2.25	0.698	0.247	0.056	94.49
9	x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G, B	7.21	4.77	2.22	0.653	0.285	0.062	93.79

Les résultats du Tableau 7 montrent que la somme des discriminants diminue légèrement à partir de l'étape 6. Cependant, la perte de pourcentage de

discrimination est négligeable dans le processus d'optimisation de la suite des traceurs. À l'étape 9, après l'enlèvement du ^{137}Cs, la somme des discriminants ainsi que le ratio de LD1 diminuent plus drastiquement. Le ^{137}Cs apporte donc un effet discriminatoire assez important. Il a donc été réintégré dans la suite finale de traceurs choisis.

Le graphique des deux scores obtenus par multiplication des valeurs standardisées des traceurs par les valeurs des discriminants linéaires est montré à la Figure 39. L'observation visuelle de ce graphique permet de vérifier la pertinence de la suite de traceurs considérés et de la classification des sources de sédiments. L'idéal d'un tel graphique est d'obtenir des groupes bien distincts de points correspondant à chaque type de sources.

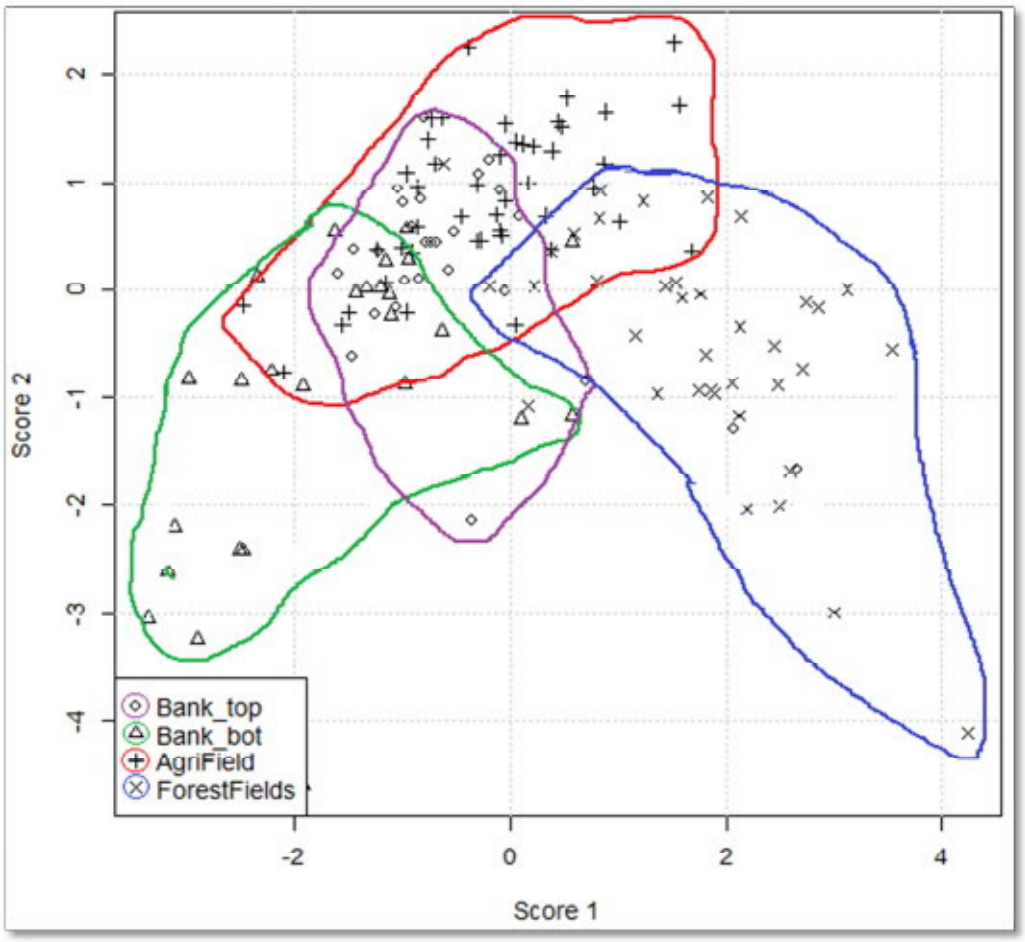


Figure 39 Analyse discriminante sur les données standardisées

La figure des scores discriminants montre une assez bonne distinction des groupes. Les sols forestiers et agricoles sont bien distincts. Le groupe d'échantillons de hauts de berges est situé graphiquement à la jonction des deux groupes de sols puisqu'effectivement, ces échantillons peuvent être considérés comme le prolongement des champs et de la forêt en bordure de rivière. Étant donné que ce groupe n'est pas complètement inclus dans les deux groupes de sols, il a été conservé distinctivement. Les échantillons de bas de berges sont également bien séparés des autres, malgré une certaine superposition avec les sols agricoles.

Étant donné que ce graphique d'analyse discriminante est celui montrant la meilleure distinction des groupes parmi tous les essais réalisés, la suite de traceurs étudiée à l'étape 8 s'avère l'empreinte des sédiments choisie. Par ses deux discriminants linéaires principaux, elle permet d'obtenir un score de discrimination de 94.49%. Les ratios inter-groupe/intra-groupe sont également élevés et semblables aux valeurs initiales obtenues lorsque tous les traceurs étaient considérés. Les traceurs choisis sont ainsi le ^{137}Cs et les coefficients de couleur x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G et B.

L'utilisation du radionucléide ^{137}Cs est valide étant donné son utilisation fréquente comme traceur discriminant entre les sources de sédiments de surface et celles venant des profondeurs. Le contexte de la présente étude cible justement à distinguer ces deux types de sources, par les échantillons de berges et de sols de différents types. Le choix des coefficients de couleur dans l'empreinte peut être justifié par la différence notable de couleur des sources forestières de particules, tel qu'expliqué à la section 5.5. Les coefficients de couleur ayant tous des comportements semblables tel qu'observé visuellement sur les diagrammes à moustaches, il semble logique que la plupart des coefficients fassent partie de l'empreinte. Aucun élément géochimique ne fait partie de la suite de traceurs choisis. Cela concorde avec le manque de discrimination apportée par ceux-ci entre plusieurs groupes de sources. En effet, les éléments géochimiques permettaient souvent de distinguer visuellement un groupe de sources des autres, mais jamais plusieurs à la fois. Le choix statistique de l'empreinte est donc confirmé par les impressions premières des données brutes des traceurs.

5.7 Modélisation

Tel qu'expliqué à la section 4.3, les valeurs des 14 traceurs pour les sédiments en suspension et pour les sources de sédiments ainsi que le fichier de coefficients de discrimination ont été entrés dans le logiciel MixSiar. Les fichiers utilisés sont joints à l'annexe F pour les neuf sites étudiés.

Afin de vérifier si les données de sédiments en suspension et des sources se comparent de manière logique, des graphiques de type *isospace* sont produits par MixSiar. Dû à certains problèmes d'affichage des graphiques produits, certains graphiques ont été construits manuellement. Tous les graphiques construits à partir des données de sources et de sédiments en suspension aux neuf sites, en considérant leur division selon les deux unités physiographiques, sont disponibles à l'annexe G. Pour chaque graphique permettant la comparaison de deux traceurs à la fois, la moyenne de chaque source est représentée par un point, borné par son écart type. Les polygones ainsi formés représentent l'enveloppe de valeurs possibles provenant des sources pour chaque traceur. Il est donc attendu que les points représentant les valeurs des échantillons de sédiments en suspension pour ces mêmes traceurs soient inclus dans les polygones. Le non-respect de cette observation signifie qu'une source autre que celles identifiées doit être considérée. L'étude des 91 graphiques *isospace* montre que seulement deux graphiques contiennent chacun un point de sédiment en suspension étant situé en dehors des limites du polygone des sources, soit les graphiques L-x et L-y. Il est donc possible de conclure que les sources ont été bien caractérisées.

Les paramètres de modélisation utilisés pour chaque site, les résultats bruts obtenus à partir de MixSiar et les résultats des tests de diagnostics sont disponibles à l'annexe H. Les diagnostics de Gelman-Rubin et Geweke montrent que les modélisations des neuf sites à l'étude respectent les valeurs attendues, ce qui donne un indice de la validité des résultats obtenus. Les conclusions pouvant être tirées de la modélisation et leur concordance avec la réalité du bassin versant sont cependant les meilleures indicateurs de la validité de la modélisation.

Les diagrammes à moustaches présentés ci-après indiquent la contribution en pourcentage de chaque source de sédiments à chaque site de récolte des sédiments en suspension. Le trait rouge indique la contribution médiane de chaque source, alors que la boite est délimitée par les premiers et troisièmes quartiles (25 et 75%) de la distribution. Les moustaches indiquent les contributions minimales et maximales aux 2,5e et 97,5e centiles. La Figure 40 montre d'abord les résultats obtenus pour les trois sous bassins versants des sites 2, 7 et 9. La Figure 41 montre quant à elle les résultats obtenus pour les sites de la rivière Bulstrode, le site 8 représentant l'amont et le site 1, l'aval du bassin versant.

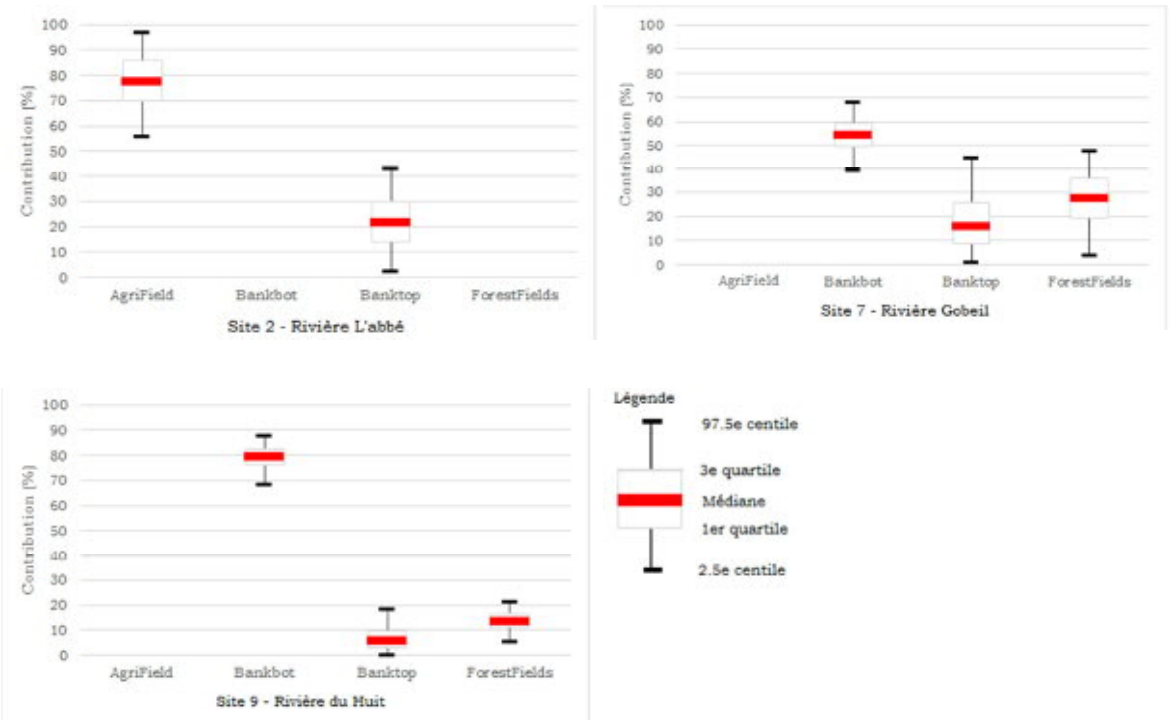


Figure 40 Contributions des sources aux sédiments en suspension pour les sous bassins versants

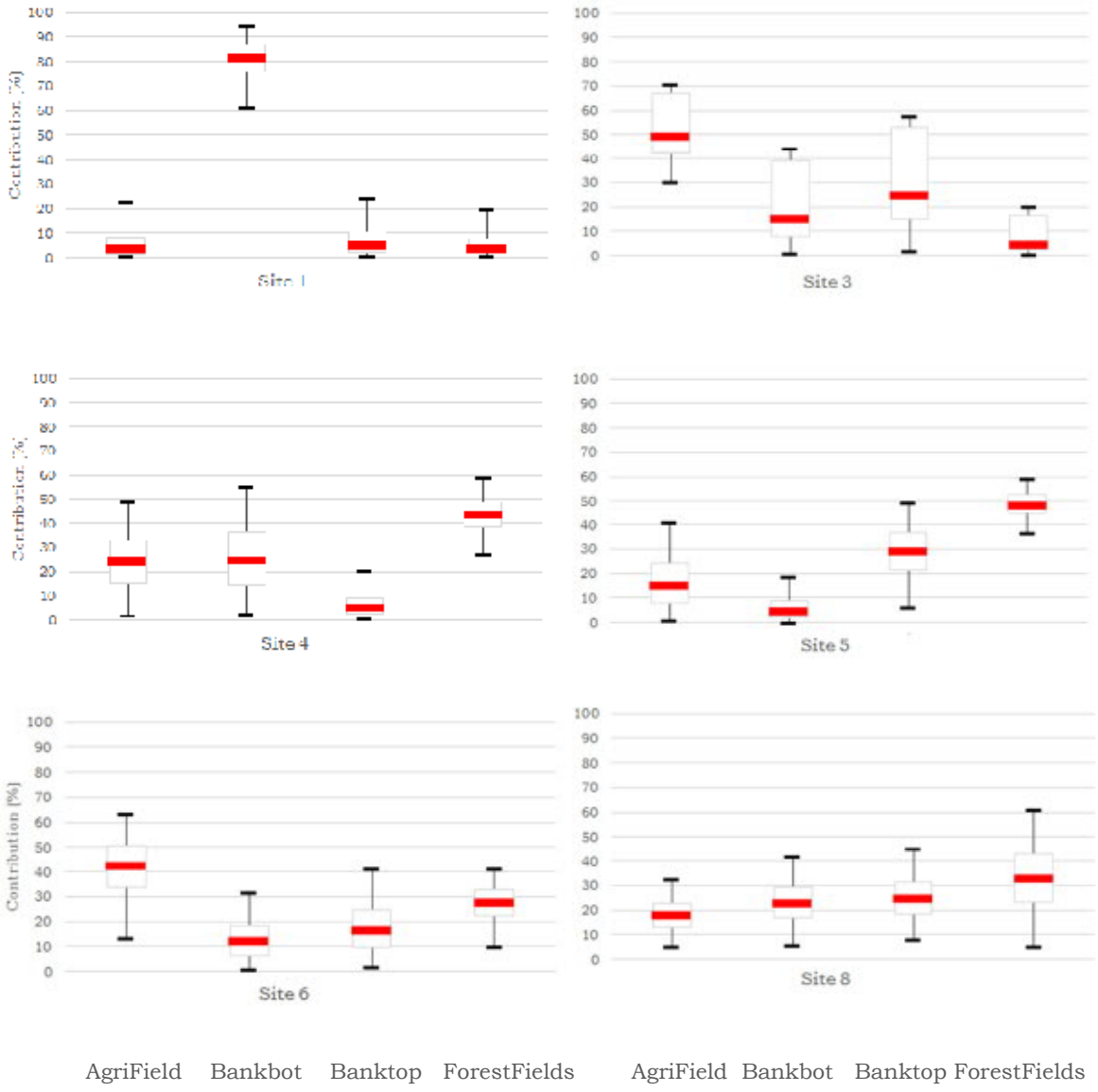


Figure 41 Contributions des sources aux sédiments en suspension dans la rivière Busltrode

Les résultats présentés ci-après sont la médiane des contributions des sources combinées avec les valeurs des premiers et troisièmes quartiles. Les résultats de la modélisation du sous bassin versant du site 2, qui est d'utilisation majoritairement agricole, montrent que 78% [70,1 – 85.8%] des sédiments en suspension récoltés à l'embouchure de la rivière L'Abbé proviennent des champs agricoles. Les berges, représentées dans ce sous bassin versant par seulement les

échantillons *Banktop* vu leur faible épaisseur, fournissent 22 % [14.2 -29.9%] des sédiments en suspension récoltés.

Dans les sous bassins versants majoritairement forestiers, soit ceux des sites 7 et 9, les tendances des contributions des trois types de sources sont semblables. Les horizons situés à la base des berges (*Bankbot*) constituent la source la plus importante de sédiments dans les rivières Gobeil et du Huit. Ils contribuent dans une proportion de 54.6 % [49.9 – 59.5 %] et de 79.7 % [76.2 – 82.7 %] aux sédiments en suspension des sites 7 et 9, respectivement. Les sols forestiers sont la deuxième plus importante source de sédiments aux rivières, avec des proportions de 27.9 % [19.4 – 35.8 %] et de 13.7 % [11 – 21.7 %] aux sites 7 et 9, respectivement. Les horizons supérieurs des berges (*Banktop*) sont la source la moins importante de sédiments en suspension dans ces deux bassins versants. Au site 7, ils représentent 16.3 % [8.7-25.6 %] des sédiments en suspension alors qu'ils représentent seulement 6.1 % [3.1 – 9.9 %] au site 9. Dans ces sous bassins versants, l'apport de sédiments aux rivières Gobeil et du Huit est donc davantage gouverné par l'érosion du bas des berges, soit en plus faible débit, que par l'érosion des sols environnants et des berges en périodes de crue.

Dans le cas de la rivière Bulstrode, les contributions de chaque source de sédiments évoluent de l'amont vers l'aval, en direction du réservoir Beaudet. À l'amont du bassin versant, au site 8, les sols agricoles et forestiers et les horizons de berges contribuent de manière semblable à la charge sédimentaire en suspension, avec des proportions de 18 % [13.1 – 22.9%] et de 33.3 % [23.2 – 42.9 %] pour les sols agricoles et forestiers, de 23.1 % [16.9 – 29.4 %] pour le bas des berges et de 25 % [18.6 – 31.3 %] pour le haut des berges.

Du site 8 au site 6, en se dirigeant vers l'aval, les terrains bordant la rivière Bulstrode deviennent de plus en plus utilisés pour l'agriculture, ce qui se reflète par l'augmentation de la contribution des sols agricoles aux sédiments en suspension. Au site 6, les sols agricoles deviennent la source la plus importante de sédiments, avec un apport de 42.9 % [33.6 – 50.9 %]. Les tendances de contribution des sols forestiers et des berges demeurent les mêmes qu'au site 8, mais avec des valeurs plus basses, étant donné l'augmentation de l'importance des sols agricoles aux sédiments en suspension.

Au site 5, situé juste à l'amont du barrage de Sainte-Sophie et à l'aval de la jonction avec la rivière Gobeil, la source la plus importante de sédiments à la rivière Bulstrode devient les sols forestiers, avec un apport de 48.7 % [44.6 – 52.4%]. L'horizon supérieur des berges est la deuxième source de sédiments la plus importante, avec une contribution de 29.2 % [21.3 – 36.8 %]. L'horizon inférieur des berges est une source considérablement moins importante, ce qui peut sembler étrange puisqu'en crue, tout le profil de berge est sollicité. En période de faible débit, c'est plutôt seulement le bas de la berge qui est érodé. La contribution plus importante de l'horizon supérieur de la berge peut être expliquée par sa connectivité avec les sols forestiers. L'horizon du haut peut en effet être considéré comme l'extension spatiale des sols présents en amont hydrauliquement, que représentent ici les sols forestiers. L'érosion du haut des berges au site 5 résulterait donc davantage de l'érosion des sols forestiers jusqu'en bord de rivière que de l'érosion de berges par les crues de la rivière.

À l'aval du barrage de Sainte-Sophie, au site 4, les sédiments en suspension de la rivière Bulstrode proviennent encore majoritairement des sols forestiers, qui en représentent 43.7 % [38.5 – 48.7 %]. Le transport des sédiments provenant des sols forestiers présents de manière plus importante à l'amont du site 5 ne semble donc pas être influencé par la présence du barrage de Sainte-Sophie, une hypothèse également soulevée lors de l'étude spatiale des distributions granulométriques des sources et des sédiments en suspension. Le barrage semblait n'avoir un impact que sur la fraction grossière, ce qui n'inclut pas les sédiments en suspension. À ce site, le bas des berges et les sols agricoles contribuent aux sédiments en suspension dans une proportion similaire, soit de 24.7 % [14.4 – 36.3 %] et de 24.2 % [14.9 – 33 %] respectivement, alors que le haut de la berge contribue de manière moindre avec 5.2 % [2.3 -9.5 %]. Cette inversion des contributions des deux horizons de berges par rapport aux résultats du site 5 indique qu'au site 4, l'érosion des berges est davantage reliée à l'hydrologie de la rivière Bulstrode qu'à la connectivité avec les sols agricoles adjacents. L'augmentation de l'importance de la contribution des sols agricoles aux sédiments en suspension par rapport au site 5 reflète l'utilisation de plus en plus agricole du territoire à l'aval du site 5.

L'utilisation majoritairement agricole du territoire entre les sites 4 et 3 explique le fait que les sols agricoles deviennent la source la plus importante de sédiments à la rivière Bulstrode au site 3, avec un apport de 49.7 % [42.6 – 66.9 %]. La contribution des sols forestiers s'en retrouve fortement diminuée atteignant seulement 4.8 % [2.3 – 16.6 %]. Les sédiments provenant des sols forestiers semblent donc ne pas atteindre le site 3, ceux-ci étant dominants au site 4. La présence du barrage de Princeville entre ces deux sites peut expliquer la baisse de l'importance des sédiments forestiers. Entre ces deux sites, les sédiments semblent donc provenir de sources plus locales, telles que les sols agricoles. Les deux horizons de berges contribuent de manière similaire aux sédiments en suspension, le bas représentant 15.5 % [7.7 – 39.1 %] et le haut 25.1 % [14.9 – 52.9 %] de l'apport en sédiments. Il est donc difficile de conclure sur l'importance du régime hydrologique de la rivière Bulstrode sur l'érosion des berges à ce site, puisque celle-ci semble autant liée à l'érosion du profil complet des berges, tel qu'il a été observé sur le terrain, qu'à la connectivité des sols agricoles avec la rive du cours d'eau.

À l'aval du bassin versant, le site 1 représente les sédiments en suspension entrant au réservoir Beaudet. Il est à noter que les sources du sous bassin versant de la rivière l'Abbé (site 2) n'ont pas été considérées dans cette modélisation puisque la trappe à sédiments du site 1 était située à l'amont de l'embouchure de la rivière l'Abbé. Les contributions de chaque source au site 1 s'avèrent assez différentes de celles observées aux sites à l'amont. Au site 1, l'horizon inférieur des berges devient la source majeure de sédiments à la rivière Bulstrode, atteignant une proportion de 81.9 % [75.7 – 86.9 %]. Les sols agricoles, les sols forestiers et le haut des berges deviennent des sources négligeables de sédiments, avec des contributions respectives de 4.1 % [1.7 – 8.4 %], de 4.3 % [1.8 – 8 %] et de 5.5 % [2.3 – 10.6 %]. Duhamel et Bariteau (2012) avaient identifié le segment de la rivière Bulstrode compris entre les sites 1 et 5 comme étant le segment le plus susceptible de contribuer à la charge sédimentaire en suspension. Les résultats de la modélisation montrent que le segment de rivière situé entre les sites 1 et 3 est celui subissant le plus important processus d'érosion des berges. La faible contribution de l'horizon supérieur des

berges sous-entend également que l'érosion des berges ne survient pas principalement en période de crue et de fonte des neiges.

L'étude de traçage des sédiments dans le bassin versant du réservoir Beaudet permet d'identifier des sources principales de sédiments variant selon le site étudié. En général, en se dirigeant de l'amont vers l'aval, des sites 8 à 4, les sols forestiers constituent une part importante des sédiments en suspension dans la rivière Bulstrode. Le bas des berges est cependant la source principale de sédiments dans les sous bassins versants forestiers des rivières Gobeil et du Huit. Le barrage de Princeville semble limiter le transport de ces particules à l'aval. Les sols forestiers ne constituent plus une source importante de sédiments au site 1 et représentent donc une source négligeable de sédiments en suspension dans le réservoir Beaudet, malgré leur présence à l'amont du bassin versant. Les sols agricoles sont une source dominante de sédiments entre les sites 8 et 6 ainsi qu'entre les sites 4 et 3, ce dernier segment étant localisé sur un territoire majoritairement agricole. Dans le sous bassin versant de la rivière l'Abbé, les sédiments en suspension proviennent également majoritairement des sols agricoles. Comme les sols forestiers, les sols agricoles ne constituent cependant pas une source importante de sédiments à l'entrée du réservoir. Les berges de rivière, malgré leur contribution parfois moindre, sont une source de sédiments en suspension de la rivière Bulstrode constante à tous les sites. À l'entrée du réservoir, les sédiments provenant des berges dominent largement les apports à la charge sédimentaire.

L'érosion des berges, surtout le bas de celles-ci, semble donc être la source principale de sédiments au réservoir Beaudet. Le segment compris entre les sites 1 et 3 semble particulièrement générateur de sédiments. Des mesures de contrôle de sédiments et de leur transport jusqu'au cours d'eau doivent donc être prioritairement mises en place dans cette partie du bassin versant pour avoir un impact significatif sur la problématique de sédimentation du réservoir Beaudet.

5.8 Recommandations

Les résultats de l'étude de traçage des sédiments du réservoir Beaudet contribuent à une meilleure compréhension de la dynamique sédimentaire ayant

lieu dans le bassin versant. Ainsi, les différents intervenants, tels que la Ville de Victoriaville et l'organisme de bassin versant de la région, pourront proposer des mesures de contrôle à la source des sédiments au lieu d'agir à l'aval et de gérer le problème au réservoir. Les études en cours pour trouver une solution rendant au réservoir son volume initial demeurent d'actualité. Cependant, dans une optique de gestion durable, des mesures ciblant les sources de sédiments identifiées doivent également être instaurées. Idéalement, ces mesures doivent viser l'ensemble du bassin versant puisque des mesures locales créeraient un déséquilibre dans la dynamique sédimentaire. Il serait alors probable que l'érosion ayant lieu autrefois à un endroit soit seulement déplacée plus en aval. L'intégration de mesures à l'entièreté du bassin versant réduirait les risques qu'une telle situation se produise.

Selon les résultats obtenus, il serait donc nécessaire de limiter l'érosion des sols agricoles dans le sous bassin versant de la rivière L'Abbé. L'importance en termes de volumes de sédiments en provenance de celui-ci est cependant inconnue par rapport à l'ensemble des sédiments déposés au réservoir Beaudet. Dans les sous bassins versants des rivières Gobeil et du Huit, ce sont les horizons à la base des berges qui doivent être ciblés, par des travaux d"enrochement par exemple. À l'amont du bassin versant, au site 8, tous les types de sources contribuent de manière semblable. Les sols agricoles, forestiers ainsi que les berges devraient donc être ciblés par des mesures de contrôle d'érosion. Dans les régions agricoles des Appalaches, comme au site 6, ce sont les sols agricoles qui doivent être ciblés en priorité. Dans la région limitrophe entre les Appalaches et les Basses-Terres, représentée par les sites 4 et 5, des mesures de contrôle des sédiments doivent être mises en place principalement pour les sols forestiers. Dans le secteur du site 3, où les terres agricoles constituent la principale occupation du territoire et source de sédiments, des pratiques de gestion bénéfique doivent être implantées dans les champs, de façon à limiter le ruissellement de surface et l'apport de sédiments à la rivière Bulstrode. Enfin, entre les sites 1 et 3, près du réservoir Beaudet, les résultats ont montré le bas des berges comme la source prédominante de sédiments. Il y a donc lieu de procéder à des travaux de stabilisation des berges dans ce segment.

Du point de vue de la recherche scientifique, il est difficile d'étendre le potentiel de la technique de traçage à tous les contextes agro-environnementaux au Québec. Dans le cas présent, le grand nombre de données récoltées et les disparités entre les occupations et unités physiographiques du bassin versant ont certainement contribué au succès de la méthode. Il serait intéressant d'appliquer la technique à d'autres bassins versants afin de vérifier le potentiel réel au Québec.

5.9 Limites de l'étude

Quelques éléments méthodologiques peuvent avoir influencé les résultats obtenus dans le cadre de cette étude de traçage de sédiments. D'abord, les échantillons de sédiments en suspension ont été récoltés à l'aide des trappes à sédiments conçues par Phillips et al. (2000). Celles-ci sont reconnues comme représentatives des sédiments en suspension pour des cours d'eau de premier et deuxième ordre. La rivière Bulstrode est cependant un cours d'eau d'ordre supérieur à deux. Il peut donc y avoir eu une surreprésentation des particules grossières dans les échantillons prélevés. Il aurait ainsi été préférable de récolter quelques échantillons de sédiments en suspension à l'aide d'une centrifugeuse et de comparer les distributions granulométriques des deux types d'échantillons. Un tel équipement n'était cependant pas disponible aux installations d'Agriculture Canada. L'autre limite importante de l'étude repose sur le fait que seuls les échantillons des 10 premiers centimètres des sols agricoles et forestiers ont été analysés et utilisés lors de la modélisation, vu certains délais d'analyse. Sur le terrain, il a en effet été observé que les signes d'érosion des sols forestiers pouvaient atteindre parfois une profondeur de 30 centimètres. Les graphiques *isospace* ont cependant démontré que toutes les sources, en comparaison aux sédiments en suspension, avaient vraisemblablement été caractérisées. Pour les résultats d'analyses géochimiques inférieurs aux limites de détection, leurs valeurs ont été fixées à la moitié de la limite de détection. Il aurait également été possible de les remplacer par des valeurs nulles ou par la limite de détection. L'option moyenne a été choisie car elle a été considérée comme celle étant la plus probable, un contenu en éléments géochimiques étant rarement nul dans un sol naturel. Enfin, il est certain que les résultats reflètent les travaux

d'échantillonnage des sources qui ont été réalisés. Quoique peu probable vu la grande cohérence des résultats obtenus, il est possible qu'une source de sédiments ait été négligée. Tous les efforts ont toutefois été mis en œuvre pour assurer la représentativité des échantillons prélevés.

6. Conclusion

L'étude de traçage des sédiments entreprise dans le bassin versant du réservoir Beaudet, situé dans la Ville de Victoriaville, a pour but d'évaluer la contribution de quatre types de sources de sédiments dans la problématique d'ensablement du réservoir. Les sols agricoles, les sols forestiers ainsi que les horizons supérieurs et inférieurs des berges ont ainsi été échantillonnés dans le bassin versant afin de comparer leurs caractéristiques physico-chimiques avec celles des sédiments en suspension de la rivière Bulstrode et de ses principaux tributaires.

L'analyse spatiale et temporelle de la taille des particules des différentes sources et des sédiments en suspension a permis de mieux comprendre les processus de transport des sédiments dans le bassin versant sans toutefois permettre d'évaluer précisément l'importance de chaque source. Une tendance générale à l'augmentation de la fraction fine de l'amont vers l'aval du bassin versant a été observée autant pour les sédiments en suspension que pour les échantillons des diverses sources. Sauf pour les sols plus grossiers dans les Appalaches, les deux unités physiographiques rencontrées dans le bassin versant ne semblent pas influencer la variation spatiale de la taille des particules. Également, seuls la fraction grossière des sédiments en suspension et les dépôts alluvionnaires semblent influencés par la présence des barrages de Princeville et de Sainte-Sophie. La différence de taille des particules entre les sources et les sédiments en suspension laisse aussi supposer un phénomène de sélectivité dans le transport des sédiments. L'analyse temporelle de la taille des particules, quant à elle, permet de conclure que le transport des sédiments varie en fonction de la saison et de l'endroit échantillonné dans le bassin versant. Au printemps, les sédiments accumulés à l'amont des barrages sont remis en suspension et transportés. Enfin, la taille des particules des échantillons de lit de rivière a permis de supposer un processus de transport aux sites 1, 3, 4 et 6 et de déposition aux sites 2, 5, 8 et 9.

Les analyses statistiques ont permis d'identifier la combinaison du radionucléide ^{137}Cs et de 13 coefficients de couleur, soit x, y, X, Y, Z, L, b, v, c, h, R, G et B, comme étant l'empreinte la plus efficace à discriminer les différentes sources de sédiments. La modélisation réalisée à l'aide du logiciel MixSiar permet de

constater la variation de la contribution de chaque source de sédiments selon l'endroit étudié dans le bassin versant.

Dans le sous bassin versant de la rivière L'Abbé, 78% [70.1–85.8%] des sédiments en suspension récoltés proviennent des champs agricoles alors que 22% [14.2–29.9%] proviennent des berges. Dans les sous bassins versants des rivières Gobeil et du Huit, respectivement, 54.6% [49.9–59.5%] et 79.7% [76.2–82.7%] des sédiments proviennent du bas des berges. Les sols forestiers sont la deuxième plus importante source, suivis des horizons supérieurs des berges. En sous bassin versant forestier, l'apport des sédiments est donc davantage tributaire de l'érosion du bas des berges en débit normal que de l'érosion en période de crue et de l'érosion des sols.

À l'amont du bassin versant, au site 8, les sédiments en suspension proviennent en proportions semblables des sols agricoles et forestiers et des horizons inférieurs et supérieurs des berges. Au site 6, les sédiments en suspension proviennent majoritairement des sols agricoles, avec une proportion de 42.9% [33.6–50.9%], vu l'augmentation de cet usage entre les deux sites. Au site 5, les sols forestiers deviennent la principale source des sédiments, avec une contribution de 48.7% [44.6–52.4%], suivis par l'horizon supérieur des berges. À ce site, l'érosion du haut des berges semble davantage reliée à celle des sols forestiers qu'a l'érosion du profil complet de berges causée par les crues. Au site 4, les sols forestiers demeurent la source principale de sédiments, appuyant l'hypothèse émise de l'influence négligeable du barrage de Sainte-Sophie sur le transport des particules fines. Les sols agricoles deviennent la source principale de sédiments au site 3, avec une proportion de 49.7% [42.6–66.9%] alors que la contribution des sols forestiers devient négligeable. À l'aval du bassin versant, l'horizon inférieur des berges contribue majoritairement aux sédiments en suspension, avec une proportion de 81.9% [75.7–86.9%] alors que les sols agricoles et forestiers et le haut des berges deviennent des sources négligeables. Ce résultat supporte ainsi l'hypothèse selon laquelle le segment de la rivière entre les sites 1 et 3 est le plus actif et que les particules provenant de l'amont ne sont pas transportées jusqu'au réservoir. L'apport mineur du haut des berges indique également que l'érosion survient en régime normal et non en temps de crue.

Selon les résultats obtenus, il est recommandé de mettre en place des mesures de contrôle de l'érosion ciblant la source prédominante de sédiments à chaque site, de manière à agir sur l'ensemble du bassin versant et à ne pas déplacer les problèmes d'érosion plus en aval.

L'étude a également présenté certaines limites méthodologiques. Les trappes à sédiments utilisées ont pu causer une surreprésentation de la fraction grossière puisque la rivière Bulstrode est un cours d'eau d'ordre plus grand que deux. Les valeurs des analyses géochimiques sous les limites de détection ont été fixées à la demie-limite de détection puisque c'est la méthode qui a été jugée la plus représentative. De plus, seuls les échantillons des 10 premiers centimètres des sols forestiers et agricoles ont été analysés. Les signes d'érosion atteignant parfois une profondeur de 30 centimètres, les données utilisées ne sont pas complètement représentatives des observations effectuées. Malgré ces éléments, les résultats sont jugés valides étant donné la cohérence entre les observations, la littérature, les résultats des analyses physiques et ceux de la modélisation.

7. Bibliographie

APLCDS. 2013. [en ligne] *Les phosphates* http://aplcds.org/infos-essentielles/nos-outils-en-environnement/les-phosphates/, consulté le 10 octobre 2016.

Baillargeon-Nadeau, L. 2016. *Inventaire géochimique et environnemental des métaux et métalloïdes des sols du sud du Québec,* Université du Québec à Montréal.

Barthod, L.R.M., Liu, K., Lobb, D.A., Owens, P.N., Martínez-Carreras, N., Koiter, A.J., Petticrew, E.L., McCulloughh, G.K., Liu, C. and Gaspar, L. 2015. *Selecting Color-based tracers and classifying sediment sources in the assessment of sediment dynamics using sediment source fingerprinting,* Journal of Environmental Quality **44**(5): 1605-1616.

Boudreault, M. 2016. *Sediment source apportionment under different spatial frameworks in an agricultural watershed in Atlantic Canada,* University of Manitoba.

CEHQ. [en ligne] *Fiche du barrage X0002206* http://cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X0002206, consulté le 2 décembre 2015.

CEHQb. [en ligne] *Fiche du barrage X0001903*

http://cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X0001903, consulté le 6 janvier 2016.

Choinière, J. et Beaumier, M. 1997. *Bruits de fond géochimiques pour différents environnements géologiques au Québec,* Ministère des Ressources Naturelles, Service des minéraux industriels et de l'assistance à l'exploration.

Collins, A.L., Walling, D.E. and Leeks, G.J.L. 1998. *Use of composite fingerprints to determine the provenance of the contemporary suspended sediment load transported by rivers,* Earth Surface Processes and Landforms **23**(1): 31-52.

Collins, A.L., Zhang, Y., McChesney, D., Walling, D.E., Haley, S.M. and Smith, P. 2012. *Sediment source tracing in a lowland agricultural catchment in southern England using a modified procedure combining statistical analysis and numerical modelling,* Science of the Total Environment **414**: 301-317.

Couture, M. 2011. *Portrait préliminaire de la rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet*, Corporation pour la promotion de l'environnement de la rivière Nicolet et de Baie-du-Febvre, 82 pages.

Couture, M. 2013a. *Diagnostic du réservoir Beaudet et de son bassin versant*, COPERNIC – Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 38 pages et 5 annexes.

Couture, M. 2013b. *Portrait final de l'environnement du réservoir Beaudet et de son bassin versant*, COPERNIC – Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 94 pages et 7 annexes.

Cyr, S. 2014. *Communication personnelle,* Ville de Victoriaville.

Davis, Charles M. et Fox, James F. 2009. *Sediment Fingerprinting : Review of the method and future improvements for allocating nonpoint source pollution,* Journal of environmental engineering **135**: 490-504.

Dauguet, S., Denaix, L., Nguyen, C., Royer, E., Levasseur, P., Potin-Gauthier, M., Lespes, G., Parat, C., Héroult, J., Coudure, R., Chéry, P., Devert, M., Robert, N. et Pouech, P. 2011. *Mesure des flux d'éléments traces (Pb, Cd, As, Cu, Zn) dans les sols, végétaux, porcs et lisiers des exploitations porcines du Sud-Ouest,* Innovations agronomiques **17** : 175-190.

Duhamel, D. et Bariteau, L. 2012. *Étude du bassin versant de la rivière Bulstrode à l'amont du réservoir Beaudet, Victoriaville – Portrait global de l'érosion et de la dynamique sédimentaire.* Rapport préliminaire présenté au Service de l'environnement de la Ville de Victoriaville. Poly-Géo inc., 29 pages et 1 annexe.

EAG. 2016. [en ligne] http://www.eaglabs.fr/cm/icp-oes-ms.html, consulté le 17 juin 2016.

Environnement Canada. 2015. [en ligne] *Données des stations pour le calcul des normales climatiques au Canada de 1981 à 2010.* http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?stnID=5310&autofwd=1 , consulté le 4 janvier 2016.

FAO. 2006. [en ligne] *6. Texture du sol*,

ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/FAO_Training/General/x6706f/x6706f06.htm, consulté le 11 mai 2016.

FAO. 2005. *The importance of soil organic matter – Key to drought-resistant soil and sustained food production,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ISBN-92-5-105366-9. 80 pages.

FEPS. 2016. [en ligne] *La pollution de l'eau,*

http://www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/pollution+eau.pdf, consulté le 2 mars 2016.

Gelfand, A.E. et Smith, A.F.M. 1990. *Sampling-based approaches to calculating marginal densities,* Journal of the American Statistical Association **85**: 399-409.

Grégoire, P. 2015. *Communication personnelle,* MRC d'Arthabaska.

Guzmán, G., Quinton, J.N., Nearing, M.A., Mabit, L. and Gómez, J.A. 2013. *Sediment tracers in water erosion studies: Current approaches and challenges,* Journal of Soils and Sediments **13**(4): 816-833.

Info-sols. 2015. [en ligne] http://www.info-sols.ca/, consulté en 2015.

Koiter, A.J., Lobb, D.A., Owens, P.N., Petticrew, E.L., Tiessen, K.H.D. and Li, S. 2013a. *Investigating the role of connectivity and scale in assessing the sources of sediment in an agricultural watershed in the Canadian prairies using sediment source fingerprinting,* Journal of Soils and Sediments **13**: 1676-1691.

Koiter, A.J. Owens, P.N., Petticrew, E.L. and Lobb, D.A. 2013b. *The behavioural characteristics of sediment properties and their implications for sediment*

fingerprinting as an approach for identifying sediment sources in river basins, Earth-Science Reviews **125**: 24-42.

Larsen, M.C., Gellis, A.C., Glysson, G.D., Gray, J.R. and Horowitz, A.J. 2010. *Fluvial sediment in the environment: a national challenge.* Proceedings, 9th Federal Interagency Sedimentation Conference.

Lemay+DAA. 2015. *Étude de restauration du reservoir Beaudet – Rapport final.* Référence 162.2100-65933, 93 pages.

Mahmood, K. 1987. *Reservoir Sedimentation: Impact, Extent, Mitigation,* World Bank Technical Report No. 71, Washington, D.C.

Martinez-Carreras, N., Krein, A., Gallart, F., Iffly, J.F., Pfister, L., Hoffmann, L and Owens, P.N. 2010a. *Assessment of different colour parameters for discriminating potential suspended sediment sources and provenance: A multi-scale study in Luxembourg,* Geomorphology **118**(1-2): 118-129.

Martinez-Carreras, N., Udelhoven, T., Krein, A., Gallart, F., Iffly, J.F., Ziebel, J., Hoffmann, L., Pfister, L. and Walling, D.E. 2010b. *The use of sediment colour measured by diffuse reflectance spectrometry to determine sediment sources: Application to the Attert River catchment (Luxembourg),* Journal of Hydrology **382**(1-4): 49-63.

Marttila H., Saarinen, T., Celebi, A. and Kløve, B. 2013. *Transport of particle-associated elements in two agriculture-dominated boreal river systems,* Science of the Total Environment **461-462**: 693-705.

MDDELCC. 2012. [en ligne] *Climat du Québec, Classification de Köppen-Geiger, Basée sur les normales 1981-2010* *http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/climat/normales/cartes/Classification-Koppen.pdf* , consulté le 4 janvier 2016.

Morris, G.L. and Fan, J. 1998. *Reservoir Sedimentation Handbook,* McGraw-Hill Book Co., New York, 805 pages.

Mukundan, R., Radcliffe, D.E., Ritchie, J.C., Risse, L.M. and McKinley, R.A. 2010. *Sediment fingerprinting to determine the source of suspended sediment in a Southern Piedmont stream,* Journal of Environmental Quality **39**(4): 1328-1337.

Nguyen M. N. 2012. *Diagnostic forestier du bassin versant de la rivière Bulstrode.* Agence forestière des Bois-Francs. 39 pages.

Panuska, J.C., Ward, L.W., Vadas, P.A., Busch, D.L. and Ozkaynak, A. 2011. *Sediment and particulate phosphorus characteristics in grassed waterways from row crop corn and alfalfa fields collected by manual University of Exeter samplers and automatic sampling,* Hydrological processes **25**: 2329-2338.

Paola, C., Parker, G., Seal, R., Sinha, S.K., Southard, J.B. and Wilcock, P.R. 2014. *Downstream fining by selective deposition in a laboratory flume,* Science, New Series, 258: 1757-1760.

Parnell, A.C., Inger, R., Bearhop, S. and Jackson, A.L. 2010. *Source partitioning using Stable Isotopes: Coping with too much variation,* PLoS ONE **5**(3): e9672.

Phillips, J.M., Russell, M.A. and Walling, D.E. 2000. *Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments*, Hydrological processes **14**: 2589-2602.

Polyakov, V.O., Kimoto, A., Nearing, M.A. and Nichols, M.H. 2009. *Tracing sediment movement on a semiarid watershed using rare earth elements,* Soil Science Society of America Journal **73**(5): 1559-1565.

Pulleman, M., Bouma, J., van Essen, E.A. and Meijles, E.W. 2000. *Soil organic matter content as a function of different land use history,* Soil science society of America Journal **64**: 689-693.

Robidas, M. 2011. *Évaluation du potential de risques toxicologiques et écotoxicologiques de teneurs naturelles en métaux dans les Appalaches et les Basses-Terres au Québec,* Université de Sherbrooke.

Smith, H.G., Blake, W.H. and Owens, P.N. 2013. *Discriminating fine sediment sources and the application of sediment tracers in burned catchments: a review,* Hydrological Processes **27**: 943-958.

St-Julien, P. et Slivitzky, A. 1985. *Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce, Carte no 2030.* Rapport MM 85-04, Échelle 1 : 250 000, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction générale de l'exploration géologique et minérale.

Stock, B. C. and Semmens, B.X. 2013. *MixSIAR GUI User Manual. Version 3.1.* https://github.com/brianstock/MixSIAR. doi:10.5281/zenodo.56159

Stream and Water restoration. 2016 [en ligne] https://riverrestoration.wikispaces.com/Sediment+transport+models , consulté le 8 novembre 2016.

Sympatec. [en ligne] *Image analysis*

https://www.sympatec.com/EN/ImageAnalysis/ImageAnalysis.html , consulté le 3 février 2016.

U.S. EPA. 1996. *Method 3050B – Acid digestion of sediments, sludges, and soils,* Revision 2.

Vézina, C., Boulé, V., Blanchet, M-C., Boucher, F., Brousseau, M., Casault, N., Clavet, P., D'Aoust, M., Gravel, D. et Marquis, H. 1995. *Étude des problèmes liés aux algues et aux macrophytes dans le réservoir Beaudet,* Victoriaville, ROCHE, 83 pages et annexes.

Voli, M.T., Wegmann, K.W., Bohnenstiehl, D.R., Leithold, E., Osburn, C.L. and Polyakov, V. 2013. *Fingerprinting the sources of suspended sediment delivery to a large municipal drinking water reservoir: Falls Lake, Neuse River, North Carolina, USA,* Journal of Soils and Sediments **13**: 1692-1707.

Walling, D.E. 2005. *Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems,* Science of the Total Environment **344** (1-3 SPEC. ISS.): 159-184.

Annexe A Méthodes

A.1 Analyses en laboratoire

Les analyses en laboratoire effectuées sur les échantillons ont été réalisées dans différentes installations. L'analyse de la géochimie a été effectuée au Centre de recherche et de développement de Québec d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Tous les échantillons, préalablement tamisés à 2 mm, ont d'abord été digérés selon la méthode 3050B de la U.S. EPA (1996). Ils ont ensuite été analysés par la méthode ICP-OES, à l'aide d'un appareil Optima 3400 DV de la compagnie Perkin Elmer. L'analyse par ICP-OES consiste en une mesure de la lumière émise à une longueur d'onde caractéristique d'un élément. Cet élément est déterminé selon les ions à analyser, qui ont subi une excitation thermique. La lumière émise est ensuite séparée et mesurée dans le spectromètre, résultant en une mesure d'intensité. Celle-ci est alors convertie en concentration de l'élément en se basant sur les normes de calibrage (EAG, 2016). Des résultats de concentration pour 15 éléments ont ainsi obtenus, soit pour l'aluminium (Al), le béryllium (Be), le calcium (Ca), le cadmium (Cd), le cobalt (Co), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le potassium (K), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le phosphore (P), le plomb (Pb) et le zinc (Zn).

Les analyses de la taille des particules ont été effectuées au Centre de recherche et de développement de Fredericton d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. L'appareil utilisé pour cette analyse est de marque *Sympatec,* combiné à un système de dispersion humide *Lixell*. Une pompe de marque *Masterflex* permet d'acheminer l'échantillon dans l'appareil principal. L'appareil est d'abord mis en marche pendant environ 15 minutes en utilisant de l'eau distillée comme agent de rinçage. Pour la préparation de l'échantillon à analyser, une masse d'environ 0.5 g de sédiments est mesurée et 500 mL d'eau distillée y est ajoutée avec quelques gouttes d'un agent dispersant de $Na_4P_2O_7$. L'échantillon est ensuite placé dans l'appareil où il est analysé à l'aide de l'interface du logiciel *QICPIC*. Les composantes de l'appareil en contact avec les sédiments sont rincées à l'eau distillée entre chaque analyse. L'appareil *Sympatec* permet l'analyse de la distribution des particules ayant une taille variant entre 1 µm et 30 mm (Sympatec). Les analyses des échantillons des sources ont cependant été réalisées sur la fraction granulométrique <2 mm préalablement tamisée. De plus, dû à un

réglage inadéquat de l'appareil, les particules plus fines que 2 µm n'ont pu être analysées séparément. Les résultats obtenus comprennent donc le pourcentage de l'échantillon compris entre 1 et 62 µm, entre 62 et 600 µm et celui compris entre 600 µm et 2 mm.

Les analyses du radionucléide ^{137}Cs et de la couleur ont été effectuées au laboratoire du Département des sciences du sol de l'University of Manitoba, sous la supervision de Dr. David A. Lobb. L'analyse du radionucléide ^{137}Cs a été effectuée à l'aide de cinq détecteurs au germanium BEGe (Broad Energy Germanium) fabriqués par *Canberra*. Ce type de détecteurs couvre un spectre d'énergie variant entre 3 KeV et 3 MeV, l'élément ^{137}Cs ayant une énergie de 662 KeV. Le laboratoire de l'University of Manitoba doit être exempt de poussières et présenter des conditions environnementales stables pour des analyses fiables. La température de la pièce est ainsi maintenue à 20°C ± 2°C et le taux d'humidité est d'environ 40% ± 5%. Incidemment, la préparation des échantillons est effectuée dans une pièce séparée pour éviter la contamination par des particules. Les détecteurs sont constamment refroidis par de l'azote liquide, dont le niveau est ajusté hebdomadairement. Chaque année, tous les détecteurs sont soumis à un cycle thermique complet. L'azote liquide est retiré pour permettre aux détecteurs d'atteindre la température de la pièce pendant au moins une journée. Ils sont ensuite refroidis à l'azote liquide comme ils le sont habituellement. Les détecteurs sont calibrés à l'aide de sources pures de ^{137}Cs et de Na^{22}, placées dans les appareils. Ainsi, les pics d'énergie de ces éléments peuvent être identifiés. L'efficacité de détection de chaque radionucléide est également propre à chaque détecteur. L'efficacité est essentiellement dépendante de la géométrie de l'échantillon, soit la taille du contenant utilisé pour l'analyse ainsi que la hauteur de sol dans ce contenant. L'efficacité de détection est déterminée en analysant trois sols de références de l'IAEA. Le tamisage à 2 mm des échantillons de sols est très important avant d'effectuer l'analyse du ^{137}Cs. En effet, les cailloux ne contiennent pas de ^{137}Cs et leur présence vient influencer la géométrie de l'échantillon et ainsi, le résultat de l'analyse. Dépendamment de la masse disponible, les échantillons de sols et de sédiments sont placés dans différents types de contenants. La masse de l'échantillon ainsi que sa hauteur dans le contenant est notée. Celui-ci est ensuite placé dans un des détecteurs au

germanium et est analysé pendant une période de 24 heures. L'activité radioactive à différentes énergies est compilée par le détecteur. Les résultats permettent enfin d'extraire le pic d'activité lié au radionucléide ^{137}Cs.

Les analyses de couleur sur les échantillons ont été réalisées à l'aide d'un spectroradiomètre de marque *ASD FieldSpecPro* relié à un câble à fibre optique. Les échantillons de sols et les blancs sont illuminés, un à la fois, par une source de lumière blanche provenant d'une lampe halogène de 12 V – 20 W installée à une dizaine de centimètres de l'échantillon. La lumière réfléchie sur la surface de l'échantillon est captée par un câble à fibre optique installé à une distance d'environ 2 centimètres de l'échantillon, avec un angle de 45°. La lumière ainsi captée est projetée dans le spectroradiomètre et séparée en composantes de différentes longueurs d'ondes, variant entre 350 et 2500 nm. Avant l'analyse de chaque échantillon de sol, une mesure de référence avec un disque blanc, nommé le Spectralon, est effectuée afin de calibrer l'appareil. L'échantillon de sol, qui doit avoir été tamisé à 0.063 mm et être d'une masse d'environ 7 grammes, est placé dans un verre de pétri de 52 mm de diamètre et nivelé à l'aide d'une règle. Les verres de pétri sont bien lavés et séchés entre chaque échantillon. Le verre de pétri est placé sur la table tournante de l'appareil et la lecture du spectre relatif est effectuée. Les données sont ensuite transformées à l'aide du logiciel de l'appareil en spectre de réflectance absolue, en multipliant le spectre relatif par le spectre du blanc de référence.

A.2 Analyse des données

A.2.1 Traitement des données

Les résultats de ^{137}Cs et de couleur sont traités avant d'être utilisés lors des analyses statistiques.

L'analyse par spectrométrie gamma permet de calculer l'activité du ^{137}Cs à partir des « comptes par seconde » obtenue selon l'équation suivante :

$$Activité\ du\ ^{137}Cs(\frac{Bq}{kg}) = \frac{\sum {}^{137}Cs}{(0.85 * Eff137 * W * e^{-\lambda t})} \quad \text{(Éq. A.1)}$$

Où $\sum {}^{137}Cs$ sont les comptes par seconde du pic d'activité à l'énergie 662KeV, le facteur 0.85 prend en compte la conversion du pic d'activité, Eff137 permet de considérer l'efficacité reliée à la géométrie de l'échantillon, W est le poids de l'échantillon soumis à l'analyse, λ est la constante de dégradation du ^{137}Cs et t est le temps écoulé entre l'échantillonnage et l'analyse. De cette façon, l'activité du ^{137}Cs est sur une base unitaire de poids et peut être comparée d'un échantillon à l'autre.

Les données obtenues de la spectroradiométrie sont la longueur d'onde et la réflectance de chacun des 10 spectres de couleur. Après manipulations, les données brutes permettent d'obtenir 16 coefficients de couleur, soit x, y, X, Y, Z, L, a, b, u, v, c, h, RI, R, G et B. Les coefficients XYZ sont obtenus à partir des mesures de réflectance dans le spectre visible (360-830 nm) et sont déterminés à partir des équations suivantes :

$$Y = K \sum_{\lambda} R\,(\lambda) * S\,(\lambda) * \bar{y}(\lambda)$$

$$X = K \sum_{\lambda} R\,(\lambda) * S\,(\lambda) * \bar{x}(\lambda) \qquad \text{(Éq. A.2)}$$

$$Z = K \sum_{\lambda} R\,(\lambda) * S\,(\lambda) * \bar{z}(\lambda)$$

Le terme λ est la longueur d'onde, S est la distribution spectrale de la source lumineuse, R est la réflectance de l'échantillon, $\bar{x}$, $\bar{y}$ et $\bar{z}$ sont les fonctions de couleur correspondantes définies par la Commission internationale de l'éclairage (CIE). La constante K, permettant d'obtenir une valeur de Y de 100 pour une surface parfaitement blanche, est définie selon l'équation suivante.

$$K = \frac{100}{\sum_{\lambda} S\,(\lambda)\,\bar{y}\,(\lambda)} \qquad \text{(Éq. A.3)}$$

Les coordonnées chromatiques x et y sont quant à elles obtenues à partir des équations suivantes.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \qquad \text{(Éq. A.4)}$$

Les coefficients de couleur L*, a*, b*, u* et v* (nommés ensuite L, a, b, u, v) sont obtenus à partir des coefficients X, Y et Z calculés précédemment, tel que le montrent les équations qui suivent.

$$L^* = 116\, f\left(\frac{Y}{Yn}\right) - 16$$

$$a^* = 500\, f\left(\frac{X}{Xn}\right) - f\left(\frac{Y}{Yn}\right)$$

$$b^* = 200\, f\left(\frac{Y}{Yn}\right) - f\left(\frac{Z}{Zn}\right)$$

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \qquad \text{(Éq. A.5)}$$

$$v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

$$u^* = 13L^*\,(u' - u'_n)$$

$$v^* = 13L^*\,(v' - v'_n)$$

Dans ces équations, la fonction f(I) est définie par $I^{1/3}$ lorsque I est supérieur à $(6/29)^3$ et par $(841/108)*I + 4/29$ en autre cas. Les variables Xn, Yn, Zn sont les coefficients X, Y, Z pour le Spectralon. Les variables X, Y et Z ont été calculées selon l'équation B.2. Les coefficients u' et v' sont calculés à partir de ces trois variables. Ces deux coefficients sont ensuite utilisés dans les équations permettant d'obtenir u* et v*, en combinaison avec les coefficients u' et v' du Spectralon (u'_n et v'_n). Il est ensuite possible de calculer c, h et RI puisqu'ils sont des combinaisons linéaires de a et b.

$$c = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

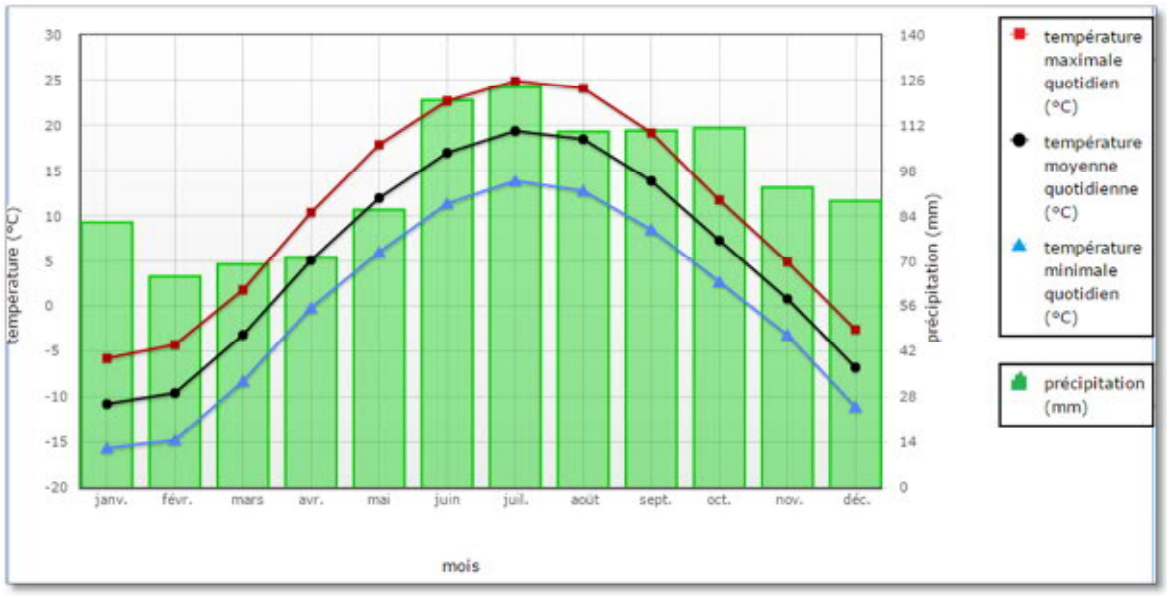
$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)\left(\frac{180}{\pi}\right) \qquad \text{(Éq. A.6)}$$

$$RI = \frac{L\,(a^{*2} + b^{*2})^{0.5} * 10^{8.2}}{b^*\,L^6}$$

Les coefficients de couleur RGB sont issus des moyennes des valeurs de réflectance pour les spectres de couleur rouge, vert et bleu (630-690 nm, 520-600 nm et 450-520 nm respectivement) et de leur multiplication par un facteur de 255 pour obtenir un codage de couleurs 8 bites.

Annexe B Climat

Le climat du bassin versant de la rivière Bulstrode est de type continental froid et humide (MDDELCC, 2012). La figure suivante illustre les variations des températures maximales quotidiennes, moyennes quotidiennes et minimales quotidiennes ainsi que les précipitations moyennes mensuelles à la station Arthabaska. Les données utilisées sont celles d'Environnement Canada, s'étendant de 1981 à 2010.



Températures et précipitations à la station Arthabaska, 1981-2010 (Environnement Canada, 2015)

La température moyenne annuelle quotidienne à la station Arthabaska est de 5.3°C, selon les données de 1981 à 2010. Selon le graphique présenté, les températures maximales moyennes quotidiennes varient entre -5.8°C et 24.9°C alors que celles minimales moyennes quotidiennes varient entre -15.7°C et 13.9°C. Les précipitations totales moyennes annuelles sont de 1130.6 mm, soit 236.7 cm sous forme de neige et 893.9 mm de pluie. La figure montre que les précipitations les plus importantes ont lieu au mois de juillet, avec une moyenne de 123.9 mm. Il est cependant à noter que les observations de température et de précipitations à la station Arthabaska sont davantage représentatives de la partie aval du bassin versant de la rivière Bulstrode, puisque cette station est située à 6 km au sud du réservoir Beaudet, à une altitude de 140 m. L'absence de station avec des données s'étendant sur une longue période empêche l'étude du climat

spécifique à la partie amont du bassin versant de la rivière Bulstrode, qui est située à une plus grande altitude.

Annexe C Données brutes

Données brutes - Berges

Échantillons	x	y	X	Y	Z	L	a	b	u	v	c	h	RI	R	G	B
1SB-250R-0/10	0.4856	0.4144	24.1425	20.6029	4.9680	52.5121	5.2522	13.9940	12.6045	5.7667	14.9472	69.4282	0.4240	62.1477	51.7845	39.7383
1SB-250R-10/20	0.4880	0.4151	25.7952	21.9398	5.1228	53.9630	5.7059	15.4254	13.8247	6.3465	16.4468	69.7005	0.3693	66.6624	55.1341	41.3064
1SB-250R-20/30	0.4899	0.4151	25.8685	21.9176	5.0171	53.9394	6.0982	16.1132	14.6792	6.5483	17.2285	69.2705	0.3711	67.5223	54.9818	40.6053
1SB-250R-40/50	0.4856	0.4149	26.1272	22.3239	5.3584	54.3690	5.2688	14.5367	12.8657	6.0763	15.4620	70.0771	0.3549	66.5734	56.2203	42.8910
1SB-250R-80/90	0.4881	0.4149	23.9791	20.3797	4.7644	52.2638	5.6426	15.0083	13.5125	6.1090	16.0340	69.3953	0.4342	62.3329	51.1905	38.3276
1SB-875R-0/10	0.4903	0.4149	23.8089	20.1485	4.6010	52.0047	6.0481	15.7496	14.3810	6.3189	16.8709	68.9923	0.4463	62.4077	50.4538	37.3320
1SB-875R-10/20	0.4883	0.4154	24.3418	20.7062	4.7975	52.6265	5.5837	15.3968	13.5202	6.3096	16.3780	70.0665	0.4176	62.6656	52.0575	38.8484
1SB-875R-20/30	0.4868	0.4153	24.5313	20.9297	4.9340	52.8724	5.3039	14.8536	12.9162	6.1510	15.7721	70.3494	0.4073	62.4370	52.7079	39.7143
1SB-1330R-0/10	0.4907	0.4146	21.2449	17.9522	4.1001	49.4381	5.9617	15.1498	13.9177	5.9692	16.2806	68.5194	0.5767	56.3015	44.8731	33.2351
1SB-1330R-10/20	0.4909	0.4155	23.4443	19.8430	4.4749	51.6593	6.0025	16.0899	14.3542	6.4618	17.1730	69.5415	0.4598	61.4508	49.7281	36.5469
1SB-1330R-20/30	0.4915	0.4158	24.6818	20.8805	4.6545	52.8185	6.1530	16.7608	14.8502	6.7646	17.8545	69.8415	0.4107	64.3290	52.3565	38.1534
2SB-2660L-0/10	0.5003	0.4119	11.4115	9.3955	2.0037	36.7349	6.8240	13.9864	13.9863	4.6504	15.5623	63.9920	2.6362	32.8126	23.0309	16.3362
2SB-2660L-10/20	0.5008	0.4118	10.8985	8.9608	1.9009	35.9086	6.8230	13.9017	13.8710	4.5713	15.4858	63.8581	2.9571	31.3918	21.9489	15.5141
2SB-2660L-20/30	0.4986	0.4117	11.0321	9.1091	1.9868	36.1934	6.5333	13.2702	13.3042	4.4169	14.7913	63.7878	2.8443	31.6890	22.3421	16.1472
2SB-2575R-0/10	0.4899	0.4118	10.7634	9.0475	2.1581	36.0757	5.1463	10.9233	10.5629	3.8136	12.0749	64.7733	2.8672	29.2105	22.4441	17.1338
2SB-2575R-20/30	0.4767	0.4119	11.1543	9.6374	2.6050	37.1835	3.1176	7.7265	6.7067	2.9737	8.3318	68.0263	2.4044	28.1315	24.2653	20.1928
2SB-2635R-0/10	0.4988	0.4125	12.3902	10.2469	2.2016	38.2819	6.6661	14.2001	13.9420	4.8561	15.6869	64.8527	2.1295	34.9505	25.2280	17.9269
3SB-20R-0/10	0.4892	0.4143	24.2622	20.5489	4.7864	52.4523	6.0060	15.1753	14.2044	6.0982	16.3206	68.4076	0.4293	64.1216	51.4152	38.5851
3SB-20R-10/20	0.4902	0.4148	24.3659	20.6182	4.7215	52.5291	6.1030	15.7750	14.5187	6.3389	16.9144	68.8496	0.4249	64.3123	51.6126	38.2730
3SB-20R-20/30	0.4928	0.4150	24.9189	20.9866	4.6655	52.9348	6.6181	16.8812	15.7122	6.7028	18.1321	68.5928	0.4096	66.3364	52.4887	38.0395
3SB-20R-70/80	0.4909	0.4155	28.5179	24.1397	5.4395	56.2274	6.3968	17.2050	15.6104	7.0487	18.3557	69.6050	0.3009	74.6490	60.5782	44.1782
3SB-20R-150/160	0.4925	0.4152	25.4388	21.4443	4.7680	53.4324	6.5717	16.9970	15.6904	6.7874	18.2232	68.8617	0.3901	67.5152	53.6744	38.7675
3SB-20R-220/230	0.4914	0.4155	27.2668	23.0548	5.1614	55.1287	6.4166	17.1714	15.5673	6.9800	18.3311	69.5104	0.3323	71.5392	57.8148	42.0323
3SB-185L-0/10	0.4883	0.4148	25.2232	21.4261	5.0050	53.4127	5.7895	15.2894	13.9081	6.2427	16.3488	69.2603	0.3898	65.9606	53.7679	40.3123
3SB-185L-10/20	0.4900	0.4151	25.4270	21.5391	4.9266	53.5345	6.0838	16.0473	14.6126	6.5058	17.1619	69.2375	0.3855	66.8221	53.9854	39.9068
3SB-185L-20/30	0.4903	0.4152	25.6939	21.7581	4.9532	53.7694	6.1377	16.2654	14.7735	6.5973	17.3848	69.3262	0.3769	67.3823	54.5401	40.2070
3SB-185L-50/60	0.4899	0.4152	26.5328	22.4842	5.1404	54.5370	6.1331	16.2947	14.8214	6.6445	17.4107	69.3743	0.3510	69.1050	56.4176	41.5790
3SB-185L-80/90	0.4857	0.4156	28.8384	24.6735	5.8598	56.7559	5.3048	15.4201	13.2672	6.5568	16.3070	71.0159	0.2846	73.4521	62.2889	46.9897
3SB-1360R-0/10	0.4886	0.4146	24.0003	20.3688	4.7551	52.2517	5.7834	15.0547	13.7707	6.0933	16.1274	68.9853	0.4359	62.9353	51.0582	38.3261
3SB-1360R-10/20	0.4910	0.4146	23.7918	20.0904	4.5706	51.9393	6.2588	15.8607	14.7741	6.3107	17.0509	68.4653	0.4508	63.3257	50.2205	37.0616
3SB-1360R-20/30	0.4867	0.4147	25.7695	21.9588	5.2182	53.9833	5.5167	14.8112	13.3475	6.1220	15.8053	69.5713	0.3689	66.6595	55.1672	41.9260
3SB-1360R-90/100	0.4915	0.4153	26.7528	22.6035	5.0713	54.6615	6.4510	16.9833	15.5553	6.8685	18.1673	69.2010	0.3474	70.3562	56.6295	41.2288
3SB-1360R-110/120	0.4910	0.4155	27.8402	23.5630	5.3034	55.6476	6.3592	17.1080	15.4836	6.9903	18.2516	69.6094	0.3169	72.4689	59.1222	43.1230
4SB-15L-0/10	0.4855	0.4149	24.2959	20.7621	4.9815	52.6881	5.1287	14.2038	12.4462	5.8985	15.1013	70.1465	0.4150	62.2723	52.2763	39.9082
4SB-15L-10/20	0.4893	0.4144	22.9101	19.4018	4.5122	51.1540	5.9022	14.9401	13.8826	5.9677	16.0637	68.4431	0.4865	60.7105	48.5517	36.3605
4SB-15L-20/30	0.4905	0.4148	24.0496	20.3393	4.6457	52.2187	6.1308	15.7904	14.5507	6.3250	16.9388	68.7808	0.4379	63.7228	50.9049	37.6182
4SB-15L-50/60	0.4910	0.4152	24.2369	20.4959	4.6329	52.3933	6.1553	16.1856	14.6957	6.4974	17.3165	69.1784	0.4295	63.8955	51.3548	37.5927
4SB-15L-130/140	0.4912	0.4154	25.8483	21.8594	4.9190	53.8775	6.2850	16.6918	15.1404	6.7496	17.8359	69.3670	0.3730	67.9613	54.7995	39.9646
4SB-210L-0/10	0.4888	0.4147	25.0769	21.2766	4.9519	53.2508	5.8967	15.3806	14.1092	6.2491	16.4722	69.0238	0.3964	65.9062	53.3378	39.9298
4SB-210L-10/20	0.4872	0.4147	25.9609	22.0948	5.2265	54.1275	5.6533	15.0035	13.6432	6.1789	16.0332	69.3536	0.3645	67.4943	55.4902	41.9748
4SB-210L-20/30	0.4895	0.4145	25.1378	21.2862	4.9326	53.2614	6.0974	15.5342	14.5012	6.2661	16.6880	68.5693	0.3972	66.5007	53.3000	39.7441
4SB-210L-30/40	0.4870	0.4145	27.1629	23.1224	5.4959	55.1982	5.7190	15.0605	13.8359	6.2291	16.1098	69.2065	0.3308	70.4231	58.0600	44.0942
4SB-210L-40/50	0.4877	0.4151	26.6293	22.6633	5.3055	54.7238	5.7032	15.5007	13.8828	6.4115	16.5166	69.8000	0.3441	69.0962	56.9321	42.8540
4SB-420L-0/10	0.4972	0.4143	22.5894	18.8206	4.0228	50.4767	7.4369	17.5584	17.1297	6.6582	19.0685	67.0447	0.5253	62.9311	46.7390	32.8221
4SB-420L-10/20	0.4964	0.4139	25.1477	20.9684	4.5446	52.9149	7.6311	17.7348	17.7117	6.8041	19.3069	66.7183	0.4159	68.7785	52.0849	36.9441
4SB-420L-20/30	0.4963	0.4102	26.5985	21.9850	5.0116	54.0110	8.6561	16.2751	19.3071	5.9642	18.4338	61.9932	0.3906	71.0179	54.1132	39.7215

Données brutes - Berges

Échantillons	x	y	X	Y	Z	L	a	b	u	v	c	h	RI	R	G	B
4SB-420L-40/50	0.4902	0.4077	28.6125	23.7966	5.9573	55.8835	8.2302	13.3089	17.9631	4.8081	15.6481	58.2674	0.3419	73.9533	58.5851	45.9004
4SB-420L-80/90	0.4934	0.4089	33.5874	27.8358	6.6512	59.7401	9.0658	15.8196	20.3721	5.8696	18.2332	60.1842	0.2401	88.3809	68.4329	52.1066
5SB-65L-0/10	0.4916	0.4149	27.6071	23.3009	5.2491	55.3809	6.6263	17.0122	15.9239	6.8680	18.2572	68.7189	0.3265	72.6311	58.3462	42.4704
5SB-65L-10/20	0.4901	0.4143	25.3649	21.4446	4.9473	53.4327	6.2736	15.7265	14.8697	6.3127	16.9317	68.2519	0.3918	67.3618	53.6690	39.7757
5SB-65L-20/30	0.5030	0.4139	23.2027	19.0914	3.8344	50.7940	8.7061	19.6446	19.8731	7.1951	21.4873	66.0981	0.5127	64.4272	47.1385	31.5492
5SB-65L-50/60	0.4822	0.4136	24.8816	21.3416	5.3781	53.3213	4.8005	12.5998	11.5243	5.2736	13.4833	69.1432	0.3935	64.9050	53.7058	42.4352
5SB-65L-80/90	0.4836	0.4134	27.4812	23.4877	5.8529	55.5712	5.3279	13.4205	12.7699	5.5932	14.4394	68.3472	0.3218	71.3586	59.0514	46.1029
5SB-65L-110/120	0.4862	0.4134	24.2007	20.5765	4.9959	52.4828	5.6196	13.7489	13.1923	5.5629	14.8530	67.7685	0.4300	64.1037	51.6035	39.5440
5SB-335L-0/10	0.4918	0.4141	22.6612	19.0788	4.3373	50.7793	6.4440	15.6142	14.9639	6.1065	16.8917	67.5741	0.5078	60.9391	47.5484	35.1774
5SB-335L-10/20	0.4878	0.4131	21.2121	17.9641	4.3102	49.4525	5.7515	13.5343	13.1835	5.3211	14.7057	66.9767	0.5822	56.6472	44.8161	34.4713
5SB-335L-20/30	0.4827	0.4134	23.0056	19.7025	4.9561	51.4991	4.8243	12.3309	11.4069	5.0845	13.2411	68.6327	0.4698	59.6111	49.5037	39.2039
5SB-335L-30/40	0.4814	0.4128	20.1267	17.2594	4.4244	48.5852	4.4932	11.1693	10.4021	4.5414	12.0392	68.0862	0.6310	51.8202	43.3925	34.6753
5SB-335L-40/50	0.4823	0.4133	19.4125	16.6371	4.2003	47.7995	4.4936	11.5354	10.4459	4.6816	12.3797	68.7168	0.6817	49.9240	41.8738	33.0247
5SB-705R-0/10	0.4956	0.4133	19.8311	16.5380	3.6442	47.6726	7.0351	15.8690	15.8163	5.9209	17.3585	66.0912	0.7041	54.8915	41.0046	29.4963
5SB-705R-10/20	0.4964	0.4123	18.5855	15.4366	3.4177	46.2265	7.2474	15.3632	15.9496	5.5888	16.9868	64.7451	0.8302	52.8774	38.0825	27.6122
5SB-705R-20/30	0.4952	0.4124	18.7464	15.6123	3.4988	46.4616	7.0262	15.0479	15.5166	5.5246	16.6074	64.9712	0.8079	53.1512	38.5818	28.1994
5SB-705R-60/70	0.4965	0.4138	21.7537	18.1298	3.9346	49.6532	7.3156	16.8534	16.6913	6.3557	18.3727	66.5356	0.5725	60.7920	44.9691	31.9978
5SB-705R-130/140	0.4967	0.4132	18.8049	15.6437	3.4100	46.5035	7.1327	15.9097	15.8948	5.8554	17.4354	65.8523	0.7986	53.1578	38.7317	27.6266
5SB-705R-170/180	0.4877	0.4112	16.6533	14.0428	3.4517	44.2942	5.6783	11.7282	12.2848	4.3551	13.0305	64.1656	1.0327	46.5291	34.8626	27.1593
5SB-705R-210/220	0.4834	0.4130	22.1029	18.8843	4.7376	50.5515	4.9885	12.2493	11.6219	4.9750	13.2262	67.8413	0.5184	58.2897	47.3661	37.3769
6SB-220L-0/10	0.4893	0.4144	25.3598	21.4762	4.9922	53.4668	6.1061	15.4715	14.5153	6.2448	16.6329	68.4626	0.3900	66.9250	53.7656	40.1999
6SB-220L-10/20	0.4889	0.4149	26.8113	22.7522	5.2738	54.8162	6.0112	15.8729	14.5239	6.5016	16.9730	69.2579	0.3424	69.9611	57.0797	42.5656
6SB-220L-20/30	0.4869	0.4152	29.9429	25.5337	6.0251	57.5917	5.7224	15.8362	14.1598	6.6700	16.8384	70.1328	0.2660	76.7680	64.2424	48.5430
6SB-220L-40/50	0.4886	0.4152	28.3542	24.0987	5.5843	56.1864	5.9643	16.1900	14.5964	6.7106	17.2536	69.7766	0.3016	73.2218	60.5389	45.1724
6SB-220L-50/60	0.4873	0.4151	28.1901	24.0115	5.6427	56.0993	5.7270	15.6639	14.0435	6.5330	16.6780	69.9168	0.3037	72.4714	60.3717	45.4916
6SB-415L-0/10	0.5014	0.4159	24.6507	20.4479	4.0690	52.3399	8.0885	20.4008	19.0682	7.7472	21.9457	68.3727	0.4340	68.6109	50.7894	34.0712
6SB-415L-10/20	0.5010	0.4169	28.8030	23.9693	4.7191	56.0571	8.1864	21.8749	19.8774	8.5346	23.3565	69.4822	0.3057	77.7177	59.7434	39.8080
6SB-415L-20/30	0.5042	0.4168	30.3081	25.0538	4.7544	57.1278	9.0297	23.4667	21.8523	9.0128	25.1440	68.9538	0.2791	81.9879	62.2364	40.3855
6SB-415L-80/90	0.5002	0.4170	30.3007	25.2622	5.0175	57.3300	8.1320	21.9564	19.8985	8.6573	23.4140	69.6768	0.2729	80.0662	63.1251	42.0394
6SB-415L-190/200	0.4980	0.4160	26.8577	22.4358	4.6328	54.4863	7.6124	19.7945	18.2583	7.7477	21.2078	68.9648	0.3536	72.2214	56.0024	38.3157
6SB-135R-0/10	0.4919	0.4147	24.5791	20.7217	4.6717	52.6435	6.4867	16.3333	15.3341	6.4879	17.5742	68.3396	0.4218	65.8172	51.7851	37.8603
6SB-135R-10/20	0.4882	0.4156	25.4600	21.6760	5.0184	53.6816	5.5823	15.6595	13.6424	6.4697	16.6247	70.3800	0.3774	65.8552	54.5332	40.6086
6SB-135R-20/30	0.4873	0.4150	26.0182	22.1611	5.2164	54.1975	5.5782	15.1925	13.5579	6.2850	16.1841	69.8384	0.3610	67.6645	55.6992	42.0165
6SB-135R-40/50	0.5044	0.4154	26.5838	21.8940	4.2301	53.9144	9.0156	21.8457	21.1936	8.1742	23.6329	67.5743	0.3764	72.1019	54.2775	35.2773
6SB-135R-70/80	0.4789	0.4154	32.4670	28.1615	7.1685	60.0343	4.0243	13.4258	10.6464	6.0684	14.0159	73.3141	0.2122	79.5960	71.4989	56.9340
7SB-50R-0/10	0.5025	0.4136	19.2758	15.8629	3.2183	46.7941	8.1698	18.1661	18.2183	6.5142	19.9186	65.7851	0.7745	55.3112	39.1110	26.4712
7SB-50R-10/20	0.5024	0.4140	22.4438	18.4942	3.7341	50.0902	8.4701	19.2719	19.3048	7.0667	21.0510	66.2743	0.5490	63.7663	45.6614	30.8097
7SB-50R-20/30	0.5068	0.4113	16.6914	13.5459	2.7004	43.5745	8.9834	17.7328	19.1990	5.9492	19.8785	63.1332	1.1310	48.6707	32.9706	22.0977
7SB-50R-50/60	0.4873	0.4168	35.3680	30.2491	6.9575	61.8685	5.7191	17.7539	14.8348	7.7078	18.6524	72.1447	0.1837	88.5364	76.4805	56.6420
7SB-50R-80/90	0.4854	0.4168	34.9551	30.0189	7.0400	61.6705	5.2388	16.9538	13.7611	7.4612	17.7447	72.8287	0.1860	86.6987	76.0438	57.1437
7SB-265L-0/10	0.4970	0.4123	17.2621	14.3205	3.1515	44.6891	7.1743	15.1640	15.6409	5.4502	16.7755	64.6805	0.9837	49.3642	35.3465	25.4210
7SB-265L-10/20	0.4980	0.4109	15.6094	12.8799	2.8527	42.5817	7.3911	14.4527	15.6562	5.0050	16.2330	62.9148	1.2716	45.5476	31.6650	22.7302
7SB-265L-20/30	0.4871	0.4102	14.1495	11.9148	2.9855	41.0804	5.4929	10.5420	11.4617	3.7714	11.8872	62.4783	1.5275	39.3315	29.5026	23.3321
7SB-265L-40/50	0.4866	0.4085	9.1274	7.6626	1.9685	33.2702	4.9607	8.4657	9.4885	2.7481	9.8121	59.6309	4.5063	25.9623	18.9056	15.1610
7SB-265L-60/70	0.5175	0.4124	21.1484	16.8564	2.8645	48.0786	11.3850	23.8111	25.2440	7.8770	26.3929	64.4458	0.6838	65.6140	40.6577	24.6377
7SB-265L-80/90	0.5031	0.4168	32.1297	26.6181	5.1130	58.6191	8.9713	23.5203	21.8835	9.1433	25.1731	69.1217	0.2451	87.5143	66.2424	43.2444

Données brutes - Berges

Échantillons	x	y	X	Y	Z	L	a	b	u	v	c	h	RI	R	G	B
7SB-445R-0/10	0.4923	0.4127	24.3246	20.3911	4.6971	52.2766	7.0211	15.5164	16.0705	5.9821	17.0310	65.6535	0.4456	66.7126	50.6776	37.5285
7SB-445R-10/20	0.4930	0.4130	24.6764	20.6730	4.7023	52.5897	7.1172	16.0184	16.3797	6.1887	17.5284	66.0438	0.4311	67.7719	51.3923	37.7145
7SB-445R-20/30	0.4902	0.4121	23.7057	19.9312	4.7268	51.7594	6.6733	14.4096	15.1604	5.5643	15.8798	65.1505	0.4702	64.6279	49.5386	37.5051
7SB-445R-40/50	0.4937	0.4137	30.0809	25.2102	5.6433	57.2796	7.5629	17.6948	17.9014	7.0063	19.2432	66.8577	0.2795	80.8822	62.7457	45.6579
7SB-445R-50/60	0.4939	0.4141	32.0554	26.8793	5.9711	58.8624	7.6675	18.3597	18.3545	7.3393	19.8965	67.3333	0.2431	85.9045	66.9706	48.4748
8SB-65L-0/10	0.4951	0.4159	25.7893	21.6618	4.6391	53.6664	6.9613	18.3347	16.7032	7.2661	19.6117	69.2094	0.3808	69.9177	54.2036	37.9925
8SB-65L-10/20	0.4957	0.4158	24.1341	20.2425	4.3066	52.1103	6.9492	18.1446	16.5224	7.1100	19.4298	69.0437	0.4417	65.5041	50.6206	35.2830
8SB-65L-20/30	0.4959	0.4159	24.0570	20.1773	4.2759	52.0371	6.9441	18.2544	16.5319	7.1530	19.5306	69.1728	0.4444	65.1793	50.4919	35.0169
8SB-65L-60/70	0.4906	0.4163	29.7782	25.2679	5.6543	57.3355	6.2339	17.7206	15.5046	7.3656	18.7851	70.6186	0.2712	75.7517	63.6364	46.0268
8SB-65L-160/170	0.4735	0.4124	30.9162	26.9241	7.4471	58.9040	3.5280	9.9719	8.8573	4.4779	10.5776	70.5164	0.2371	74.8864	68.1297	57.8545
8SB-65L-200/210	0.4743	0.4125	32.4708	28.2383	7.7451	60.1034	3.7394	10.4707	9.4007	4.6994	11.1184	70.3467	0.2146	78.9162	71.4076	60.3438
8SB-505L-0/10	0.4953	0.4155	25.5421	21.4274	4.5983	53.4141	7.0637	18.1993	16.8379	7.1702	19.5220	68.7871	0.3910	67.9266	53.5598	37.6728
8SB-505L-10/20	0.4951	0.4155	25.6605	21.5358	4.6369	53.5309	7.0326	18.1178	16.7727	7.1498	19.4349	68.7858	0.3868	68.2292	53.8340	37.9512
8SB-505L-20/30	0.4968	0.4158	24.5524	20.5509	4.3210	52.4544	7.1923	18.6268	17.0886	7.2653	19.9672	68.8871	0.4278	65.4330	51.3397	35.5836
8SB-505L-50/60	0.5011	0.4145	22.2702	18.4199	3.7488	50.0015	8.0939	18.9951	18.5672	7.0479	20.6477	66.9210	0.5512	60.7903	45.6170	30.9416
8SB-505L-80/90	0.4927	0.4156	28.4766	24.0167	5.3010	56.1046	6.7731	17.9118	16.4418	7.2530	19.1496	69.2865	0.3048	73.8555	60.1989	43.2739
8SB-790L-0/10	0.4872	0.4137	28.0730	23.8407	5.7082	55.9280	6.0266	14.9493	14.4016	6.1276	16.1184	68.0437	0.3123	76.0046	59.7591	45.1838
8SB-790L-10/20	0.4873	0.4115	23.0766	19.4868	4.7902	51.2519	6.1938	13.0788	13.9681	5.0731	14.4713	64.6588	0.4959	64.4523	48.4428	37.6689
8SB-790L-40/50	0.4881	0.4102	20.5392	17.2636	4.2803	48.5904	6.3901	12.2777	13.9427	4.5738	13.8410	62.5047	0.6596	56.4917	42.7216	33.5289
8SB-790L-70/80	0.4912	0.4173	32.7910	27.8523	6.1074	59.7551	6.3277	19.0628	16.1291	8.0382	20.0855	71.6370	0.2192	82.3654	70.3680	50.0741
8SB-790L-300/310	0.4731	0.4121	32.8007	28.5750	7.9618	60.4047	3.5606	9.8747	8.9387	4.4522	10.4970	70.1720	0.2095	79.5914	72.2582	61.7714
8SB-790L-370/380	0.4712	0.4125	31.1148	27.2414	7.6807	59.1971	2.9621	9.2438	7.6766	4.2605	9.7068	72.2325	0.2289	74.4541	69.1166	59.5192
9SB-205L-0/10	0.4872	0.4096	11.8086	9.9291	2.5013	37.7149	5.2844	9.7722	10.6768	3.3735	11.1095	61.5976	2.3612	33.3774	24.5641	19.4199
9SB-205L-10/20	0.4898	0.4097	11.5812	9.6862	2.3766	37.2733	5.6582	10.4113	11.3858	3.5366	11.8495	61.4774	2.5073	33.2658	23.8992	18.5313
9SB-205L-20/30	0.4900	0.4095	11.2862	9.4315	2.3148	36.8022	5.6732	10.3112	11.3452	3.4736	11.7689	61.1805	2.6795	32.5184	23.2569	18.0271
9SB-205L-110/120	0.4897	0.4098	13.1178	10.9768	2.6928	39.5413	5.8586	10.8586	12.0127	3.7631	12.3383	61.6515	1.8630	37.5565	27.0977	21.0037
9SB-205L-170/180	0.4693	0.4160	26.9193	23.8587	6.5774	55.9460	1.5586	9.7045	5.2461	4.7700	9.8288	80.8757	0.2929	62.4679	61.2309	51.7819
9SB-245R-0/10	0.5117	0.4143	23.8455	19.3067	3.4454	51.0441	10.3422	23.4220	23.6381	8.2347	25.6037	66.1758	0.5000	70.3244	47.2575	29.2754
9SB-245R-10/20	0.5110	0.4162	29.0408	23.6543	4.1357	55.7400	10.4282	25.7334	24.7699	9.4153	27.7661	67.9402	0.3178	84.1471	58.3188	35.5488
9SB-245R-20/30	0.5055	0.4176	31.4933	26.0165	4.7873	58.0527	9.2158	24.8249	22.5630	9.5565	26.4803	69.6334	0.2564	86.9203	64.7357	41.0044
9SB-245R-100/110	0.4907	0.4188	28.2892	24.1463	5.2175	56.2340	5.5172	18.6966	14.3677	7.9209	19.4937	73.5593	0.2939	70.0702	61.2724	43.2726
9SB-245R-160/170	0.4735	0.4171	26.8377	23.6417	6.2031	55.7273	2.1863	11.5383	6.7837	5.5011	11.7436	79.2707	0.3001	62.8466	60.6261	49.4689
9SB-245R-240/250	0.4773	0.4174	27.4234	23.9789	6.0498	56.0667	2.9716	13.0549	8.5362	6.0344	13.3888	77.1766	0.2934	65.3498	61.2721	48.7312
9SB-385R-0/10	0.5036	0.4158	25.8439	21.3358	4.1344	53.3150	8.6922	21.5627	20.4918	8.1101	23.2487	68.0450	0.3967	72.3598	52.9796	34.4742
9SB-385R-10/20	0.5003	0.4179	29.4017	24.5603	4.8104	56.6444	7.8481	22.2321	19.3848	8.8029	23.5767	70.5567	0.2882	79.9789	61.5438	40.3895
9SB-385R-20/30	0.4996	0.4179	29.8948	25.0028	4.9383	57.0781	7.7633	22.0743	19.2303	8.7875	23.3996	70.6239	0.2773	80.4696	62.6774	41.4177
9SB-385R-50/60	0.5010	0.4165	27.2875	22.6873	4.4941	54.7487	8.1338	21.2729	19.5437	8.2282	22.7749	69.0754	0.3450	74.5235	56.6292	37.3862
9SB-385R-70/80	0.5001	0.4173	30.4392	25.3979	5.0311	57.4611	8.0600	22.0882	19.8056	8.7376	23.5128	69.9528	0.2693	81.5176	63.6360	41.8753
9SB-385R-120/130	0.4940	0.4173	29.3109	24.7602	5.2673	56.8410	6.6701	19.4071	16.6422	7.9551	20.5214	71.0325	0.2824	76.2266	62.2990	43.5249
9SB-385R-150/160	0.4938	0.4157	25.2105	21.2230	4.6231	53.1927	6.6868	17.6358	16.0225	7.0186	18.8609	69.2351	0.3980	67.5763	53.1684	37.7041

Données brutes - Sols

Échantillons	x	y	X	Y	Z	L	a	b	u	v	c	h	RI	R	G	B
1SO1A-0/10	0.4875	0.4148	24.6999	21.0162	4.9483	52.9673	5.5858	14.9169	13.4342	6.1115	15.9284	69.4709	0.4059	64.0614	52.7693	39.8679
1SO1B-0/10	0.4927	0.4143	23.0653	19.3950	4.3518	51.1462	6.6013	16.1355	15.3858	6.3062	17.4337	67.7497	0.4893	62.1861	48.4091	35.1638
1SO1C-0/10	0.5026	0.4141	23.0956	19.0324	3.8276	50.7251	8.5460	19.5823	19.5667	7.2076	21.3659	66.4229	0.5149	65.7240	47.0623	31.4099
1SO1D-0/10	0.5041	0.4153	25.5106	21.0138	4.0801	52.9646	8.8754	21.3889	20.7543	7.9719	23.1572	67.4637	0.4117	72.2344	51.9545	34.2296
1SO1E-0/10	0.4887	0.4118	16.8681	14.2116	3.4349	44.5349	5.7777	12.2928	12.6001	4.5841	13.5829	64.8261	0.9996	46.2064	35.3065	27.2135
1SO2B-0/10	0.4915	0.4144	23.9818	20.2178	4.5913	52.0826	6.4349	15.9550	15.1173	6.3130	17.2038	68.0349	0.4459	64.0539	50.5183	37.0490
1SO2C-0/10	0.5042	0.4148	23.2914	19.1623	3.7381	50.8766	8.7273	20.5938	20.1213	7.5688	22.3667	67.0335	0.5050	66.5914	47.4042	31.0116
1SO2D-0/10	0.5015	0.4163	25.0536	20.7956	4.1092	52.7251	8.0685	20.7451	19.1395	7.9127	22.2590	68.7472	0.4174	68.6130	51.7345	34.4268
1SO2E-0/10	0.4954	0.4136	16.5261	13.7991	3.0360	43.9434	6.5129	14.9856	14.4009	5.5034	16.3397	66.5096	1.0546	45.3913	34.2789	24.5360
1SO2F-0/10	0.5048	0.4135	16.8684	13.8196	2.7301	43.9731	8.2015	18.1094	17.9665	6.3126	19.8800	65.6349	1.0582	49.7263	33.9890	22.5553
1SO3A-0/10	0.4836	0.4153	24.9780	21.4502	5.2186	53.4387	4.6859	13.8694	11.6296	5.8874	14.6396	71.3322	0.3839	63.1058	54.1466	41.8922
1SO3C-0/10	0.5052	0.4137	19.1964	15.7201	3.0794	46.6051	8.6012	19.1548	19.1640	6.7766	20.9973	65.8183	0.7902	56.7028	38.6800	25.4077
2SO1A-0/10	0.4959	0.4112	10.3912	8.6176	1.9475	35.2374	6.0818	12.1304	12.2348	4.0344	13.5696	63.3723	3.2634	29.2380	21.2305	15.5180
2SO1B-0/10	0.4886	0.4138	18.1606	15.3803	3.6279	46.1507	5.4582	13.3859	12.4187	5.1968	14.4559	67.8166	0.8175	48.7008	38.4745	29.0244
2SO1C-0/10	0.5020	0.4140	18.0090	14.8531	3.0109	45.4323	7.7923	17.7962	17.3444	6.3842	19.4274	66.3532	0.8938	52.0631	36.7354	24.6966
2SO2A-0/10	0.4850	0.4120	11.1618	9.4831	2.3709	36.8982	4.3992	9.8294	9.1978	3.5710	10.7689	65.8885	2.5387	29.5892	23.6819	18.6380
2SO2B-0/10	0.4912	0.4124	13.3914	11.2432	2.6266	39.9871	5.6308	12.3297	11.9979	4.4453	13.5546	65.4546	1.7042	37.2626	27.9335	20.9143
2SO2C-0/10	0.5064	0.4161	24.8505	20.4185	3.8045	52.3071	9.0453	22.5029	21.2325	8.3174	24.2528	68.1017	0.4362	70.1442	50.6795	31.8588
2SO3A-0/10	0.5048	0.4162	24.8417	20.4797	3.8847	52.3753	8.7158	21.9555	20.5296	8.1973	23.6222	68.3482	0.4327	69.2935	50.8262	32.6809
2SO3B-0/10	0.4982	0.4156	19.0299	15.8741	3.2909	46.8089	6.9149	17.5186	15.8894	6.5754	18.8340	68.4600	0.7582	51.4410	39.5883	27.1101
2SO3C-0/10	0.4903	0.4076	7.2462	6.0236	1.5095	29.4720	5.2383	8.3958	9.5169	2.5199	9.8959	58.0391	8.4013	21.1111	14.7220	11.7031
3SO1A-0/10	0.4912	0.4153	26.4404	22.3546	5.0309	54.4012	6.3580	16.8138	15.3330	6.8072	17.9757	69.2864	0.3556	69.8106	56.0074	40.9376
3SO1B-0/10	0.4960	0.4158	29.4990	24.7265	5.2481	56.8080	7.4972	19.4793	18.1554	7.7682	20.8723	68.9492	0.2870	79.7042	61.8063	43.0875
3SO1C-0/10	0.5049	0.4155	25.8339	21.2569	4.0736	53.2296	9.0207	21.8977	21.1500	8.1501	23.6829	67.6109	0.4011	71.6667	52.6673	34.0095
3SO2A-0/10	0.4894	0.4147	23.4087	19.8387	4.5864	51.6544	5.8726	15.2525	13.9350	6.1324	16.3440	68.9419	0.4618	61.8183	49.6995	37.0565
3SO2B-0/10	0.4908	0.4153	23.9606	20.2734	4.5854	52.1449	6.0779	16.1063	14.5240	6.4717	17.2150	69.3253	0.4394	63.1133	50.8202	37.2419
3SO2C-0/10	0.4928	0.4163	29.5845	24.9914	5.4634	57.0671	6.6902	18.4953	16.4885	7.5713	19.6681	70.1138	0.2785	77.6207	62.7360	44.8049
3SO3A-0/10	0.4878	0.4150	24.1785	20.5720	4.8155	52.4779	5.5493	15.0115	13.3617	6.1428	16.0044	69.7123	0.4246	62.9373	51.6863	38.8272
3SO3B-0/10	0.4920	0.4157	26.2719	22.1980	4.9288	54.2365	6.4085	17.2418	15.5096	6.9716	18.3943	69.6106	0.3603	69.0394	55.6407	40.2954
3SO3C-0/10	0.5036	0.4167	29.5703	24.4678	4.6741	56.5532	8.8541	23.0570	21.3926	8.8609	24.6986	68.9928	0.2935	80.5257	60.9683	39.2273
4SO1A-0/10	0.4844	0.4131	21.0927	17.9884	4.4601	49.4821	5.0825	12.4468	11.7702	5.0046	13.4446	67.7879	0.5771	55.2827	45.0790	35.2866
4SO1B-0/10	0.4922	0.4143	23.4939	19.7769	4.4604	51.5841	6.5364	16.0687	15.2876	6.3140	17.3473	67.8646	0.4685	63.1150	49.3800	35.9783
4SO1C-0/10	0.4927	0.4137	22.0376	18.5028	4.1860	50.1004	6.6454	15.6141	15.2687	6.0253	16.9694	66.9455	0.5457	60.2569	46.0798	33.6808
4SO2A-0/10	0.5019	0.4121	18.4700	15.1644	3.1621	45.8585	8.2611	17.0799	18.0524	6.0098	18.9728	64.1882	0.8681	54.2949	37.3034	25.4490
4SO2B-0/10	0.5059	0.4146	19.6179	16.0775	3.0816	47.0760	8.5943	19.9463	19.3655	7.1105	21.7190	66.6902	0.7464	58.9096	39.6534	25.5388
4SO2C-0/10	0.4992	0.4133	20.2703	16.7847	3.5544	47.9876	7.7403	17.1904	17.3685	6.3007	18.8527	65.7595	0.6830	57.4427	41.5430	28.7866
5SO1A-0/10	0.4939	0.4109	12.6245	10.5039	2.4350	38.7321	6.2334	12.2645	12.8653	4.2194	13.7577	63.0583	2.0396	37.1510	25.9256	19.2112
5SO1B-0/10	0.4950	0.4104	12.4274	10.3030	2.3742	38.3808	6.4806	12.3481	13.2562	4.1785	13.9454	62.3083	2.1491	36.9165	25.3250	18.7734
5SO1C-0/10	0.4964	0.4120	15.2793	12.6792	2.8186	42.2759	6.8638	14.2716	14.6911	5.0457	15.8363	64.3153	1.3023	44.8039	31.2746	22.6038
5SO2A-0/10	0.4895	0.4105	15.5354	13.0295	3.1735	42.8077	6.0057	11.7122	12.7209	4.2136	13.1622	62.8523	1.2390	43.9758	32.2965	24.7038
5SO2B-0/10	0.4938	0.4115	15.3560	12.7977	2.9467	42.4569	6.5148	13.2969	13.9045	4.7415	14.8071	63.8974	1.2793	43.2392	31.6798	23.3059
5SO2C-0/10	0.5049	0.4113	15.4150	12.5561	2.5596	42.0867	8.4414	16.6710	17.8698	5.5901	18.6863	63.1444	1.3454	45.0781	30.6944	20.7164
5SO2D-0/10	0.4848	0.4131	23.0536	19.6419	4.8570	51.4299	5.3284	12.9101	12.4212	5.2200	13.9665	67.5724	0.4765	61.1728	49.1794	38.5072
5SO3A-0/10	0.5118	0.4060	6.9487	5.5118	1.1168	28.1458	8.1627	12.7984	14.6291	3.3988	15.1799	57.4706	10.6425	23.4525	13.0352	9.0313
5SO3B-0/10	0.4981	0.4079	7.8690	6.4452	1.4850	30.5090	6.3767	10.5641	11.8196	3.1390	12.3395	58.8840	7.0037	24.2488	15.6211	11.7415
5SO3D-0/10	0.4878	0.4138	22.8296	19.3683	4.6068	51.1154	5.7224	14.1731	13.3879	5.6747	15.2848	68.0135	0.4898	60.7786	48.4956	36.7527

Données brutes - Sols

Échantillons	x	y	X	Y	Z	L	a	b	u	v	c	h	RI	R	G	B
6SO1A-0/10	0.5000	0.4125	17.4014	14.3565	3.0426	44.7399	7.6758	16.2949	16.7554	5.7835	18.0123	64.7769	0.9773	51.3720	35.3915	24.5364
6SO1B-0/10	0.4974	0.4138	21.2844	17.7082	3.8013	49.1402	7.4240	17.0694	16.8869	6.3915	18.6139	66.4943	0.6032	60.1227	43.9447	30.7965
6SO1C-0/10	0.4958	0.4150	23.5469	19.7070	4.2341	51.5043	7.1038	17.6599	16.6436	6.8379	19.0351	68.0872	0.4714	64.1806	49.1501	34.5148
6SO1D-0/10	0.4894	0.4141	22.7300	19.2314	4.4800	50.9568	5.9762	14.8406	13.9769	5.8974	15.9988	68.0657	0.4973	60.2594	48.0987	35.9615
6SO2A-0/10	0.4933	0.4113	13.2545	11.0510	2.5662	39.6662	6.1696	12.4267	12.8829	4.3425	13.8739	63.5967	1.8019	37.2350	27.2863	20.4043
6SO2B-0/10	0.5033	0.4140	20.9901	17.2669	3.4456	48.5945	8.4415	19.1970	19.0940	6.9561	20.9710	66.2634	0.6389	61.3116	42.6442	28.2730
6SO2C-0/10	0.4992	0.4146	20.5509	17.0663	3.5484	48.3434	7.5091	17.8563	17.1381	6.6470	19.3709	67.1918	0.6511	58.1438	42.3382	29.0915
6SO2D-0/10	0.4830	0.4145	23.9995	20.5950	5.0907	52.5033	4.6952	13.1291	11.4232	5.5153	13.9434	70.3219	0.4219	61.0294	51.9101	40.5073
6SO3A-0/10	0.4871	0.4117	19.1638	16.1952	3.9826	47.2296	5.7515	12.2845	12.7452	4.6873	13.5642	64.9115	0.7447	53.2419	40.3426	31.1991
6SO3B-0/10	0.4956	0.4140	22.5632	18.8483	4.1194	50.5092	7.1829	16.8436	16.5241	6.4275	18.3112	66.9044	0.5241	63.2241	46.9191	33.1644
6SO3C-0/10	0.4977	0.4147	22.9898	19.1585	4.0448	50.8721	7.4596	18.0636	17.3135	6.8810	19.5432	67.5612	0.5033	63.8106	47.6541	33.0983
6SO3D-0/10	0.4919	0.4142	22.1859	18.6818	4.2368	50.3128	6.3825	15.5846	14.8154	6.0885	16.8409	67.7290	0.5312	59.7218	46.6162	34.2584
7SO1A-0/10	0.4925	0.4118	19.7733	16.5360	3.8421	47.6700	6.7728	14.1950	14.9841	5.2816	15.7280	64.4930	0.7134	55.0449	40.9788	30.5221
7SO1B-0/10	0.4973	0.4120	16.8241	13.9387	3.0709	44.1449	7.2271	14.9953	15.6443	5.3417	16.6460	64.2680	1.0494	48.2565	34.3794	24.6578
7SO1C-0/10	0.4971	0.4121	16.1802	13.4129	2.9561	43.3789	7.0848	14.7942	15.2849	5.2572	16.4031	64.4105	1.1440	46.6274	33.1264	23.6518
7SO2A-0/10	0.5003	0.4119	19.4012	15.9746	3.4055	46.9412	8.1390	16.7053	17.8647	5.9487	18.5826	64.0242	0.7735	55.2384	39.3021	27.5102
7SO2B-0/10	0.4938	0.4097	15.2326	12.6381	2.9768	42.2128	6.8727	12.5793	14.3285	4.3466	14.3343	61.3502	1.3474	43.7020	31.0360	23.5006
7SO2C-0/10	0.4973	0.4124	18.0288	14.9493	3.2717	45.5647	7.3214	15.5503	16.0594	5.6146	17.1877	64.7881	0.8919	50.1393	36.9152	26.4212
7SO3A-0/10	0.4892	0.4132	20.1824	17.0463	4.0235	48.3183	5.9046	13.8315	13.4412	5.3680	15.0391	66.8825	0.6543	54.3760	42.5113	32.1304
7SO3B-0/10	0.4975	0.4110	13.4597	11.1198	2.4728	39.7815	6.9361	13.6508	14.4330	4.6563	15.3119	63.0644	1.7843	38.6262	27.3181	19.8232
7SO3C-0/10	0.4882	0.4135	21.8756	18.5275	4.4065	50.1297	5.8027	13.9677	13.4174	5.5254	15.1251	67.4404	0.5421	58.2943	46.2809	35.2090
7SO4A-0/10	0.4882	0.4112	20.1833	17.0016	4.1576	48.2621	6.1509	12.6676	13.5959	4.7950	14.0819	64.1006	0.6729	55.1063	42.2667	32.5692
8SO1A-0/10	0.4899	0.4099	10.2803	8.6014	2.1020	35.2052	5.4099	10.1112	10.7308	3.3890	11.4675	61.8515	3.3238	29.4989	21.2390	16.3997
8SO1B-0/10	0.4956	0.4128	14.0974	11.7428	2.6044	40.8044	6.3737	13.9757	13.6625	4.9721	15.3605	65.4842	1.5399	40.0906	29.0769	20.9545
8SO1C-0/10	0.4885	0.4132	20.5178	17.3547	4.1286	48.7038	5.8024	13.6583	13.2506	5.3335	14.8397	66.9829	0.6284	55.4939	43.2936	32.9891
8SO1D-0/10	0.4928	0.4132	20.6314	17.3004	3.9324	48.6363	6.6181	15.1175	14.9981	5.7552	16.5027	66.3573	0.6357	56.3876	43.0292	31.5927
8SO2A-0/10	0.4954	0.4149	23.2157	19.4435	4.1989	51.2021	7.0021	17.4129	16.3848	6.7456	18.7680	68.0938	0.4854	63.1213	48.5193	34.2109
8SO2B-0/10	0.4957	0.4132	18.8455	15.7093	3.4609	46.5908	6.9553	15.6055	15.5278	5.7792	17.0853	65.9778	0.7904	53.0818	38.9580	27.9099
8SO2C-0/10	0.5004	0.4139	17.8261	14.7444	3.0515	45.2821	7.5137	17.1433	16.7084	6.1897	18.7176	66.3327	0.9089	51.2613	36.4710	24.9731
8SO2D-0/10	0.4911	0.4149	23.1274	19.5379	4.4264	51.3106	6.1581	15.8534	14.5514	6.3051	17.0074	68.7719	0.4781	61.4625	48.8794	35.8950
9SO1A-0/10	0.4928	0.4099	9.5091	7.9096	1.8785	33.7939	5.6911	10.5536	11.1310	3.4415	11.9903	61.6639	4.0854	27.9417	19.4549	14.7487
9SO1B-0/10	0.4931	0.4109	11.4884	9.5726	2.2380	37.0642	5.9289	11.6657	12.0771	3.9746	13.0859	63.0587	2.5417	33.9321	23.6089	17.6611
9SO1C-0/10	0.5043	0.4124	16.8153	13.7504	2.7807	43.8728	8.3533	17.4131	18.0739	6.0026	19.3130	64.3724	1.0814	49.4738	33.7283	22.6742
9SO2A-0/10	0.5009	0.4132	17.1727	14.1632	2.9446	44.4660	7.6708	16.7822	16.8232	5.9621	18.4521	65.4359	1.0024	49.1481	34.9470	23.9711
9SO2B-0/10	0.4927	0.4074	6.6105	5.4666	1.3408	28.0248	5.4111	8.6118	9.6503	2.5065	10.1707	57.8574	10.8279	20.0597	13.3186	10.4176
9SO2C-0/10	0.4929	0.4092	10.2844	8.5389	2.0419	35.0808	5.9762	10.6489	11.7378	3.4704	12.2112	60.6990	3.4206	30.5130	20.9065	16.0826

Données brutes - Sédiments en suspension

Echantillons	x	y	X	Y	Z	L	a	b	u	v	c	h	RI	R	G	B
Site1-SST1-F15	0.4872	0.4149	26.0873	22.2176	5.2396	54.2572	5.5933	15.1391	13.5759	6.2597	16.1393	69.7225	0.3593	67.0525	55.8334	42.2197
Site1-SST2-F15	0.4853	0.4147	26.5691	22.7024	5.4741	54.7645	5.2939	14.4550	12.9129	6.0477	15.3939	69.8855	0.3426	67.6686	57.1231	43.7339
Site1-SST2-S15	0.4888	0.4152	25.4581	21.6235	4.9983	53.6252	5.8176	15.7018	14.0662	6.4261	16.7449	69.6700	0.3811	66.1403	54.2993	40.4128
Site2-SST1-F15	0.4973	0.4134	17.1209	14.2337	3.0762	44.5662	6.9690	15.6706	15.3860	5.6998	17.1504	66.0246	0.9866	46.5362	35.2152	25.1089
Site2-SST1-S15	0.4883	0.4145	24.8070	21.0592	4.9399	53.0142	5.8205	15.0567	13.8845	6.1159	16.1425	68.8648	0.4058	64.5727	52.7954	39.7333
Site2-SST2-F15	0.4965	0.4134	17.3700	14.4644	3.1511	44.8917	6.8597	15.5177	15.1946	5.6819	16.9662	66.1518	0.9504	47.0609	35.8215	25.6652
Site2-SST2-S15	0.4946	0.4136	20.1738	16.8702	3.7459	48.0961	6.8220	15.7338	15.4493	5.9385	17.1491	66.5589	0.6712	54.1290	41.8707	30.4405
Site3-SST1-F15	0.4877	0.4150	26.3276	22.4076	5.2533	54.4568	5.6773	15.3908	13.7955	6.3585	16.4046	69.7522	0.3527	67.8660	56.3075	42.3580
Site3-SST1-S15	0.4870	0.4145	24.3805	20.7545	4.9314	52.6797	5.5138	14.5396	13.2023	5.9509	15.5499	69.2319	0.4178	63.3286	52.1132	39.5221
Site3-SST2-F15	0.4900	0.4146	21.5974	18.2738	4.2018	49.8265	5.8717	15.0185	13.7578	5.9526	16.1255	68.6461	0.5541	56.7910	45.7398	33.9620
Site3-SST2-S15	0.4858	0.4145	24.9102	21.2528	5.1112	53.2251	5.3316	14.2323	12.8410	5.8804	15.1982	69.4635	0.3962	64.5974	53.4137	40.9024
Site4-SST1-F15	0.4845	0.4147	24.7161	21.1543	5.1453	53.1180	5.0023	13.8143	12.1566	5.7711	14.6922	70.0941	0.3986	63.4402	53.2597	41.1218
Site4-SST1-S15	0.4857	0.4149	24.1350	20.6192	4.9413	52.5302	5.1433	14.2120	12.4648	5.8924	15.1141	70.1050	0.4214	62.2898	51.8875	39.6008
Site4-SST2-F15	0.4853	0.4145	24.5138	20.9404	5.0618	52.8843	5.1810	13.9847	12.4982	5.7944	14.9136	69.6717	0.4086	63.3086	52.6566	40.4897
Site4-SST2-S15	0.4863	0.4152	23.7415	20.2713	4.8126	52.1425	5.1717	14.4541	12.5486	5.9780	15.3515	70.3127	0.4367	61.2686	51.0132	38.7313
Site5-SST1-F15	0.4846	0.4142	24.0284	20.5373	5.0190	52.4393	5.0918	13.5136	12.2058	5.5880	14.4411	69.3542	0.4271	61.8367	51.6334	39.9089
Site5-SST1-S15	0.4855	0.4150	25.3573	21.6770	5.1932	53.6827	5.1655	14.4619	12.6273	6.0428	15.3567	70.3442	0.3775	65.2123	54.5804	41.6806
Site5-SST2-F15	0.4846	0.4143	24.1138	20.6135	5.0327	52.5239	5.0820	13.5642	12.2054	5.6164	14.4850	69.4607	0.4234	62.0494	51.8352	40.0724
Site5-SST2-S15	0.4857	0.4152	25.2236	21.5624	5.1415	53.5596	5.1582	14.6016	12.6401	6.1026	15.4859	70.5434	0.3814	64.8189	54.3059	41.3639
Site6-SST1-F15	0.4844	0.4147	24.8517	21.2755	5.1747	53.2497	4.9879	13.8414	12.1446	5.7918	14.7127	70.1829	0.3935	63.3449	53.5812	41.2795
Site6-SST1-S15	0.4854	0.4155	25.0234	21.4216	5.1120	53.4079	5.0030	14.5423	12.3439	6.1094	15.3788	71.0151	0.3857	63.9615	54.0147	41.1495
Site6-SST2-F15	0.4832	0.4145	24.3296	20.8727	5.1525	52.8099	4.7430	13.2342	11.5477	5.5619	14.0584	70.2828	0.4099	61.7250	52.6112	40.9315
Site6-SST2-S15	0.4851	0.4155	25.0438	21.4501	5.1293	53.4386	4.9535	14.4768	12.2429	6.0938	15.3008	71.1108	0.3844	63.8520	54.0949	41.2730
Site7-SST1-F15	0.4818	0.4140	25.2894	21.7307	5.4700	53.7401	4.6450	12.7162	11.2998	5.3800	13.5380	69.9335	0.3764	64.4782	54.7539	43.3037
Site7-SST1-S15	0.4892	0.4145	22.9832	19.4741	4.5235	51.2373	5.8571	14.9997	13.8225	6.0085	16.1027	68.6704	0.4818	61.2017	48.7790	36.3630
Site7-SST2-F15	0.4833	0.4140	24.2844	20.8005	5.1581	52.7304	4.8988	13.0593	11.7757	5.4403	13.9479	69.4380	0.4152	62.5958	52.3276	40.9433
Site7-SST2-S15	0.4899	0.4146	22.4400	18.9926	4.3749	50.6786	5.9174	15.1537	13.9263	6.0364	16.2680	68.6698	0.5090	59.9434	47.5644	35.2180
Site8-SST1-F15	0.4814	0.4140	26.1737	22.5099	5.6860	54.5639	4.6111	12.7393	11.2857	5.4258	13.5482	70.1020	0.3485	65.7908	56.7580	45.0093
Site8-SST1-S15	0.4839	0.4148	24.1553	20.7088	5.0565	52.6293	4.8003	13.5812	11.7203	5.6987	14.4046	70.5341	0.4163	61.6017	52.2067	40.4021
Site8-SST2-F15	0.4822	0.4142	24.5927	21.1268	5.2857	53.0880	4.6268	12.8131	11.2583	5.4078	13.6229	70.1454	0.3996	62.0035	53.2676	41.9130
Site8-SST2-S15	0.4812	0.4150	26.2901	22.6718	5.6717	54.7326	4.3411	13.1213	10.9089	5.6766	13.8207	71.6936	0.3399	65.7340	57.3249	45.1939
Site9-SST1-F15	0.4816	0.4144	24.3254	20.9333	5.2505	52.8764	4.4388	12.6848	10.8877	5.3888	13.4390	70.7133	0.4062	61.4897	52.8329	41.6832
Site9-SST1-S15	0.4797	0.4150	26.9602	23.3262	5.9192	55.4067	4.0409	12.7231	10.3144	5.5886	13.3494	72.3800	0.3185	67.2205	59.0741	46.9983
Site9-SST2-F15	0.4825	0.4146	23.7540	20.4095	5.0680	52.2971	4.5579	12.9294	11.1248	5.4515	13.7093	70.5815	0.4296	60.3531	51.4814	40.3123
Site9-SST2-S15	0.4824	0.4147	25.1142	21.5902	5.3559	53.5895	4.5881	13.2092	11.3095	5.6164	13.9833	70.8459	0.3796	63.7479	54.4875	42.6356

Données brutes - Berges

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
15B-1830R-0/10	GEM	0.0097	298	jar@5 cm	2015-10-28	660	66694	0.005757	12.75	2.48	0.32
15B-1830R-10/20	GEM	0.0097	314	jar@5 cm	2015-09-21	628	86400	0.004526	7.04	1.62	0.18
15B-1830R-20/30	GEM	0.0097	316	jar@5 cm	2015-10-08	645	18487	0.006982	12.24	2.79	0.34
15B-1830R-30/40	GEM	0.0097	323	jar@5 cm	2015-11-06	674	19478	0.006011	25	2.35	0.59
15B-250R-0/10	GEM	0.0097	348	jar@5 cm	2015-11-25	693	67259	0	0	0	
15B-250R-10/20	GEM	0.0097	349	jar@5 cm	2015-12-07	705	86400	0.004483	15.06	1.63	0.25
15B-250R-20/30	GEM	0.0097	339	jar@5 cm	2015-10-22	659	65109	0.008357	6	3.12	0.19
15B-250R-40/50	GEM	0.0097	358	jar@5 cm	2015-12-07	705	22999	0.01559	8.8	5.6	0.49
15B-250R-80/90	GEM	0.0097	372	jar@5 cm	2015-11-17	685	19848	0	0	0	
15B-875R-0/10	GEM	0.0097	312	jar@5 cm	2015-11-24	692	64212	0.003492	21.67	1.42	0.31
15B-875R-10/20	GEM	0.0097	344	jar@5 cm	2015-12-01	699	62904	0.00456	15.8	1.68	0.26
15B-875R-20/30	GEM	0.0097	356	jar@5 cm	2015-09-24	631	16820	0.005828	24.75	1.89	0.47
25B-2575R-0/10	GEM	0.0097	256	jar@5 cm	2015-09-16	623	65925	0.008798	7.65	4.88	0.38
25B-2575R-10/20	GEM	0.0097	255	jar@5 cm	2015-11-18	681	70697	0.00572	10.55	2.84	0.3
25B-2575R-20/30	GEM	0.0097	298	jar@5 cm	2015-10-06	643	18157	0.007018	16.11	2.97	0.48
25B-2635R-0/10	GEM	0.0097	194	jar@5 cm	2015-09-17	624	67734	0.01349	5.96	8.77	0.52
25B-2635R-10/20	GEM	0.0097	218	jar@5 cm	2015-11-16	684	86400	0.01347	5.48	7.82	0.43
25B-2660L-0/10	GEM	0.0107	171	jar@4 cm	2015-11-12	680	86400	0.01302	5.7	8.74	0.5
25B-2660L-10/20	GEM	0.0097	221	jar@5 cm	2015-09-28	630	68208	0.01281	6	7.08	0.42
25B-2660L-20/30	GEM	0.0097	249	jar@5 cm	2015-09-30	687	18455	0.009294	14.24	4.71	0.67
35B-1360R-0/10	GEM	0.0097	351	jar@5 cm	2015-09-24	631	69516	0.00467	8.75	1.68	0.15
35B-1360R-10/20	GEM	0.0097	335	jar@5 cm	2015-10-29	666	60929	0.004874	15.56	1.84	0.29
35B-1360R-110/120	GEM	0.0097	339	jar@5 cm	2015-09-28	630	16511	0.02538	7.24	9.45	0.68
35B-1360R-20/30	GEM	0.0097	345	jar@5 cm	2015-09-10	617	65661	0.00484	16.53	1.59	0.26
35B-1360R-90/100	GEM	0.0097	326	jar@5 cm	2015-10-18	650	86400	0.00795	10.08	3.08	0.31
35B-185L-0/10	GEM	0.0097	333	jar@5 cm	2015-09-29	636	69343	0.004686	15.02	1.76	0.26
35B-185L-10/20	GEM	0.0097	323	jar@5 cm	2015-10-21	658	67398	0.004987	16.06	1.95	0.31
35B-185L-20/30	GEM	0.0097	311	jar@5 cm	2015-10-02	639	67499	0.006151	10.81	2.5	0.26
35B-185L-50/60	GEM	0.0097	326	jar@5 cm	2015-09-17	624	16550	0.0102	14.58	3.95	0.57
35B-185L-80/90	GEM	0.0097	336	jar@5 cm	2015-10-28	665	17247	0	0	0	
35B-20R-0/10	GEM	0.0097	334	jar@5 cm	2015-10-05	642	86400	0.003653	17.03	1.38	0.24
35B-20R-10/20	GEM	0.0097	337	jar@5 cm	2015-08-25	601	64208	0.006107	12.66	2.28	0.29
35B-20R-150/160	GEM	0.0097	342	jar@5 cm	2015-10-07	644	17219	0.006438	16.92	2.38	0.4
35B-20R-20/30	GEM	0.0097	331	jar@5 cm	2015-10-01	638	18379	0.006919	19.6	2.64	0.52
35B-20R-230/230	GEM	0.0097	361	jar@5 cm	2015-10-30	657	18345	0.008084	17.08	2.81	0.48
35B-20R-70/80	GEM	0.0097	322	jar@5 cm	2015-10-29	666	21144	0.02497	7.06	9.81	0.69
45B-15L-0/10	GEM	0.0097	410	jar@5 cm	2015-09-09	616	65681	0.002253	26.29	0.69	0.18
45B-15L-10/20	GEM	0.0097	322	jar@5 cm	2015-09-14	621	86400	0.004789	12.71	1.86	0.24
45B-15L-130/140	GEM	0.0097	335	jar@5 cm	2015-10-05	642	18143	0.01028	13.85	3.88	0.54
45B-15L-20/30	GEM	0.0097	352	jar@5 cm	2015-10-09	646	67689	0.00405	10	1.45	0.15
45B-15L-50/60	GEM	0.0097	332	jar@5 cm	2015-10-02	639	23650	0.006446	16.84	2.45	0.41
45B-210L-0/10	GEM	0.0097	329	jar@5 cm	2015-09-28	635	86400	0.006587	9.27	2.51	0.23
45B-210L-10/20	GEM	0.0097	308	jar@5 cm	2015-10-01	638	67564	0.005474	13.65	2.24	0.31
45B-210L-20/30	GEM	0.0097	321	jar@5 cm	2015-10-15	652	85738	0.008211	5.51	3.23	0.18
45B-210L-80/40	GEM	0.0107	302	jar@4 cm	2015-09-16	623	18487	0.002766	50.13	1.05	0.52
45B-210L-40/50	GEM	0.0097	338	jar@5 cm	2015-10-14	651	67332	0.005742	7.85	2.15	0.17
45B-420L-0/10	GEM	0.0097	310	jar@5 cm	2015-09-30	637	66219	0.006083	7.22	2.48	0.18
45B-420L-10/20	GEM	0.0097	352	jar@5 cm	2015-09-25	632	69320	0.004166	15.5	1.49	0.23
45B-420L-20/30	GEM	0.0097	433	jar@5 cm	2015-10-13	650	19282	0	0	0	
45B-420L-40/50	GEM	0.0097	443	jar@5 cm	2015-09-28	635	16896	0	0	0	
45B-420L-80/90	GEM	0.0097	415	jar@5 cm	2015-10-30	667	17061	0	0	0	
55B-385L-0/10	GEM	0.0097	325	jar@5 cm	2015-09-08	615	86400	0.006549	10.94	2.54	0.28
55B-385L-10/20	GEM	0.0097	352	jar@5 cm	2015-10-06	645	67575	0.01002	8.79	3.6	0.32
55B-385L-20/30	GEM	0.0097	375	jar@5 cm	2015-11-06	674	66757	0.02576	3.74	8.69	0.33
55B-385L-80/40	GEM	0.0097	312	jar@5 cm	2015-11-08	671	18945	0.01496	12.5	6.07	0.76
55B-385L-40/50	GEM	0.0097	352	jar@5 cm	2015-11-04	672	16950	0.002618	41.98	0.94	0.4
55B-65L-0/10	GEM	0.0097	346	jar@5 cm	2015-10-28	665	85452	0.03394	2.82	12.41	0.35

Données brutes - Berges

Echantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
55B-65L-10/20	GEM	0.0097	867	jar@5 cm	2015-09-08	610	66589	0.01106	8.23	3.8	0.31
55B-65L-110/120	GEM	0.0097	837	jar@5 cm	2015-11-02	670	16544	0	0	0	
55B-65L-20/30	GEM	0.0097	842	jar@5 cm	2015-09-25	682	17629	0	0	0	
55B-65L-50/60	GEM	0.0097	853	jar@5 cm	2015-09-08	610	17520	0	0	0	
55B-65L-80/90	GEM	0.0097	862	jar@5 cm	2015-09-02	609	19568	0	0	0	
55B-705R-0/10	GEM	0.0097	409	jar@5 cm	2015-08-31	607	86400	0.002701	19.28	0.88	0.16
55B-705R-10/20	GEM	0.0097	860	jar@5 cm	2015-10-30	667	64570	0.005711	12.41	2.01	0.25
55B-705R-130/140	GEM	0.0097	856	jar@5 cm	2015-08-31	607	28824	0.005372	20.57	1.9	0.39
55B-705R-170/180	GEM	0.0097	810	jar@5 cm	2015-11-06	674	22717	0	0	0	
55B-705R-20/30	GEM	0.0097	298	jar@5 cm	2015-10-26	663	18886	0.007298	17.48	8.09	0.54
55B-705R-210/220	GEM	0.0097	812	jar@5 cm	2015-09-01	608	16778	0	0	0	
55B-705R-60/70	GEM	0.0097	408	jar@5 cm	2015-09-29	636	17673	0.008599	14.97	2.66	0.4
65B-185R-0/10	GEM	0.0097	829	jar@5 cm	2015-11-28	691	86400	0.004406	13.57	1.7	0.23
65B-185R-10/20	GEM	0.0097	887	jar@5 cm	2015-11-09	677	86400	0.001889	26.76	0.62	0.17
65B-185R-20/30	GEM	0.0097	846	jar@5 cm	2015-11-18	681	17662	0	0	0	
65B-185R-40/50	GEM	0.0097	885	jar@5 cm	2015-11-28	691	21510	0	0	0	
65B-185R-70/80	GEM	0.012	279	jar@3,5 cm	2015-11-17	685	22167	0	0	0	
65B-220L-0/10	GEM	0.0097	812	jar@5 cm	2015-11-30	698	86400	0.006001	10.76	2.44	0.26
65B-220L-10/20	GEM	0.0097	887	jar@5 cm	2015-11-10	678	69665	0.008749	8.98	3.29	0.3
65B-220L-20/30	GEM	0.0107	284	jar@4 cm	2015-11-18	686	63483	0.009208	9.84	4.52	0.42
65B-220L-40/50	GEM	0.012	178	jar@3 cm	2015-11-26	694	62499	0.007112	10.87	4.09	0.42
65B-220L-50/60	GEM	0.015	159	jar@2 cm	2015-12-08	701	28154	0.006745	19.87	3.48	0.67
65B-415L-0/10	GEM	0.0097	268	jar@5 cm	2015-12-02	700	66082	0.01699	5.22	8.04	0.42
65B-415L-10/20	GEM	0.0097	840	jar@5 cm	2015-12-08	701	68908	0.002765	25.14	1.08	0.26
65B-415L-190/200	GEM	0.0097	186	jar@2 cm	2015-11-10	678	22458	0	0	0	
65B-415L-20/30	GEM	0.0097	422	jar@5 cm	2015-11-05	673	69421	0	0	0	
65B-415L-80/90	GEM	0.0107	350	jar@4 cm	2015-12-04	702	21784	0	0	0	
75B-265L-0/10	GEM	0.0097	219	jar@5 cm	2015-11-04	672	66771	0.03621	2.93	20.92	0.61
75B-265L-10/20	GEM	0.0097	231	jar@5 cm	2015-12-08	706	62860	0.003026	23.51	1.66	0.39
75B-265L-20/30	GEM	0.0097	188	jar@5 cm	2015-11-25	693	28177	0.08466	4.76	28.36	1.11
75B-265L-40/50	GEM	0.0097	160	jar@5 cm	2015-11-09	677	16244	0.007608	16.68	6.01	1
75B-265L-60/70	GEM	0.0097	821	jar@5 cm	2015-12-02	700	17759	0	0	0	
75B-265L-80/90	GEM	0.0097	895	jar@5 cm	2015-11-26	694	21905	0	0	0	
75B-445R-0/10	GEM	0.0097	272	jar@5 cm	2015-11-17	685	66936	0.02817	3.29	18.11	0.43
75B-445R-10/20	GEM	0.0097	289	jar@5 cm	2015-11-19	687	63970	0.02005	4.91	8.79	0.43
75B-445R-20/30	GEM	0.0097	804	jar@5 cm	2015-10-09	646	17585	0.0267	6.86	11.09	0.76
75B-445R-40/50	GEM	0.0097	824	jar@5 cm	2015-12-01	699	19558	0	0	0	
75B-445R-50/60	GEM	0.0097	829	jar@5 cm	2015-11-19	687	22110	0	0	0	
75B-50R-0/10	GEM	0.0097	246	jar@5 cm	2015-11-20	688	62961	0.006935	10.81	3.57	0.37
75B-50R-10/20	GEM	0.0097	281	jar@5 cm	2015-12-04	702	62920	0.006268	12.36	2.88	0.35
75B-50R-20/30	GEM	0.018	281	jar@2,5 cm	2015-11-24	692	23810	0	0	0	
75B-50R-50/60	GEM	0.0097	418	jar@5 cm	2015-11-18	686	22615	0	0	0	
75B-50R-80/90	GEM	0.0097	454	jar@5 cm	2015-11-20	688	20687	0	0	0	
75B-DI-0/10											
75B-DI-10/20										0	0.42
75B-DI-20/30										0	
75B-DI-30/40										0	
75B-DI-60/70										0	
85B-505L-0/10	GEM	0.0097	851	jar@5 cm	2015-09-22	629	68151	0.01952	4.89	7.02	0.31
85B-505L-10/20	GEM	0.0097	873	jar@5 cm	2015-09-22	629	69057	0.01621	5.02	5.48	0.28
85B-505L-20/30	GEM	0.0097	409	jar@5 cm	2015-12-09	707	86400	0.01283	5.94	3.82	0.23
85B-505L-50/60	GEM	0.0097	416	jar@5 cm	2015-09-08	615	20627	0.005528	19.81	1.67	0.33
85B-505L-80/90	GEM	0.0097	892	jar@5 cm	2015-08-28	604	86400	0.006893	9.9	2.22	0.22
85B-65L-0/10	GEM	0.0097	823	jar@5 cm	2015-11-03	671	69696	0.01289	6.28	5.05	0.32
85B-65L-10/20	GEM	0.0097	889	jar@5 cm	2015-10-07	644	68277	0.01764	3.57	6.57	0.23
85B-65L-160/170	GEM	0.0097	845	jar@5 cm	2015-10-21	658	20924	0	0	0	
85B-65L-20/30	GEM	0.0097	836	jar@5 cm	2015-09-04	611	68529	0.01381	6.76	5.18	0.35

Données brutes - Berges

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
85B-65L-200/210	GEM	0.0097	278	jar@5 cm	2015-08-24	600	21258	0	0	0	
85B-65L-60/70	GEM	0.0107	353	jar@4 cm	2015-11-12	680	15405	0.00615	24.95	2	0.5
85B-790L-0/10	GEM	0.0097	327	jar@5 cm	2015-09-02	609	69148	0	0	0	
85B-790L-10/20	GEM	0.0097	333	jar@5 cm	2015-09-18	625	69128	0	0	0	
85B-790L-300/310	GEM	0.0097	272	jar@5 cm	2015-11-30	698	23473	0	0	0	
85B-790L-870/880	GEM	0.0097	406	jar@5 cm	2015-09-09	616	20209	0	0	0	
85B-790L-40/50	GEM	0.0097	300	jar@5 cm	2015-10-15	652	16464	0	0	0	
85B-790L-70/80	GEM	0.0097	432	jar@5 cm	2015-09-04	611	18677	0	0	0	
95B-205L-0/10	GEM	0.0097	228	jar@5 cm	2015-08-27	603	86400	0.032255	2.51	18.89	0.46
95B-205L-10/20	GEM	0.0097	247	jar@5 cm	2015-10-20	657	66663	0.02998	3.29	15.84	0.5
95B-205L-110/120	GEM	0.0097	251	jar@5 cm	2015-09-11	618	86400	0.02973	2.97	14.94	0.44
95B-205L-170/180	GEM	0.0097	365	jar@5 cm	2015-08-28	604	21648	0	0	0	
95B-205L-20/30	GEM	0.0097	228	jar@5 cm	2015-09-15	622	69788	0.02541	2.67	14.06	0.38
95B-245R-0/10	GEM	0.0097	296	jar@5 cm	2015-10-26	663	86400	0.008352	7.31	3.57	0.26
95B-245R-10/20	GEM	0.0097	359	jar@5 cm	2015-10-27	664	67800	0.004674	13.42	1.65	0.22
95B-245R-100/110	GEM	0.0097	453	jar@5 cm	2015-08-25	601	19852	0	0	0	
95B-245R-160/170	GEM	0.0097	356	jar@5 cm	2015-09-11	618	19816	0	0	0	
95B-245R-20/30	GEM	0.0097	379	jar@5 cm	2015-09-18	625	18901	0.00242	54.76	0.81	0.44
95B-245R-240/250	GEM	0.0097	371	jar@5 cm	2015-10-16	653	18208	0	0	0	
95B-385R-0/10	GEM	0.0097	320	jar@5 cm	2015-09-22	629	86400	0.008709	15.22	1.46	0.22
95B-385R-10/20	GEM	0.0097	356	jar@5 cm	2015-11-02	670	86400	0.001914	17.46	0.68	0.12
95B-385R-120/130	GEM	0.0097	318	jar@5 cm	2015-10-28	660	19067	0	0	0	
95B-385R-150/160	GEM	0.0097	331	jar@5 cm	2015-10-22	659	18994	0.006318	16.1	3.18	0.51
95B-385R-20/30	GEM	0.0097	358	jar@5 cm	2015-09-22	629	17653	0	0	0	
95B-385R-50/60	GEM	0.0097	330	jar@5 cm	2015-10-16	653	69411	0.006125	13.4	2.35	0.31
95B-385R-70/80	GEM	0.0097	338	jar@5 cm	2015-10-19	656	19626	0	0	0	

Données brutes - Sols

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
1SO1A-0/10	GEM2	0.012	164.6	YTC@120 ml	2016-03-01	425	65338	0.00158	33.42	0.97	0.32
1SO1A-10/20										0	
1SO1A-20/30										0	
1SO1A-30/45										0	
1SO1B-0/10	GEM2	0.012	115.9	YTC@120 ml	2016-02-25	420	63788	0.005854	10.66	5.08	0.54
1SO1B-10/20										5.35	0.89
1SO1B-20/30	CAT	0.014	158.78	YTC@120 ml	2016-03-16	440	15945	0	0	0	
1SO1C-0/10	GEM2	0.012	120.06	YTC@120 ml	2016-04-07	462	85947	0.008478	8.29	7.18	0.59
1SO1C-10/20	GEM2	0.012	124.86	YTC@120 ml	2016-04-01	456	21049	0.003344	29.54	2.7	0.8
1SO1C-20/30										0	
1SO1D-0/10	GEM2	0.012	147.6	YTC@120 ml	2016-02-28	418	64052	0.003622	15.69	2.47	0.39
1SO1D-10/20										2.38	0.51
1SO1D-20/30	CAT	0.022	81	YTC@60 ml	2016-03-01	425	20997	0	0	0	
1SO1E-0/10	CAT	0.014	102.1	YTC@120 ml	2016-03-01	425	65338	0.02102	3.7	17.77	0.66
1SO1E-10/20	CAT	0.015	135.45	YTC@110 ml	2016-03-08	432	20642	0.009582	12.15	5.7	0.69
1SO2A-0/10	GEM2	0.012	149.29	YTC@120 ml	2016-02-29	424	86400	0.002425	28.29	1.64	0.38
1SO2A-10/20	GEM2	0.012	158.71	YTC@120 ml	2016-04-18	473	18920	0.003689	31.58	2.39	0.75
1SO2B-0/10	GEM	0.012	129.58	YTC@120 ml	2016-04-11	466	86400	0.004662	11.61	3.63	0.42
1SO2B-10/20										3.32	0.82
1SO2B-20/30										0	
1SO2C-0/10	GEM2	0.012	112.64	YTC@120 ml	2016-02-26	421	64499	0.007871	9.01	7.08	0.63
1SO2C-10/20										8.38	0.59
1SO2C-20/30										0	
1SO2D-0/10	GEM2	0.012	141.86	YTC@120 ml	2016-04-12	467	64742	0.004476	12.81	3.19	0.39
1SO2D-10/20										3	0.89
1SO2E-0/10	GEM2	0.012	121.28	YTC@120 ml	2016-04-18	473	86400	0.005906	9.7	4.92	0.48
1SO2E-10/20	GEM2	0.012	136.76	YTC@120 ml	2016-04-08	463	20364	0	0	0	
1SO2E-20/30	GEM2	0.012	120.94	YTC@120 ml	2016-04-11	466	21515	0	0	0	
1SO2F-0/10	GEM2	0.012	125.97	YTC@120 ml	2016-02-19	414	63689	0.008762	7.57	7	0.53
1SO2F-10/20	GEM	0.012	141.16	YTC@120 ml	2016-04-14	469	18147	0.01277	10.67	9.18	0.97
1SO2F-20/30	GEM	0.019	51.99	YTC@50 ml	2016-04-12	467	19415	0	0	0	
1SO3A-0/10	GEM2	0.012	182.42	YTC@120 ml	2016-02-24	419	65518	0	0	0	
1SO3A-10/20	GEM2	0.012	176.65	YTC@120 ml	2016-04-07	462	19698	0	0	0	
1SO3B-0/10	GEM2	0.012	129.34	YTC@120 ml	2016-04-08	463	64506	0.008925	19.84	8.06	0.61
1SO3B-10/20	GEM2	0.012	145.37	YTC@120 ml	2016-03-16	440	15171	0	0	0	
1SO3B-20/30	CAT	0.015	130.43	YTC@110 ml	2016-01-25	389	21641	0.006807	15.36	4.19	0.64
1SO3C-0/10	GEM	0.012	130.31	YTC@120 ml	2016-04-06	461	67464	0.007342	9.53	5.69	0.54
1SO3C-10/20	GEM2	0.012	131.86	YTC@120 ml	2016-03-17	441	20666	0.01155	10.54	8.83	0.93
1SO3C-20/30										5.48	1.24
1SO3P	GEM2	0.012	137.08	YTC@120 ml	2016-02-22	417	86400	0.002409	19.81	1.77	0.34
2SO1A-0/10	CAT	0.014	118.98	YTC@120 ml	2016-02-02	397	64565	0.01575	4.48	11.91	0.53
2SO1A-10/20										5.2	0.52
2SO1A-20/30										7.8	1.43
2SO1B-0/10	GEM2	0.012	115.22	YTC@120 ml	2016-03-11	435	65807	0.009278	8.04	8.11	0.65
2SO1B-10/20										9.81	0.6
2SO1B-20/30										18.18	1.68
2SO1C-0/10	GEM2	0.012	108.47	YTC@120 ml	2016-03-15	439	65912	0.00995	7.02	9.24	0.65
2SO1C-10/20	CAT	0.014	119.58	YTC@120 ml	2016-02-01	396	86400	0.008844	6.42	6.37	0.41
2SO1C-20/30										4.07	1.04
2SO2A-0/10	CAT	0.014	104.49	YTC@120 ml	2016-03-10	434	65838	0.004985	12	4.08	0.49
2SO2A-10/20										4.02	0.55
2SO2A-20/30	GEM2	0.0184	99.92	YTC@100 ml	2016-03-24	448	21749	0.004796	22.04	4.33	0.96
2SO2B-0/10	GEM2	0.012	118.07	YTC@120 ml	2016-03-08	432	65580	0.004871	14.17	3.73	0.53
2SO2B-10/20	GEM2	0.012	127.46	YTC@120 ml	2016-03-22	446	21734	0.004638	28.22	3.67	1.04
2SO2B-20/30	CAT	0.026	47.72	YTC@40 ml	2016-02-05	400	21678	0.008897	21.61	3.79	0.82
2SO2C-0/10	CAT	0.016	108.44	YTC@100 ml	2016-03-17	441	72886	0.006309	9.02	4.61	0.42

Données brutes - Sols

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
2SO2C-10/20										8.72	0.46
2SO2C-20/30	CAT	0.015	114.98	YTC@110 ml	2016-02-08	898	17678	0	0	0	
2SO8A-0/10	GEM2	0.012	135.9	YTC@120 ml	2016-08-04	428	65998	0.005949	5.85	4.41	0.26
2SO8A-10/20	GEM	0.012	137.88	YTC@120 ml	2016-08-31	455	22998	0	0	0	
2SO8A-20/30										0	
2SO8B-0/10	GEM2	0.012	134.14	YTC@120 ml	2016-08-08	427	65828	0.006912	10.5	5.19	0.54
2SO8B-10/20	GEM2	0.012	140.88	YTC@120 ml	2016-04-05	460	21101	0.008553	12.78	6.18	0.78
2SO8B-20/30	CAT	0.026	50.25	YTC@40 ml	2016-02-01	896	20836	0.004175	26.59	8.85	1.02
2SO8C-0/10	CAT	0.022	86.99	YTC@60 ml	2016-01-29	893	65098	0.008902	6.92	13.19	0.91
2SO8C-10/20										9.29	1.23
2SO8C-20/30	GEM2	0.017	43.28	YTC@70 ml	2016-04-12	467	19896	0.004417	26.68	7.27	1.94
3SO1A-0/10	CAT	0.014	118.09	YTC@120 ml	2016-08-11	435	65810	0.006628	9.66	4.85	0.47
3SO1A-10/20										8.13	1.06
3SO1A-20/30	GEM2	0.012	121.64	YTC@120 ml	2016-08-16	440	16126	0.01135	14.66	9.4	1.38
3SO1B-0/10	CAT	0.014	121.45	YTC@120 ml	2016-02-04	899	68750	0.008738	7.67	6.2	0.48
3SO1B-10/20										6.17	0.85
3SO1B-20/30	CAT	0.022	60.56	YTC@60 ml	2016-02-02	897	21930	0.00457	15.86	4.14	0.66
3SO1C-0/10	CAT	0.014	112.48	YTC@120 ml	2016-08-08	427	65822	0.01016	6.63	7.8	0.52
3SO1C-10/20	CAT	0.014	117.77	YTC@120 ml	2016-02-06	408	86400	0.01057	5.7	7.74	0.44
3SO2A-0/10	CAT	0.014	116.76	YTC@120 ml	2016-08-06	432	65628	0.005278	11.28	3.9	0.44
3SO2A-10/20	GEM2	0.012	132.61	YTC@120 ml	2016-08-14	438	19838	0	0	0	
3SO2A-20/30	GEM	0.012	138.28	YTC@120 ml	2016-04-05	460	21148	0	0	0	
3SO2A-30/40	GEM	0.012	159.88	YTC@120 ml	2016-08-30	454	20082	0.002119	50.47	1.84	0.68
3SO2B-0/10	GEM2	0.012	158.25	YTC@120 ml	2016-08-09	433	65464	0.003296	19.77	2.17	0.48
3SO2B-10/20	GEM2	0.012	136.88	YTC@120 ml	2016-04-04	459	19640	0	0	0	
3SO2B-20/30	GEM	0.012	145	YTC@120 ml	2016-08-28	452	17917	0.006015	20.74	4.18	0.87
3SO2C-0/10	CAT	0.014	137.8	YTC@120 ml	2016-08-04	428	66009	0.005242	11.46	3.8	0.88
3SO2C-10/20	GEM	0.012	143.7	YTC@120 ml	2016-04-04	459	19459	0	0	0	
3SO2C-20/30	GEM	0.012	148.25	YTC@120 ml	2016-03-22	446	21557	0	0	0	
3SO8A-0/10	GEM2	0.012	146.14	YTC@120 ml	2016-02-18	413	68975	0.002175	29.05	1.5	0.44
3SO8A-10/20	GEM2	0.012	158.19	YTC@120 ml	2016-08-28	447	19850	0	0	0	
3SO8A-20/30										0	
3SO8B-0/10	GEM2	0.012	128.46	YTC@120 ml	2016-08-16	440	71822	0.004469	14.6	3.51	0.51
3SO8B-10/20	GEM2	0.012	132.96	YTC@120 ml	2016-08-30	454	20045	0	0	0	
3SO8B-20/30	CAT	0.014	139.01	YTC@120 ml	2016-01-27	891	20847	0	0	0	
3SO8C-0/10	CAT	0.014	126.15	YTC@120 ml	2016-08-09	433	65462	0.005145	12.82	3.52	0.48
3SO8C-10/20	CAT	0.014	126.81	YTC@120 ml	2016-08-21	445	19612	0	0	0	
3SO8C-20/30	CAT	0.014	107.79	YTC@120 ml	2016-01-28	892	21586	0	0	0	
4SO1A-0/10	GEM	0.012	147.95	YTC@120 ml	2016-04-04	459	86400	0.001266	26.01	0.86	0.22
4SO1A-10/20										1.29	0.4
4SO1A-20/30	CAT	0.015	142.14	YTC@110 ml	2016-01-21	885	20809	0.002443	43.75	1.38	0.6
4SO1B-0/10	GEM2	0.012	142.65	YTC@120 ml	2016-08-31	455	66389	0.007695	9.67	5.44	0.53
4SO1B-10/20										3.73	0.43
4SO1B-20/30										0	
4SO1C-0/10	GEM	0.012	131.22	YTC@120 ml	2016-08-31	455	66383	0.008778	7.94	6.75	0.54
4SO1C-10/20										5.97	0.41
4SO1C-20/30	CAT	0.014	212	jar@4 cm	2016-01-18	882	21701	0.01066	11.06	4.33	0.48
4SO1P										1.25	0.28
4SO2A-10/20										9.31	0.44
4SO2A-20/30										0	
4SO2B-0/10	CAT	0.014	119.45	YTC@120 ml	2016-02-26	421	64459	0.0129	5.87	9.82	0.5
4SO2B-10/20										9.82	0.6
4SO2B-20/30	GEM	0.024	83.21	YTC@80 ml	2016-04-15	470	18051	0.002845	29.88	4.33	1.27
4SO2C-0/10	GEM2	0.012	120.85	YTC@120 ml	2016-04-05	460	66956	0.01277	6.31	10.66	0.67
4SO2C-10/20										3.44	1.11
4SO2C-20/30	CAT	0.014	148.58	YTC@120 ml	2016-01-20	884	22068	0	0	0	

Données brutes - Sols

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
5SO1A-0/10	CAT	0.015	156	jar@3.5 cm	2016-01-11	375	86400	0.0509	1.84	26.2	0.48
5SO1A-10/20	GEM2	0.012	100.97	YTC@120 ml	2016-03-11	435	19788	0.009298	14.4	9.27	1.34
5SO1A-20/30	CAT	0.016	181	jar@8 cm	2016-01-06	372	17841	0.01187	11.71	6.82	0.8
5SO1A-30/40										0	
5SO1B-0/10	GEM	0.012	111.04	YTC@120 ml	2016-04-15	470	68297	0.01248	6.19	11.8	0.7
5SO1B-10/20	CAT	0.014	117.59	YTC@120 ml	2016-01-27	391	64747	0.008798	5.2	6.44	0.34
5SO1B-20/30										0	
5SO1B-30/40	CAT	0.017	80.14	YTC@90 ml	2016-03-07	431	20118	0	0	0	
5SO1C-0/10	CAT	0.014	120.23	YTC@120 ml	2016-01-20	384	68778	0.0166	4.69	11.89	0.56
5SO1C-10/20										8.06	0.64
5SO1C-20/30	CAT	0.026	50.55	YTC@40 ml	2016-01-14	378	21686	0.008483	12.18	7.78	0.94
5SO2A-0/10	GEM	0.012	111.91	YTC@120 ml	2016-04-14	469	68506	0.008584	8.22	7.75	0.64
5SO2A-10/20	GEM2	0.012	137.92	YTC@120 ml	2016-03-15	439	14679	0.003148	29.98	2.8	0.69
5SO2A-20/30	CAT	0.014	175.86	YTC@120 ml	2016-03-17	441	20511	0	0	0	
5SO2A-30/40	GEM	0.012	189.88	YTC@120 ml	2016-04-07	462	19718	0	0	0	
5SO2B-0/10	CAT	0.014	116.92	YTC@120 ml	2016-01-19	383	65145	0.02198	3.65	16.18	0.59
5SO2B-10/20	CAT	0.012	314	jar@5 cm	2016-01-14	378	64859	0.01838	5.88	4.28	0.25
5SO2B-20/30										0	
5SO2C-0/10	CAT	0.014	104.82	YTC@120 ml	2016-03-22	446	66861	0.02411	2.79	19.97	0.56
5SO2C-10/20	CAT	0.012	258	jar@5 cm	2016-01-06	370	67799	0.01758	4.61	6.97	0.32
5SO2C-20/30	CAT	0.015	241	jar@3.5 cm	2016-01-06	370	18331	0.007229	18.14	2.41	0.44
5SO2C-30/40	CAT	0.022	78.78	YTC@60 ml	2016-03-10	434	19698	0.006699	15.98	4.67	0.75
5SO2C-40/50	GEM2	0.022	52.04	YTC@40 ml	2016-03-09	433	20976	0	0	0	
5SO2D-0/10	CAT	0.013	284	jar@4.5 cm	2016-01-28	392	64852	0.01171	7.21	3.82	0.28
5SO2D-10/20										4.95	0.89
5SO2D-20/30	CAT	0.019	158	jar@2 cm	2016-01-05	369	17346	0	0	0	
5SO2D-30/40										0	
5SO2D-40/50	GEM2	0.0184	152.88	YTC@100 ml	2016-03-10	434	19645	0	0	0	
5SO8A-0/10	GEM2	0.0153	21.01	YTC@60 ml	2016-02-17	412	68921	0.02061	4.15	77.41	3.21
5SO8A-10/20	CAT	0.018	21.89	YTC@60 ml	2016-03-04	428	21638	0.01795	6.64	56.84	3.74
5SO8A-20/30	CAT	0.017	80.04	YTC@90 ml	2016-02-29	424	20550	0.007787	18.48	18.31	2.47
5SO8A-30/40	CAT	0.016	52.02	YTC@100 ml	2016-02-04	399	19082	0.000245	215.73	0.86	0.77
5SO8B-0/10	GEM2	0.0197	25.84	YTC@50 ml	2016-04-11	466	86400	0.01426	4.67	33.94	1.58
5SO8B-10/20										4.99	1.23
5SO8B-20/30										5.01	1.46
5SO8B-30/45	GEM2	0.012	125.87	YTC@120 ml	2015-08-08	482	20599	0	0	0	
5SO8C-0/10	GEM	0.012	97.9	YTC@120 ml	2016-04-12	467	64757	0.01406	5.48	14.5	0.79
5SO8C-10/20	CAT	0.012	285	jar@5 cm	2016-01-06	372	69457	0.01983	1.55	8.47	0.13
5SO8C-20/30	GEM	0.014	99.89	YTC@90 ml	2016-03-17	441	20869	0	0	0	
5SO8D-0/10	GEM	0.012	150.2	YTC@120 ml	2016-04-08	463	64512	0.002457	19.18	1.65	0.32
5SO8D-10/20	CAT	0.014	151.44	YTC@120 ml	2016-03-24	448	20837	0	0	0	
5SO8D-20/30	CAT	0.015	285	jar@3.5 cm	2016-01-07	371	17268	0	0	0	
5SO8D-30/40										0	
6SO1A-551-10/20										7.07	0.55
6SO1A-551-20/30										0	
6SO1A-552-0/10	GEM	0.0141	56.16	YTC@60 ml	2016-04-05	460	66924	0.01027	5.04	15.71	0.79
6SO1A-552-10/20										7.07	0.55
6SO1A-552-20/30										0	
6SO1A-553-0/10	GEM	0.0141	56.16	YTC@60 ml	2016-04-05	460	66924	0.01027	5.04	15.71	0.79
6SO1A-553-10/20										7.07	0.55
6SO1A-553-20/30										0	
6SO1B-0/10	GEM2	0.012	120.06	YTC@120 ml	2016-04-04	459	86400	0.009382	7.6	7.84	0.6
6SO1B-10/20										7.15	0.58
6SO1B-20/30										13.49	0.51
6SO1C-0/10	GEM2	0.012	121.64	YTC@120 ml	2016-03-30	454	65999	0.005526	13.52	4.58	0.62
6SO1C-10/20										0	

Données brutes - Sols

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
6SO1C-20/30	CAT	0.012	305	jar@5 cm	2016-01-12	376	21460	0	0	0	
6SO1D-0/10	GEM2	0.012	155.98	YTC@120 ml	2016-04-18	468	67174	0.004147	13.83	2.68	0.36
6SO1D-10/20										4.71	0.25
6SO1D-20/30	CAT	0.015	148.69	YTC@110 ml	2016-01-22	386	21822	0.01084	10.95	6.06	0.66
6SO1D-30/40	CAT	0.014	254	jar@4 cm	2016-01-18	382	21160	0.008728	14.04	2.96	0.42
6SO1P										3.78	0.42
6SO2A-0/10	GEM2	0.0153	41.06	YTC@80 ml	2016-03-02	426	64691	0.01957	4.47	37.64	1.68
6SO2A-10/20	GEM2	0.012	109.78	YTC@120 ml	2016-03-31	455	28005	0.006807	16.54	6.26	1.08
6SO2A-20/30	GEM	0.0206	35.58	YTC@40 ml	2016-04-01	456	21059	0	0	0	
6SO2B-0/10	GEM2	0.012	109.78	YTC@120 ml	2016-04-01	456	68278	0.01605	5.65	14.75	0.88
6SO2B-10/20	CAT	0.016	97.05	YTC@100 ml	2016-01-22	386	65228	0.01846	5.42	10.45	0.57
6SO2B-20/30										0	
6SO2C-0/10	GEM	0.012	172.06	YTC@120 ml	2016-04-18	473	86400	0.006256	9.2	3.67	0.34
6SO2C-10/20										4.94	0.47
6SO2C-20/30										0	
6SO2D-0/10	GEM	0.012	172.06	YTC@120 ml	2016-03-29	453	67988	0	0	0	
6SO2D-10/20										0	
6SO2D-20/30	CAT	0.02	84.88	YTC@70 ml	2016-01-19	383	22507	0.008645	24.98	2.6	0.65
6SO2D-30/40	GEM2	0.0222	46	YTC@40 ml	2016-03-29	453	19850	0.005247	19.72	6.28	1.24
6SO8A-20/30										0	
6SO8A-551-0/10	GEM2	0.012	104.51	YTC@120 ml	2016-03-24	448	65982	0.0164	5.12	15.62	0.81
6SO8A-551-10/20	CAT	0.014	128.17	YTC@120 ml	2016-01-26	390	64298	0.01602	4.67	11.2	0.52
6SO8A-552-0/10	GEM2	0.012	104.51	YTC@120 ml	2016-03-24	448	65982	0.0164	5.12	15.62	0.81
6SO8A-552-10/20	CAT	0.014	128.17	YTC@120 ml	2016-01-26	390	64298	0.01602	4.67	11.2	0.52
6SO8A-558-0/10	GEM2	0.012	104.51	YTC@120 ml	2016-03-24	448	65982	0.0164	5.12	15.62	0.81
6SO8A-558-10/20	CAT	0.014	128.17	YTC@120 ml	2016-01-26	390	64298	0.01602	4.67	11.2	0.52
6SO8B-551-0/10	GEM	0.012	122.04	YTC@120 ml	2016-03-30	454	65992	0.01424	5.27	11.77	0.62
6SO8B-551-10/20	CAT	0.014	134.79	YTC@120 ml	2016-03-14	438	19702	0.01186	9.93	7.6	0.75
6SO8B-551-20/30	CAT	0.016	185	jar@8 cm	2016-01-18	377	21552	0.01212	11.01	4.93	0.54
6SO8B-552-0/10	GEM	0.012	122.04	YTC@120 ml	2016-03-30	454	65992	0.01424	5.27	11.77	0.62
6SO8B-552-10/20	CAT	0.014	134.79	YTC@120 ml	2016-03-14	438	19702	0.01186	9.93	7.6	0.75
6SO8B-552-20/30	CAT	0.016	185	jar@8 cm	2016-01-18	377	21552	0.01212	11.01	4.93	0.54
6SO8B-558-0/10	GEM	0.012	122.04	YTC@120 ml	2016-03-30	454	65992	0.01424	5.27	11.77	0.62
6SO8B-558-10/20	CAT	0.014	134.79	YTC@120 ml	2016-03-14	438	19702	0.01186	9.93	7.6	0.75
6SO8B-558-20/30	CAT	0.016	185	jar@8 cm	2016-01-18	377	21552	0.01212	11.01	4.93	0.54
6SO8C-551-0/10	CAT	0.014	124.02	YTC@120 ml	2016-01-21	385	63621	0.01111	6.73	7.71	0.52
6SO8C-551-10/20	CAT	0.012	298	jar@5 cm	2016-01-18	377	64918	0.02007	3.28	6.88	0.23
6SO8C-552-0/10	CAT	0.014	124.02	YTC@120 ml	2016-01-21	385	63621	0.01111	6.73	7.71	0.52
6SO8C-552-10/20	CAT	0.012	298	jar@5 cm	2016-01-18	377	64918	0.02007	3.28	6.88	0.23
6SO8C-552-20/30	CAT	0.016	205	jar@8 cm	2016-01-11	375	22202	0.007423	16.42	2.73	0.45
6SO8C-558-0/10	CAT	0.014	124.02	YTC@120 ml	2016-01-21	385	63621	0.01111	6.73	7.71	0.52
6SO8C-558-10/20	CAT	0.012	298	jar@5 cm	2016-01-18	377	64918	0.02007	3.28	6.88	0.23
6SO8C-558-20/30	CAT	0.016	205	jar@8 cm	2016-01-11	375	22202	0.007423	16.42	2.73	0.45
6SO8D-20/30	CAT	0.014	158.45	YTC@120 ml	2016-03-09	433	20987	0.01016	11.23	5.72	0.64
6SO8D-551-0/10	CAT	0.012	277	jar@5 cm	2016-01-18	382	86400	0.01841	5.28	4.86	0.26
6SO8D-551-10/20	CAT	0.012	312	jar@5 cm	2016-01-15	379	64675	0.03162	3.14	10.18	0.32
6SO8D-552-0/10	CAT	0.012	277	jar@5 cm	2016-01-18	382	86400	0.01841	5.28	4.86	0.26
6SO8D-552-10/20	CAT	0.012	312	jar@5 cm	2016-01-15	379	64675	0.03162	3.14	10.18	0.32
6SO8D-558-0/10	CAT	0.012	277	jar@5 cm	2016-01-18	382	86400	0.01841	5.28	4.86	0.26
6SO8D-558-10/20										10.18	0.32
7SO1A-0/10	GEM	0.012	117.44	YTC@120 ml	2016-03-22	446	66908	0.01014	7.4	8.71	0.64
7SO1A-10/20										9.45	0.5
7SO1A-20/30										6.28	0.83
7SO1B-0/10	GEM2	0.012	182.44	YTC@120 ml	2016-03-17	441	72701	0.0107	6.9	8.14	0.56
7SO1B-10/20										5.2	0.42
7SO1B-20/30	CAT	0.036	13.67	YTC@10 ml	2016-01-29	393	20685	0	0	0	

Données brutes - Sols

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
7SO1C-0/10	GEM2	0.012	93.2	YTC@120 ml	2016-03-07	431	86400	0.02539	8.25	27.44	0.89
7SO1C-10/20										14.58	2.69
7SO1P	GEM2	0.012	195.8	YTC@120 ml	2016-03-14	438	86400	0.001989	28.45	1	0.28
7SO2A-0/10	CAT	0.014	107.15	YTC@120 ml	2015-03-18	442	62008	0.02464	8.88	19.87	0.67
7SO2A-10/20										13.05	0.69
7SO2B-0/10	CAT	0.014	127.48	YTC@120 ml	2016-03-02	426	64678	0.0216	8.73	14.63	0.55
7SO2B-10/20										10.75	1.28
7SO2C-0/10	GEM2	0.012	95.27	YTC@120 ml	2016-03-22	446	66848	0.0329	8.04	34.82	1.06
7SO2C-10/20										0	
7SO3A-0/10	GEM	0.012	168.4	YTC@120 ml	2016-03-24	448	65881	0.001596	31.25	0.98	0.31
7SO3A-10/20										1.15	0.32
7SO3B-0/10	GEM	0.012	72.58	YTC@120 ml	2016-03-18	442	62018	0.01864	4.4	25.69	1.14
7SO3B-10/20										13.17	0.92
7SO3C-0/10	GEM2	0.012	169.57	YTC@120 ml	2016-03-28	452	86400	0.003618	15.58	2.15	0.34
7SO3C-10/20										1.54	0.65
7SO4A-551-0/10	GEM2	0.012	107.94	YTC@120 ml	2016-04-06	461	86400	0.01837	4.6	17.18	0.79
7SO4A-551-10/20										5.71	0.82
7SO4A-552-0/10	GEM2	0.012	107.94	YTC@120 ml	2016-04-06	461	86400	0.01837	4.6	17.18	0.79
7SO4A-552-10/20										5.71	0.82
7SO4A-553-0/10	GEM2	0.012	107.94	YTC@120 ml	2016-04-06	461	86400	0.01837	4.6	17.18	0.79
7SO4A-553-10/20										5.71	0.82
7SO4A-554-0/10	GEM2	0.012	107.94	YTC@120 ml	2016-04-06	461	86400	0.01837	4.6	17.18	0.79
7SO4A-554-10/20										5.71	0.82
7SODI										2.55	0.28
8SO1A-0/10	CAT	0.014	111.09	YTC@120 ml	2016-02-05	400	66914	0.02625	8.11	20.86	0.68
8SO1A-10/20										14.84	1.26
8SO1A-20/30	CAT	0.08	26.01	YTC@80 ml	2016-03-02	426	20985	0.009825	11.14	14.44	1.61
8SO1B-0/10	GEM	0.012	111.97	YTC@120 ml	2016-03-21	445	86400	0.01897	4.75	12.58	0.6
8SO1B-10/20										12.54	0.83
8SO1B-20/30										8.09	1.25
8SO1C-0/10	CAT	0.014	120.05	YTC@120 ml	2016-03-21	445	86400	0.01928	2.78	13.88	0.39
8SO1C-10/20										6.99	0.93
8SO1C-20/30	CAT	0.017	120.68	YTC@90 ml	2016-02-08	408	20890	0	0	0	
8SO1D-0/10	GEM2	0.012	138.84	YTC@120 ml	2016-03-18	442	62549	0.007847	10.14	5.58	0.56
8SO1D-10/20										5.25	0.5
8SO1D-20/30										0	
8SO1R										0	
8SO2A-0/10	GEM2	0.012	152.81	YTC@120 ml	2016-03-21	445	86400	0.003681	4.81	2.4	0.12
8SO2B-0/10	GEM	0.012	95.11	YTC@120 ml	2016-04-18	468	86400	0.01648	4.57	17.5	0.8
8SO2B-10/20										9.81	1.22
8SO2B-20/30										0	
8SO2C-0/10	GEM	0.012	126.87	YTC@120 ml	2016-03-17	441	72529	0.006294	9.79	5.02	0.49
8SO2C-10/20	CAT	0.014	140.81	YTC@120 ml	2016-02-08	898	64456	0.009262	7.33	5.67	0.42
8SO2C-20/30	CAT	0.02	75.73	YTC@70 ml	2016-03-08	427	20088	0.03118	5.16	24.88	1.28
8SO2D-0/10	GEM	0.012	131.97	YTC@120 ml	2016-04-01	456	68277	0.003119	19.06	2.38	0.45
8SO2P	GEM2	0.012	216.1	YTC@120 ml	2016-03-10	434	65842	0	0	0	
9SO1A-0/10	GEM	0.014	60.84	YTC@80 ml	2016-03-28	452	86400	0.01454	4.41	20.83	0.92
9SO1A-10/20	GEM	0.018	91	YTC@100 ml	2016-03-29	453	19855	0.01632	8.59	16.67	1.43
9SO1A-20/30										13.48	2.35
9SO1B-0/10	GEM	0.012	78.86	YTC@110 ml	2016-03-28	447	64484	0.02151	8.78	26.97	1
9SO1B-10/20	GEM2	0.012	107.98	YTC@120 ml	2016-03-28	452	18164	0.0175	9.2	16.35	1.5
9SO1B-20/30	GEM2	0.018	107.49	YTC@110 ml	2016-04-15	470	17986	0.006164	22.29	5.35	1.19
9SO1C-0/10	GEM2	0.012	116.37	YTC@120 ml	2016-03-29	453	67965	0.007982	9.69	6.88	0.67
9SO1C-10/20	GEM2	0.012	145.88	YTC@120 ml	2016-03-18	442	20098	0.001864	52.42	1.29	0.68
9SO1C-20/30	GEM	0.0189	99.62	YTC@90 ml	2016-03-28	447	19874	0	0	0	
9SO1C-30/40	CAT	0.015	136.11	YTC@110 ml	2016-01-26	390	21718	0	0	0	

Données brutes - Sols

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 15D
95O2A-0/10	GEM2	0.012	89.02	YTC@120 ml	2016-04-15	470	68190	0.01193	6.3	13.53	0.85
95O2A-10/20	GEM2	0.012	115.58	YTC@120 ml	2016-04-18	468	22027	0.01071	18.09	9.36	1.23
95O2A-20/30										7.76	0.68
95O2B-0/10	GEM2	0.013	90.08	YTC@110 ml	2016-04-14	469	68478	0.01849	5.91	13.96	0.82
95O2B-10/20	GEM	0.012	114.24	YTC@120 ml	2016-08-24	448	21871	0.008094	18.48	7.14	0.96
95O2B-20/30	GEM	0.019	46.59	YTC@50 ml	2016-04-11	466	21519	0.006394	15.9	8.75	1.39
95O2C-0/10	GEM2	0.017	52.84	YTC@70 ml	2016-08-28	447	64464	0.008282	8.41	11.09	0.93
95O2C-10/20	GEM2	0.0247	28.2	YTC@80 ml	2016-08-21	445	19594	0	0	0	
95O2C-20/30											
95O2P										2.76	0.81

Données brutes - Sédiments en suspension

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
Site1-SST1-F13	CAT	0.026	33.37	YTC@40 ml	2014-03-03	426	86400	0.00464?	6.72	6.47	0.43
Site1-SST1-F14	CAT	0.036	7.7	YTC@10 ml	2015-06-08	825	172800	0.0006916	29.86	3.03	0.9
Site1-SST1-F15	GEM	0.031	8.07	YTC@10 ml	2016-02-01	596	172800	0	0	0	
Site1-SST1-G14	CAT	0.02	73	YTC@70 ml	2015-07-13	858	86400	0.004721	9.92	3.94	0.39
Site1-SST1-G15	GEM	0.031	9.6	YTC@10ml	2016-03-07	431	172800	0.001191	26.75	4.84	1.29
Site1-SST2-F13	CAT	0.036	11.92	YTC@15 ml	2014-03-04	427	86400	0.001512	23.14	4.26	0.99
Site1-SST2-F14	CAT	0.036	8.23	YTC@10 ml	2015-05-27	811	86400	0	0	0	
Site1-SST2-F15	GEM	0.0206	34.66	YTC@40 ml	2016-02-02	597	85631	0.002348	22.07	5.8	0.84
Site1-SST2-G14	GEM	0.011	224	jar@4.5 cm	2015-05-18	588	86400	0.006824	9.6	2.97	0.29
Site1-SST2-G15											
Site2-SST1-F13	CAT	0.036	10.56	YTC@10 ml	2014-03-05	428	86400	0	0	0	
Site2-SST1-F14	CAT	0.036	14.59	YTC@10 ml	2015-06-01	816	172800	0.0005978	41.52	1.29	0.53
Site2-SST1-F15	GEM	0.0262	18.65	YTC@20 ml	2016-02-08	403	172800	0	0	0	
Site2-SST1-G14	CAT	0.036	5.15	YTC@10 ml	2015-06-29	844	172800	0	0	0	
Site2-SST1-G15	GEM		42.25	YTC@50 ml	2016-03-14	458	172800	0.003057	5.97	4.61	0.18
Site2-SST2-F13	CAT	0.038	13.05	YTC@10 ml	2014-03-06	429	86400	0	0	0	
Site2-SST2-F14	CAT	0.034	21.69	YTC@20 ml	2015-06-25	838	86771	0	0	0	
Site2-SST2-F15	GEM	0.029	14.27	YTC@15 ml	2016-03-23	417	172800	0	0	0	
Site2-SST2-G14	CAT	0.022	69.69	YTC@60 ml	2015-07-10	855	86400	0.002348	22.67	1.76	0.4
Site2-SST2-G15	GEM	0.029	10.6	YTC@15 ml	2016-02-29	424	172800	0.0002341	73.53	1.16	0.08
Site3-SST1-F13	CAT	0.021	73.74	YTC@60 ml	2014-03-18	441	86400	0.003524	14.32	2.75	0.39
Site3-SST1-F14	CAT	0.024	54.69	YTC@50 ml	2015-06-09	824	86400	0.002816	17.76	2.61	0.46
Site3-SST1-F15	GEM	0.0236	26.52	YTC@30 ml	2016-01-25	589	172800	0.001718	20.33	3.31	0.67
Site3-SST1-G14	CAT	0.018	137.56	YTC@110 ml	2015-06-30	845	86400	0.008094	11.12	3.01	0.33
Site3-SST1-G15	GEM		105.08	YTC@85 ml	2016-03-01	426	86400	0.002013		1.65	0.41
Site3-SST2-F13	CAT	0.017	98.08	YTC@90 ml	2014-03-14	437	86400	0.004244	12.13	3.08	0.37
Site3-SST2-F14	CAT	0.034	22.19	YTC@20 ml	2015-07-02	847	161509	0.001557	19.13	2.51	0.48
Site3-SST2-F15	GEM	0.0262	25.09	YTC@20 ml	2016-02-16	411	86400	0	0	0	
Site3-SST2-G14	GEM	0.01	310	jar@5 cm	2015-06-17	832	86400	0.008491	12.09	3.15	0.26
Site3-SST2-G15	GEM	0.012	141.59	YTC@120 ml	2016-02-24	419	86400	0	0	0	
Site4-SST1-F13	GEM2	0.013	80.36	YTC@100 ml	2014-03-11	434	86400	0.004325	10.56	5.18	0.55
Site4-SST1-F13	GEM2	0.025	37.39	YTC@40 ml	2014-03-14	437	86400	0.001801	26.14	2.53	0.66
Site4-SST1-F14	CAT	0.024	37.24	YTC@50 ml	2015-06-24	839	86400	0.004141	11.45	5.64	0.64
Site4-SST1-F15	GEM	0.012	108.75	YTC@120 ml	2016-01-22	586	86400	0.002922	18.7	2.7	0.5
Site4-SST1-G14	GEM	0.01	279	jar@5 cm	2015-06-29	844	86400	0.007259	8.87	3.17	0.27
Site4-SST1-G15	GEM	0.012	107.59	YTC@120 ml	2016-02-26	421	86400	0.006158	9.32	5.76	0.54
Site4-SST2-F13	GEM2	0.014	81.47	YTC@90 ml	2014-03-17	440	86400	0.005509	11.85	5.84	0.69
Site4-SST2-F13	GEM2	0.02	56.34	YTC@60 ml	2014-03-12	435	86400	0.002876	17.54	3.08	0.53
Site4-SST2-F14	CAT	0.03	26.92	YTC@30 ml	2015-06-10	825	86400	0.005191	12.63	4.8	0.61
Site4-SST2-F15	GEM	0.015	84.67	YTC@100 ml	2016-01-26	590	86400	0.003823	15.53	3.86	0.6
Site4-SST2-G15	GEM	0.012	97.2	YTC@120 ml	2016-03-03	427	86400	0.006902	8.17	7.16	0.58
Site5-SST1-F14	CAT	0.024	33.04	YTC@30 ml	2015-06-11	826	86400	0.004292	11.73	6.56	0.77
Site5-SST1-F15	GEM	0.015	98.41	YTC@100 ml	2016-02-04	599	86400	0.004549	13.26	4.1	0.54
Site5-SST1-G14	GEM	0.01	309	jar@5 cm	2015-06-26	841	86400	0.008531	8.16	3.28	0.27
Site5-SST1-G15	GEM	0.012	117.08	YTC@120 ml	2016-03-08	432	86400	0.005379	11.21	4.83	0.52
Site5-SST2-F14	CAT	0.02	61.4	YTC@70 ml	2015-06-15	835	86400	0.004444	10.49	4.4	0.46
Site5-SST2-F15	GEM	0.0125	111.67	YTC@110 ml	2016-01-27	591	86400	0.004521	11.54	3.74	0.42
Site5-SST2-G14	GEM	0.01	282	jar@5 cm	2015-06-25	840	86400	0.006139	11.73	2.65	0.31
Site5-SST2-G15	GEM	0.012	114.78	YTC@120 ml	2016-03-16	440	86400	0.003954	15.03	3.47	0.52
Site6-SST1-F13	GEM2	0.018	72.11	YTC@60 ml	2014-03-19	442	86400	0.004818	13.39	5.38	0.72
Site6-SST1-F13	GEM2	0.016	82.19	YTC@70 ml	2014-03-18	441	86400	0.003577	15.56	3.11	0.48
Site6-SST1-F14	CAT	0.03	23.45	YTC@30 ml	2015-06-12	827	91823	0.001762	23.99	3.05	0.73
Site6-SST1-F15	GEM		62.35	YTC@70 ml	2016-02-03	598	86400	0.003151	17.97	4.04	0.73
Site6-SST1-G14	GEM	0.01	298	jar@5 cm	2015-06-23	838	86400	0.007793	8.77	3.16	0.28
Site6-SST1-G15	GEM	0.012	96.93	YTC@120 ml	2016-02-25	420	86400	0.006298	9.19	6.54	0.6
Site6-SST2-F13	GEM2	0.015	80.9	YTC@80 ml	2014-03-10	433	86400	0.005971	14.52	3.96	0.57
Site6-SST2-F14	CAT	0.024	32.96	YTC@50 ml	2015-06-05	820	86400	0.005873	12.41	5.49	0.68
Site6-SST2-F15	GEM	0.015	92.8	YTC@100 ml	2016-02-09	404	86400	0.003569	15.55	3.57	0.55
Site6-SST2-G14	GEM	0.015	205	jar@4 cm	2015-06-24	839	86400	0.008972	8.8	4.65	0.34
Site6-SST2-G15	GEM	0.012	100.87	YTC@120 ml	2016-03-15	439	86400	0.005891	9.15	5.09	0.54

Données brutes - Sédiments en suspension

Échantillon	Appareil	Efficacité de l'appareil	Poids éch (g)	Géométrie (cm)	Date d'analyse	Jours passés (jour)	Temps écoulé (s)	CPS Cs-137 (compte/seconde)	% erreur	Activité Cs-137 (Bq/kg)	Erreur 1SD
Site7-SST1-F13	CAT	0.033	17.28	YTC@20 ml	2014-03-10	433	86400	0.003899	12.15	8.27	1
Site7-SST1-F14	CAT	0.036	5.54	YTC@10 ml	2015-06-22	537	172800	0.0008025	32.7	4.9	1.6
Site7-SST1-F15	GEM	0.012	150.98	YTC@120 ml	2016-02-12	407	86400	0.004161	12.84	2.77	0.36
Site7-SST1-S15	GEM	0.013	96.07	YTC@100 ml	2016-02-23	418	86400	0.005972	9.92	5.78	0.57
Site7-SST2-F13	CAT	0.03	24.23	YTC@30 ml	2014-03-17	440	86400	0.006244	8.17	10.39	0.85
Site7-SST2-F14	CAT	0.036	4.45	YTC@10 ml	2015-06-17	532	172800	0.0006168	44.49	4.68	2.08
Site7-SST2-F15	GEM	0.012	146.88	YTC@120 ml	2016-02-19	414	86400	0.003668	14.62	2.51	0.37
Site7-SST2-S14	CAT	0.024	60.82	YTC@50 ml	2015-07-03	548	90731	0.004062	12.42	3.39	0.42
Site7-SST2-S15	GEM	0.012	103.68	YTC@120 ml	2016-03-04	428	86400	0.008488	7.12	8.25	0.59
Site8-SST1-F13	GEM2	0.013	128.17	YTC@100 ml	2014-03-05	428	86400	0.00368	14.1	2.67	0.38
Site8-SST1-F13	GEM2	0.023	61.84	YTC@40 ml	2014-03-06	429	86400	0.002293	23.53	1.95	0.46
Site8-SST1-F14	CAT	0.024	52.34	YTC@50 ml	2015-06-02	517	86400	0.002289	22.05	2.21	0.49
Site8-SST1-F15	GEM	0.0125	147.2	YTC@110 ml	2016-02-11	406	86400	0.001723	25.6	1.13	0.29
Site8-SST1-S14	GEM	0.01	303	jar@5 cm	2015-06-22	537	86400	0.007267	8.64	2.92	0.25
Site8-SST1-S15	GEM	0.012	108.2	YTC@120 ml	2016-03-09	433	86400	0.00507	10.96	4.72	0.52
Site8-SST2-F13	GEM2	0.017	91.72	YTC@65 ml	2014-03-07	430	86400	0.003296	16	2.56	0.41
Site8-SST2-F14	CAT	0.026	48.26	YTC@40 ml	2015-06-19	534	86400	0.002369	14.02	2.3	0.32
Site8-SST2-F15	GEM	0.012	158.73	YTC@120 ml	2016-02-10	405	86400	0.003164	16.99	2	0.34
Site8-SST2-S14	GEM	0.01	304	jar@5 cm	2015-06-19	534	86400	0.005521	11.55	2.21	0.26
Site8-SST2-S15	GEM	0.012	134.55	YTC@120 ml	2016-03-11	435	86400	0.004072	12.42	3.05	0.38
Site9-SST1-F13	CAT	0.018	96.62	YTC@60 ml	2014-03-12	435	86400	0.007115	7.55	4.95	0.37
Site9-SST1-F13	CAT	0.021	93.4	YTC@60 ml	2014-03-13	436	86400	0.003197	9.48	1.97	0.19
Site9-SST1-F14	CAT	0.018	82.35	YTC@60 ml	2015-05-28	512	86400	0.005076	9.9	4.16	0.41
Site9-SST1-F15	GEM	0.012	147.46	YTC@120 ml	2016-02-17	412	86400	0.00266	11.56	1.81	0.21
Site9-SST1-S14	CAT	0.03	41.43	YTC@30 ml	2015-07-06	551	172800	0.002462	13.35	2.41	0.32
Site9-SST1-S15	GEM	0.012	130.86	YTC@120 ml	2016-03-02	426	86400	0.005772	9.68	4.44	0.43
Site9-SST2-F13	CAT	0.021	68.47	YTC@60 ml	2014-03-07	430	86400	0.006765	8.43	5.69	0.48
Site9-SST2-F14	CAT	0.024	48.31	YTC@50 ml	2015-05-29	513	86400	0.002986	13.52	3.13	0.42
Site9-SST2-F15	GEM	0.012	157.71	YTC@120 ml	2016-02-05	400	86400	0.004635	12.99	2.95	0.38
Site9-SST2-S14	CAT	0.017	105.63	YTC@90 ml	2015-07-09	554	86400	0.006819	7.73	4.63	0.36
Site9-SST2-S15	GEM		96.24	YTC@90 ml	2016-03-10	434	86400	0.003741	14.73	3.38	0.5

Données brutes - Berges

Echantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
1SB-250R-0/10	10941	232	3427	212	9910	13741	16.11	24051	710	4681	455	20975	791	5143	74
1SB-250R-10/20	12164	301	3390	264	10441	14599	17.23	25898	668	5434	505	23797	792	6233	81
1SB-250R-20/30	13185	296	3438	283	10906	16017	20.46	27003	814	5602	514	24160	830	8195	89
1SB-250R-40/50	11360	272	3080	265	10402	14232	16.77	24629	679	5165	502	22623	715	7962	79
1SB-250R-80/90	10572	276	3272	272	9858	12901	14.22	23280	<395	4587	625	22051	646	5258	71
1SB-875R-0/10	10330	225	4038	220	10103	13162	14.30	23835	781	4553	622	21880	804	4609	72
1SB-875R-10/20	10513	220	3301	229	9801	12986	17.95	22148	807	4776	431	31664	711	5922	85
1SB-875R-20/30	9654	226	3580	166	8929	14938	10.59	21615	733	4407	288	19127	607	4441	64
1SB-1330R-0/10	12217	277	5879	326	11025	15937	21.49	28349	899	5499	874	25634	915	6425	84
1SB-1330R-10/20	12754	293	5479	331	11151	16337	24.06	29583	914	5568	714	30091	945	7242	90
1SB-1330R-20/30	12695	286	5340	288	11328	15499	20.40	29818	856	5573	502	25066	849	5427	88
1SB-1330R-30/40	11215	256	4106	279	10120	13851	18.91	25713	744	4761	407	21960	805	5112	74
2SB-2660L-0/10	10440	497	23406	756	7977	11429	24.00	26354	1576	3167	1105	21023	1945	8562	106
2SB-2660L-10/20	10521	448	17691	726	7422	11116	18.41	25343	1443	3144	499	21501	1684	8642	104
2SB-2660L-20/30	8966	367	13026	514	5451	9408	14.37	17879	1214	2707	257	16345	1307	6484	84
2SB-2575R-0/10	7955	401	48861	486	5892	10555	19.32	19252	1426	2930	551	17751	1339	6993	69
2SB-2575R-20/30	5369	351	123079	214	4114	6765	11.47	14418	1225	3853	247	17825	983	4712	47
2SB-2635R-0/10	12229	560	30886	904	9246	12886	27.26	31366	1583	3702	1639	26091	2077	10413	123
3SB-20R-0/10	10502	259	2934	230	10968	15483	15.97	25614	863	4997	646	24575	689	3933	72
3SB-20R-10/20	12445	308	3435	250	12909	17881	20.63	27920	990	5674	786	26456	864	5543	82
3SB-20R-20/30	11312	280	2655	220	12148	16416	19.43	25345	859	5456	672	25699	681	5240	76
3SB-20R-70/80	13585	327	2879	323	13714	18457	27.37	30206	871	6058	791	27847	833	9023	83
3SB-20R-150/160	11469	319	2480	216	10988	15496	17.51	24759	727	5338	715	23678	643	5081	72
3SB-20R-220/230	10512	257	2551	194	10781	14734	15.93	24705	790	4543	534	22981	767	5011	67
3SB-185L-0/10	10345	253	3125	188	11122	15543	16.80	24594	862	4517	689	23424	800	4973	66
3SB-185L-10/20	13499	345	4137	294	14948	19663	27.09	32520	983	6042	958	29567	983	6498	84
3SB-185L-20/30	12161	288	4056	249	13295	18131	25.17	28381	982	5561	816	26962	974	5428	76
3SB-185L-50/60	12682	316	3945	261	13291	17812	19.77	29103	1034	5657	792	27424	899	6572	78
3SB-185L-80/90	11934	296	3587	148	10583	17260	15.16	26769	745	5306	333	24047	800	4922	68
3SB-1360R-0/10	11027	264	3582	228	12215	15230	18.13	25501	794	5219	918	24676	765	3973	71
3SB-1360R-10/20	12506	314	4242	310	13699	17830	27.08	29263	883	5568	934	27916	881	6193	82
3SB-1360R-20/30	12680	298	3740	237	13663	18040	27.18	29863	925	5925	811	28144	891	4894	82
3SB-1360R-90/100	12711	320	3142	244	13005	17646	18.86	28909	876	5587	809	26973	835	5522	80
3SB-1360R-110/120	12539	287	2920	224	13382	18423	18.06	31114	946	5443	766	27464	859	6738	77
4SB-15L-0/10	9343	217	2444	167	10225	12539	14.96	22682	605	5111	667	23354	500	<1965	66
4SB-15L-10/20	11825	294	3854	245	13245	17737	27.43	28554	859	5530	880	26561	855	4887	77
4SB-15L-20/30	10914	268	3141	222	13076	15825	20.96	26312	788	5290	782	24999	753	5546	73
4SB-15L-50/60	13333	318	3748	299	15668	18846	26.97	30983	898	5816	1048	29487	915	7109	83
4SB-15L-130/140	13608	328	3354	298	15360	19235	22.17	31057	891	6278	1040	29584	964	7435	87
4SB-210L-0/10	11607	294	3893	242	12951	18419	18.97	29152	933	5139	827	26082	938	5071	72
4SB-210L-10/20	13498	404	3685	267	14257	19983	28.08	33467	1050	5954	890	29732	923	6482	82
4SB-210L-20/30	13360	344	3513	382	14028	19656	21.78	32424	998	5685	1027	28678	892	6877	84

Données brutes - Berges

Échantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
4SB-210L-30/40	14716	303	2259	255	13325	17349	19.71	37691	975	7161	827	32859	556	5058	92
4SB-210L-40/50	14333	303	2845	221	14148	19195	20.11	32697	1038	6374	766	30870	734	5600	86
4SB-420L-0/10	10554	276	3130	206	9772	14983	14.66	24546	889	4018	645	20990	797	4952	60
4SB-420L-10/20	10183	321	2782	170	8206	13887	13.43	21796	1164	3650	478	18630	689	3902	59
4SB-420L-20/30	8729	521	3738	139	5723	11966	9.66	16994	1600	3104	391	12888	555	2463	34
4SB-420L-40/50	8516	392	8608	84	5551	11817	8.17	15926	2074	2954	356	12464	554	<1965	31
4SB-420L-80/90	8025	319	13301	105	4655	10040	10.72	14791	1735	2387	267	10764	486	<1965	31
5SB-65L-0/10	12650	293	3295	248	13738	18728	27.61	30682	961	5694	872	27479	930	6324	79
5SB-65L-10/20	13475	320	3029	342	16103	18820	25.85	32980	776	6198	1570	29784	793	7731	90
5SB-65L-20/30	10733	257	2947	510	21211	17315	20.91	46143	660	4893	3077	26499	665	5267	76
5SB-65L-50/60	10865	238	2785	172	10556	16372	21.66	22326	687	4891	298	22916	764	3193	68
5SB-65L-80/90	12179	315	3145	214	12948	16612	31.20	22783	921	5151	321	23453	865	4799	73
5SB-65L-110/120	10400	236	2337	178	10593	15131	15.80	22597	663	5161	342	23166	634	<1965	67
5SB-335L-0/10	10912	249	3832	280	11216	17577	21.53	27266	846	4997	357	24679	855	5594	70
5SB-335L-10/20	9079	222	2847	206	10440	16804	15.10	21487	406	4288	269	22942	653	6058	63
5SB-335L-20/30	9785	244	3093	185	12364	15789	20.46	21550	<395	4382	287	22708	721	4796	64
5SB-335L-30/40	9996	229	3060	235	12501	16439	23.30	25795	649	5055	289	24201	658	5237	69
5SB-335L-40/50	9031	217	2620	192	9783	15753	16.09	23506	<395	4243	265	21444	567	3792	63
5SB-705R-0/10	6776	224	2185	314	6717	8764	82.85	15493	937	2978	417	13975	380	4682	122
5SB-705R-10/20	10602	410	5087	451	9909	14890	15.41	23173	1031	4244	752	22128	640	9493	96
5SB-705R-20/30	10967	425	6384	626	10914	14331	19.89	23137	1018	3756	767	20152	812	11426	93
5SB-705R-60/70	6278	219	2143	174	5487	7938	10.56	13723	1021	2405	357	11580	496	4763	47
5SB-705R-130/140	9497	372	3666	451	8377	10567	12.66	17077	748	2414	925	14267	572	6713	68
5SB-705R-170/180	9784	333	4520	455	6461	11909	12.59	15652	870	2747	179	14647	662	5809	81
5SB-705R-210/220	11687	320	3439	413	13819	17486	23.89	25794	913	5272	308	25569	766	6540	89
6SB-220L-0/10	13081	291	3849	304	15179	21646	23.77	36880	974	6122	920	30564	989	4748	80
6SB-220L-10/20	13461	299	3351	275	15445	22290	21.59	35727	991	6525	957	32657	879	5550	83
6SB-220L-20/30	14984	331	2761	224	15818	21167	25.52	37184	1187	7182	847	32860	723	5779	88
6SB-220L-40/50	15407	336	2718	243	17362	22257	26.51	37200	1069	7630	1128	35878	725	5596	90
6SB-220L-50/60	13492	206	2355	178	14585	18354	16.29	29183	856	7367	755	31518	595	2850	84
6SB-415L-0/10	16987	323	2185	326	16276	22581	23.99	40353	<395	6459	898	32226	966	7672	83
6SB-415L-10/20	16218	335	1793	229	16619	21303	27.26	36091	655	6232	984	32044	755	5377	76
6SB-415L-20/30	10887	239	1283	244	13025	15438	24.38	29142	<395	5106	2029	28816	498	2111	61
6SB-415L-80/90	15100	277	1737	373	16047	27416	35.13	44612	712	8120	2008	39097	563	3052	98
6SB-415L-190/200	16289	242	1479	244	19810	25260	31.19	41232	<395	8334	1045	45608	542	4703	111
6SB-135R-0/10	11595	254	3684	302	15362	19491	28.29	33783	846	6192	938	28741	946	4750	74
6SB-135R-10/20	9824	186	2174	151	12902	16695	14.81	27937	<395	5752	621	25354	562	2761	69
6SB-135R-20/30	9227	214	3141	201	13091	17828	18.80	27175	602	4570	733	24708	905	3311	62
6SB-135R-40/50	9416	219	2743	256	15440	19421	17.25	37272	494	5280	701	27259	754	3313	69
6SB-135R-70/80	14601	172	1610	189	17225	20303	24.34	39931	508	8099	551	39615	447	7401	97
7SB-50R-0/10	15212	298	705	247	6171	14126	10.00	29086	<395	2478	256	17386	457	9746	45
7SB-50R-10/20	15201	279	1090	227	8588	15011	8.51	27400	<395	2984	299	20192	455	5923	49

Données brutes - Berges

Échantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
7SB-50R-20/30	11438	266	717	226	14473	16977	15.52	31241	672	5984	1619	27825	413	3603	76
7SB-50R-50/60	12087	243	1082	119	10534	14477	12.18	27489	438	6070	444	26532	330	<1965	77
7SB-50R-80/90	12860	229	1371	173	13301	16215	13.50	31158	<395	6833	528	31354	521	<1965	98
7SB-265L-0/10	12154	218	1085	253	6249	14181	15.18	26907	<395	2691	237	16253	533	19034	47
7SB-265L-10/20	11688	167	<266	220	4124	11943	6.93	25352	<395	1705	141	11748	316	5963	27
7SB-265L-20/30	11421	276	1539	243	7334	15080	19.77	28034	631	2895	242	19549	613	27866	53
7SB-265L-40/50	9791	221	527	319	4405	10136	10.08	19076	<395	1337	114	12536	530	9566	29
7SB-265L-60/70	10568	238	705	147	8200	11318	7.34	20309	<395	3015	269	17860	270	3531	46
7SB-265L-80/90	11084	298	724	137	10090	12655	10.66	23943	<395	3994	375	20545	276	4068	60
7SB-445R-0/10	10715	355	3292	176	8954	14931	14.57	25069	1177	3678	431	19004	761	12671	62
7SB-445R-10/20	12487	408	3138	169	10668	17423	15.54	29509	1188	4563	504	22844	778	11151	74
7SB-445R-20/30	10320	293	3493	214	9042	15362	12.48	25425	981	4085	423	20670	688	11678	70
7SB-445R-40/50	10396	297	2032	139	8016	16883	15.13	26212	737	3784	318	21643	600	5055	54
7SB-445R-50/60	10053	299	2095	115	8246	14791	13.98	24797	648	3754	309	19190	629	5387	55
8SB-65L-0/10	16757	344	2310	384	15510	20017	22.17	35954	1086	5794	1396	30701	927	7624	87
8SB-65L-10/20	9571	250	1731	189	9906	14446	9.43	16674	<395	5288	216	25286	476	3797	60
8SB-65L-20/30	14554	333	2222	336	15349	18994	21.26	33874	890	5515	1129	28371	807	7171	81
8SB-65L-60/70	9380	155	1437	214	10219	13659	11.36	24744	<395	5289	539	24847	451	2012	58
8SB-65L-160/170	22491	613	9863	201	16034	27377	34.97	38331	2828	10154	787	37977	735	4986	86
8SB-65L-200/210	35033	1279	8726	317	21105	39361	44.27	50575	5398	14171	961	54308	659	6895	119
8SB-505L-0/10	9558	203	2047	198	10442	17591	13.98	27011	433	4159	524	22401	749	7071	57
8SB-505L-10/20	9721	195	1615	211	13248	14897	13.09	26183	504	5265	618	27609	552	5689	69
8SB-505L-20/30	8998	209	2469	249	18982	17244	27.85	28728	<395	5621	729	42359	567	4960	63
8SB-505L-50/60	10155	212	3944	233	14395	16376	14.93	26131	<395	6168	868	32140	1524	5461	69
8SB-505L-80/90	10750	237	1713	243	13261	15330	17.59	24928	751	5137	490	27444	573	5639	60
8SB-790L-0/10	17813	543	1435	488	9761	20305	18.31	21164	859	5012	263	30644	1046	5159	115
8SB-790L-10/20	16974	511	2292	786	8630	18040	18.12	18177	870	4550	233	29481	1341	4615	111
8SB-790L-40/50	14772	423	1179	1406	10401	17097	14.89	21699	930	5060	274	27278	617	4646	109
8SB-790L-70/80	14948	316	2407	362	14446	19383	21.49	33823	1073	5354	1231	26869	852	7566	79
8SB-790L-300/310	30729	1005	12461	261	19370	33885	36.73	45971	4399	12539	1028	47691	694	4746	108
8SB-790L-370/380	16404	393	8410	166	13618	20462	20.80	31960	1922	8394	639	30781	652	1899	69
9SB-205L-0/10	12968	308	8419	655	13662	21656	28.60	28378	858	4324	1539	25645	1134	14206	71
9SB-205L-10/20	12306	292	7828	638	12955	20563	28.75	27801	654	4219	1305	24665	1121	12739	69
9SB-205L-20/30	12702	295	7869	503	13737	21389	25.77	27971	840	4488	1228	25629	1210	12154	66
9SB-205L-110/120	11593	243	6349	440	12802	18705	22.06	27232	457	4315	938	25622	976	10315	62
9SB-205L-170/180	21218	358	6052	243	20253	37413	39.14	43299	1896	10184	799	50586	769	7131	88
9SB-245R-0/10	15201	189	1383	204	12725	24442	10.31	38538	<395	5548	432	26572	437	6020	49
9SB-245R-10/20	19474	245	2213	209	20937	27577	12.80	39783	<395	9217	701	41189	597	4084	88
9SB-245R-20/30	17141	230	1719	171	18644	26328	12.82	34034	<395	8534	773	34282	565	4389	72
9SB-245R-100/110	22846	436	2918	272	22977	50772	46.48	52455	1642	12378	923	63466	956	5310	94
9SB-245R-160/170	25057	393	6998	255	22057	38137	43.74	48552	2226	12638	951	52747	930	6300	99
9SB-245R-240/250	21367	370	5584	308	19954	32177	39.77	44274	1715	10162	943	47897	882	6430	91

Données brutes - Berges

Échantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
9SB-385R-0/10	14372	259	1490	160	13433	19759	11.46	33754	<395	5624	476	27811	566	4918	63
9SB-385R-10/20	13558	298	1383	145	15989	19702	13.07	31633	<395	5528	778	26848	499	3891	62
9SB-385R-20/30	13782	295	1937	158	15461	20768	13.64	31633	<395	6053	809	28183	589	3072	64
9SB-385R-50/60	12479	240	1777	166	13280	21274	10.46	32600	<395	5728	475	26417	636	3918	58
9SB-385R-70/80	13537	264	1457	120	13851	23326	10.97	32497	<395	7137	485	26549	448	2855	59
9SB-385R-120/130	14959	293	2098	148	15874	22309	14.46	36583	709	6138	865	26503	753	6720	65
9SB-385R-150/160	15245	307	2024	195	15657	27383	17.66	36320	683	6936	981	31531	800	5269	70

Données brutes - Sols

Echantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
1SO1A-0/10	11333	256	3668	229	10972	15407	17.09	25783	404	5516	636	24319	809	2925	68
1SO1B-0/10	14436	340	3907	273	10274	18063	17.53	27672	795	5711	591	24534	839	7747	72
1SO1C-0/10	13342	277	2096	217	6122	16238	10.20	24618	634	2735	302	15184	526	19773	47
1SO1D-0/10	9065	261	1659	121	3793	9352	5.98	13333	404	1557	181	10667	416	3357	31
1SO1E-0/10	13195	305	5159	318	6751	15943	8.39	16068	968	3654	372	17178	706	17326	77
1SO2A-0/10	14439	348	4473	293	14011	18806	22.23	30497	1104	6528	848	29217	863	5623	82
1SO2B-0/10	14706	367	3654	286	11101	18316	20.23	28655	931	6189	629	25408	823	7408	77
1SO2C-0/10	13719	273	2676	222	6238	14554	10.00	24583	<395	2938	304	15383	644	8800	48
1SO2D-0/10	11489	342	7454	188	7001	11937	9.68	20372	862	2844	276	19289	848	4785	40
1SO2E-0/10	12647	409	7222	406	7327	13642	10.85	21631	904	3302	666	19313	948	7136	66
1SO2F-0/10	11508	275	3409	274	4558	10331	5.94	17811	480	2065	403	10549	774	6097	41
1SO3A-0/10	7956	169	2733	130	8588	10872	8.71	20630	<395	3940	505	21312	485	<1965	55
1SO3B-0/10	15631	381	5179	360	14870	19676	28.60	33425	1348	7013	742	32433	1109	6281	95
1SO3C-0/10	13324	418	2591	244	7120	13266	10.66	23145	1058	2591	472	17493	773	18709	55
2SO1A-0/10	7789	280	9065	701	5997	9668	9.31	22598	441	2122	1675	11851	1105	7646	88
2SO1B-0/10	11645	567	35477	701	8555	13426	16.15	24075	1571	3232	845	21000	1492	8904	74
2SO1C-0/10	13138	310	4271	285	5311	13518	11.53	22676	1028	2193	241	15903	808	8496	52
2SO2A-0/10	10714	387	61322	711	6733	10243	15.92	21207	1367	3709	837	17678	1419	5537	97
2SO2B-0/10	10304	410	11632	407	6653	12240	16.24	21630	1299	3011	509	20291	1678	6253	67
2SO2C-0/10	12727	450	4262	239	7037	12755	16.00	25606	1262	2393	234	22103	811	8379	61
2SO3A-0/10	14283	390	4218	246	7636	13457	9.17	25479	962	2864	297	19605	784	5670	48
2SO3B-0/10	12916	454	5262	748	8477	15784	11.14	24943	1153	3097	1085	17217	1433	5482	96
2SO3C-0/10	5655	301	102727	810	4387	4399	16.48	12955	983	2316	596	15443	1300	9684	68
3SO1A-0/10	16582	394	3709	375	19182	21547	31.49	40632	1384	8351	1111	32264	924	7697	98
3SO1B-0/10	20999	540	3066	326	16548	22431	18.74	40539	1603	7171	1074	29553	879	9440	94
3SO1C-0/10	17010	741	25355	361	10376	16826	25.27	30751	1807	4962	512	30636	2017	15498	97
3SO2A-0/10	18065	385	5195	358	18481	23725	32.30	40345	1418	8075	1257	34500	1247	5858	102
3SO2B-0/10	13841	299	3697	300	14302	18488	22.87	31765	941	6742	824	30831	992	5223	82
3SO2C-0/10	15291	347	2773	260	15737	19086	20.11	31790	1126	7552	711	28205	817	5712	81
3SO3A-0/10	13307	308	4486	357	13935	17631	21.48	29960	1022	6390	782	27749	968	5797	83
3SO3B-0/10	17546	412	3701	315	16932	27226	28.21	40410	1289	7610	943	36017	942	6082	93
3SO3C-0/10	16473	484	8814	201	10768	17283	15.23	30293	1155	4417	465	26839	736	7945	66
4SO1A-0/10	9507	195	2701	223	10463	13754	12.93	24092	602	4568	650	22500	613	3126	66
4SO1B-0/10	12372	254	2504	240	11223	16827	13.16	29236	703	6230	609	25801	744	5170	78
4SO1C-0/10	12701	297	3399	331	10355	15427	15.11	25653	867	5444	770	22994	856	7002	79
4SO2A-0/10	12082	303	944	295	4895	10761	5.71	19211	1092	2522	255	12686	794	11362	50
4SO2B-0/10	15044	330	1707	259	9456	13716	5.81	25550	1004	3831	459	17630	860	9968	63
4SO2C-0/10	11682	222	2104	181	6895	13115	7.49	23817	690	3016	345	15800	632	9848	47
5SO1A-0/10	16862	560	2684	411	12693	20315	16.13	23054	938	4054	1084	21670	1485	18726	81
5SO1B-0/10	15962	488	4278	619	10146	19061	16.79	22074	967	4094	971	21920	1448	14736	88

Données brutes - Sols

Echantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
5SO1C-0/10	16327	381	4113	368	14535	19041	12.91	26217	719	5507	1116	25326	936	11053	89
5SO2A-0/10	16735	644	1990	420	12972	22270	12.44	59971	<395	3622	515	26825	1869	17658	78
5SO2B-0/10	13327	273	2762	376	22378	17775	6.80	57337	399	4012	2733	21909	1016	12807	74
5SO2C-0/10	12219	287	4255	386	20709	17079	10.26	56504	631	4092	1920	24636	1658	18512	68
5SO2D-0/10	10064	244	2637	249	10191	14457	15.61	23994	402	4496	424	23550	639	6013	66
5SO3A-0/10	5758	206	23391	1049	2622	7199	14.62	6119	<395	1221	503	11326	1364	46286	107
5SO3B-0/10	12622	355	15784	1079	9578	17070	21.90	21293	474	3348	1699	19374	1417	29111	82
5SO3C-0/10	14036	330	4029	297	14101	18403	15.17	28868	895	5885	853	23603	760	10732	83
5SO3D-0/10	11785	249	3598	218	11375	16721	14.74	28423	399	5429	544	25429	891	4128	70
6SO1A-0/10	15951	492	1408	327	19907	16058	15.80	30307	709	3724	1070	20494	1013	27621	67
6SO1B-0/10	14324	315	1988	258	10296	16398	17.87	31006	878	4420	595	22006	1091	9491	78
6SO1C-0/10	13797	314	3253	264	15657	19268	21.31	31193	726	6415	951	26426	1273	7019	81
6SO1D-0/10	11222	249	3288	265	14921	16511	20.80	28264	629	6329	952	25926	938	4207	74
6SO2A-0/10	12023	213	865	400	5514	13365	13.82	22198	536	2427	301	17407	1104	46515	61
6SO2B-0/10	15426	230	1007	339	8010	16789	13.58	33920	633	3243	379	19223	1086	13057	73
6SO2C-0/10	15823	329	3031	348	14784	20708	21.94	34000	862	5623	1047	30265	1149	11211	118
6SO2D-0/10	11429	185	3172	201	14475	21176	18.57	29166	<395	6074	761	28105	871	2666	83
6SO3A-0/10	17474	462	4051	655	13778	20456	29.20	32971	1089	4926	1534	26602	1272	20160	118
6SO3B-0/10	16166	263	2034	287	14356	19850	16.50	35266	603	5593	665	28747	1254	10097	101
6SO3C-0/10	16880	312	2825	340	17789	23605	20.97	38549	777	6760	1111	33516	1359	9669	113
6SO3D-0/10	18680	384	5461	457	21899	28662	30.99	48011	1261	8431	1290	45639	1600	11932	136
7SO1A-0/10	11672	455	3186	293	11390	16051	21.15	28511	1053	3783	657	20944	1001	13793	84
7SO1B-0/10	12951	475	3974	281	11374	16624	20.34	31605	1063	4463	853	22724	1060	16596	84
7SO1C-0/10	19375	794	3185	543	17749	21816	27.34	36172	1515	4704	1359	26907	1513	37501	126
7SO2A-0/10	12686	338	1625	254	8577	14152	10.03	24164	1136	3504	394	17384	562	18193	73
7SO2B-0/10	8046	205	2903	470	5896	12113	11.03	17446	658	2496	243	14333	611	8811	44
7SO2C-0/10	11926	186	1238	153	7735	16521	9.91	31977	952	3646	297	19773	439	25874	67
7SO3A-0/10	9732	200	1954	201	10848	13629	11.17	27635	396	4524	697	22230	654	7647	78
7SO3B-0/10	11822	272	1546	204	8222	15237	12.89	29169	397	3274	245	23177	696	37032	68
7SO3C-0/10	9457	200	1985	240	11492	12416	11.94	25657	<395	4529	655	23013	583	5572	85
7SO4A-0/10	12833	350	2598	376	11062	16700	16.38	31287	682	3890	822	20806	804	20063	89
8SO1A-0/10	9556	238	5233	650	9651	14569	19.77	21265	989	3196	1316	17643	1600	20473	88
8SO1B-0/10	13025	280	4536	481	12267	17552	22.72	31637	719	4303	1168	21016	1964	17586	107
8SO1C-0/10	16413	380	5537	343	15961	21386	24.58	36585	1483	6242	998	33807	1062	12458	113
8SO1D-0/10	12354	276	2981	268	13904	21873	19.26	32697	891	5378	761	32150	1055	10720	95
8SO2A-0/10	13366	271	2658	322	14167	21696	18.17	32949	865	5726	814	30910	994	9063	94
8SO2B-0/10	19011	396	5367	521	12754	22879	17.01	34299	1188	4968	1495	26749	1273	14328	119
8SO2C-0/10	13072	313	2899	393	11903	18183	21.83	29100	704	3933	1256	24145	1079	9278	87
8SO2D-0/10	13674	296	4960	321	12281	21422	24.23	28246	1097	6335	657	30585	1354	6566	109
9SO1A-0/10	14602	377	12163	867	14654	21948	17.19	31874	717	3975	2152	25944	1496	17983	125

Données brutes - Sols

Echantillons	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
9SO1B-0/10	20342	535	12943	1147	17705	30005	21.88	34746	1052	5492	2038	32532	1916	21989	154
9SO1C-0/10	13880	246	3413	238	14815	24177	12.09	38808	<395	5751	670	28271	778	9880	74
9SO2A-0/10	15726	364	7465	526	14749	25902	15.03	41634	654	4758	1006	27699	1071	17131	83
9SO2B-0/10	7479	188	13258	789	8486	14248	15.30	17609	337	2751	1209	17095	1132	12448	79
9SO2C-0/10	8434	206	16594	970	8227	17176	21.71	15303	<395	3193	557	20407	1048	24331	88

Données brutes - Sédiments en suspension

Echantillon	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
Site1-SST1-F14	18145	399	12789	453	15166	22894	32.21	34816	2189	8795	1291	36471	1069	9555	162
Site1-SST1-F15	18142	397	8243	452	14284	21483	32.05	31102	1921	7855	1122	34472	949	7661	139
Site1-SST1-S14	16798	303	4760	343	14940	21179	26.10	32205	1298	7667	971	33778	954	9067	104
Site1-SST1-S15	21111	382	9081	536	16205	25544	37.32	37208	2094	8717	1296	38889	1068	10782	144
Site1-SST2-F14	20550	447	11691	515	17144	25190	34.45	37314	2444	8822	1590	38844	1114	9175	185
Site1-SST2-F15	19343	401	6720	497	16286	22097	32.29	35326	1840	8673	1299	36211	1028	9145	133
Site1-SST2-S14	15469	281	4511	318	13429	19977	21.20	32600	1249	6843	843	29303	845	6499	95
Site1-SST2-S15	23051	468	6319	546	19057	30199	60.45	44239	2176	8739	1359	47142	1160	11041	158
Site2-SST1-F14	11687	448	16983	505	12023	18809	32.31	30262	2787	6017	1366	27231	1071	25261	197
Site2-SST1-F15	13717	627	23705	601	14402	21326	47.59	34414	3220	6476	2227	33490	1450	32291	207
Site2-SST1-S14	10802	404	23163	555	13364	16126	32.15	32321	1796	5360	2415	27673	1389	15136	203
Site2-SST1-S15	16763	792	16737	707	16915	30842	61.24	40034	3745	8194	2071	46090	1223	44876	245
Site2-SST2-F14	12469	464	13694	474	12229	19566	34.11	32097	2836	6175	1336	29114	1009	27665	195
Site2-SST2-F15	13692	643	23427	654	14142	20496	41.88	32217	3165	6742	2251	34843	1431	35016	198
SIte2-SST2-S14	8684	323	10726	513	10723	12989	23.22	27232	1247	3697	1231	22316	1136	10798	123
Site2-SST2-S15	19003	843	19108	662	17937	30991	61.03	40137	4374	8822	2375	44974	1229	48975	278
Site3-SST1-F14	12989	250	3758	269	11191	17113	18.93	29780	1113	6235	946	28158	735	4636	93
Site3-SST1-F15	17932	344	5958	440	15241	21422	29.18	32895	1693	7990	1354	36091	871	7526	115
Site3-SST1-S14	14029	268	3586	278	12617	17834	20.46	30909	1038	6517	822	28640	698	5189	93
Site3-SST1-S15	13000	259	3581	321	12114	17080	20.69	28966	1026	6045	892	28149	693	6567	93
Site3-SST2-F14	13057	282	4792	335	12229	17354	19.94	28434	1370	6911	1300	28263	695	7699	103
Site3-SST2-F15	12563	260	4813	345	11506	15362	26.95	27149	948	6262	1100	30759	793	6519	106
SIte3-SST2-S14	15297	292	3809	323	14297	19400	23.14	30789	1073	7234	1089	31897	766	6379	101
Site3-SST2-S15	16909	339	4393	399	14455	21420	29.09	32795	1333	7482	1190	35222	871	7365	112
Site4-SST1-F14	20520	449	5565	549	17130	24446	33.67	37107	2033	8939	1790	38542	1148	10256	139
Site4-SST1-F15	15651	327	4651	435	14571	20046	42.57	30549	1223	7289	1203	43371	1064	9670	121
Site4-SST1-S14	15662	295	4753	428	14817	21403	25.86	30411	1162	6948	1267	31183	1019	7782	98
Site4-SST1-S15	18825	357	5226	482	15805	23754	29.40	35473	1551	7866	1368	34086	1228	10076	118
Site4-SST2-F14	20726	448	5730	463	17303	25137	35.31	36834	2013	9103	1818	39611	1106	10533	144
Site4-SST2-F15	16401	365	5029	434	14808	20029	26.65	31198	1429	7268	1300	30865	1029	8976	112
Site4-SST2-S15	14533	275	4191	365	13212	19331	22.55	32544	1138	6406	950	28436	1027	7163	96
Site5-SST1-F14	21242	459	5520	461	18279	25362	33.90	38519	2120	8855	1785	40074	1104	10788	138
Site5-SST1-F15	18211	399	5269	555	16606	21840	31.37	35326	1675	8433	1490	35686	1031	10350	126
Site5-SST1-S14	15614	294	4222	364	14364	21136	24.77	29477	1161	7143	1054	30909	900	7002	102
Site5-SST1-S15	17615	328	4222	438	14878	22816	26.46	32249	1460	7185	1220	32992	939	7220	109
Site5-SST2-F14	19255	397	4715	461	15794	23358	28.71	33364	1896	8336	1432	35244	966	8042	124
Site5-SST2-F15	16177	308	3953	415	14811	19383	24.74	31234	1126	7690	1169	31983	869	6727	112
Site5-SST2-S14	14888	291	4285	306	13593	19943	22.35	33324	1157	6687	940	30040	888	5950	94
Site5-SST2-S15	15887	298	4249	330	13722	20618	22.21	30278	1330	6793	980	29734	1020	6257	100
Site6-SST1-F14	19983	376	7908	441	17490	25387	30.60	37238	1693	9693	1456	39226	1079	8030	125

Données brutes - Sédiments en suspension

Echantillon	Al (ppm)	Be (ppb)	Ca (ppm)	Cd (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppb)	P (ppm)	Pb (ppb)	Zn (ppm)
Site6-SST1-F15	18390	357	5274	453	17570	24734	33.75	36275	1283	8575	1394	36693	1139	8065	119
Site6-SST1-S14	14530	259	4474	293	14781	20456	23.93	33054	1019	7048	1051	30165	976	5717	86
Site6-SST1-S15	16120	276	4594	362	14883	21584	25.93	31510	1255	7396	1092	31920	1116	7301	102
Site6-SST2-F14	21507	407	6208	477	18663	26419	35.69	39343	1914	10051	1599	42708	1068	9254	136
Site6-SST2-F15	14613	270	5035	371	14189	20670	23.90	29960	948	6977	1083	30705	1163	6506	97
Site6-SST2-S14	19135	328	5014	419	17822	27845	29.51	35691	1521	8994	1110	39977	1068	7646	115
Site6-SST2-S15	19079	351	5014	480	17209	25356	31.24	36226	1669	8072	1308	36791	1122	7889	114
Site7-SST1-F14	20581	526	7178	605	16407	21459	37.62	35907	2457	7790	2212	35076	1201	14176	173
Site7-SST1-S14	12280	277	3629	396	10046	13651	17.09	26326	1155	5079	746	22337	879	10345	89
Site7-SST1-F15	13977	201	1912	226	15886	12932	14.60	29580	529	7572	819	37688	479	4743	117
Site7-SST1-S15	18825	426	4469	972	13284	18997	31.23	31427	1754	6818	1700	38183	1072	11996	126
Site7-SST2-F14	19151	464	8145	628	15593	20860	36.80	34593	2201	7887	2137	32651	1139	13426	167
Site7-SST2-F15	16097	286	3319	323	16336	20874	14.49	38693	914	8384	1041	36757	755	5474	140
Site7-SST2-S14	12040	275	4022	340	10847	14091	19.43	27778	994	4936	815	23455	924	8212	95
Site7-SST2-S15	13194	271	3630	314	10446	15211	17.89	29229	1079	5041	785	22497	966	7893	89
Site8-SST1-F14	18023	360	4487	401	15479	23479	26.06	32873	1783	8216	1341	36839	956	8024	111
Site8-SST1-F15	15932	250	2349	247	14817	19223	15.07	35411	886	8085	861	33849	576	1886	116
Site8-SST1-S15	17960	333	5536	475	16136	23416	26.40	35422	1570	7790	1320	35773	1069	8914	111
Site8-SST2-F14	15371	269	3926	320	12789	20051	19.89	32657	1239	7527	1037	30714	860	6036	92
Site8-SST2-F15	12960	258	2641	276	13961	21470	16.72	31816	943	6961	928	33824	651	<1965	97
Site8-SST2-S14	13761	249	4186	264	13060	18735	21.94	32593	1178	6108	888	28741	984	5996	83
Site8-SST2-S15	13983	274	3967	271	12680	18606	21.08	32742	1258	6190	812	28703	975	6330	83
Site9-SST1-F14	19314	314	4596	507	17806	24811	27.54	38274	1563	9099	1539	39800	1050	7253	126
Site9-SST1-F15	14610	237	2702	301	15195	18830	18.55	33245	732	7207	1226	32128	588	5981	89
Site9-SST1-S14	9938	193	3878	317	12159	12585	17.95	25631	<395	4800	1172	25523	818	8246	79
Site9-SST1-S15	12206	208	3877	281	12754	16554	18.46	33269	822	5704	822	26726	1004	5248	86
Site9-SST2-F14	17349	316	5284	459	17326	22863	25.03	36560	1333	8403	1458	38069	1129	6699	124
Site9-SST2-F15	15363	273	3661	370	16182	21682	38.64	36016	954	6782	1473	34636	855	6322	99
Site9-SST2-S14	15416	257	4733	455	15309	20334	34.11	32159	1007	6850	1253	31881	1041	7735	108
Site9-SST2-S15	12743	224	4093	352	13600	17011	20.40	31423	950	5904	1046	26463	1107	6282	91

Annexe D Diagrammes à moustaches

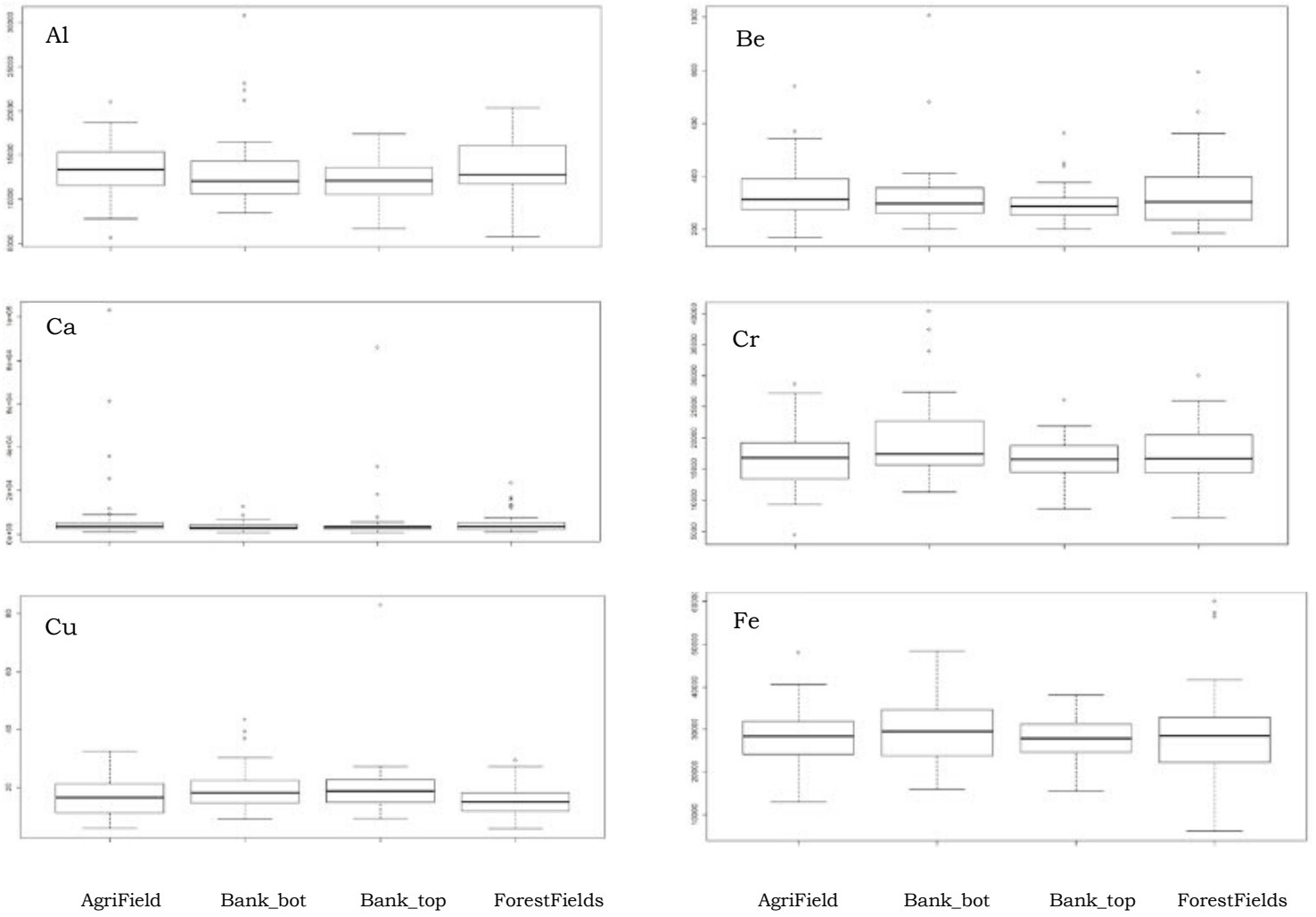


Figure D.1 Concentrations en Al, Be, Ca, Cr, Cu et Fe

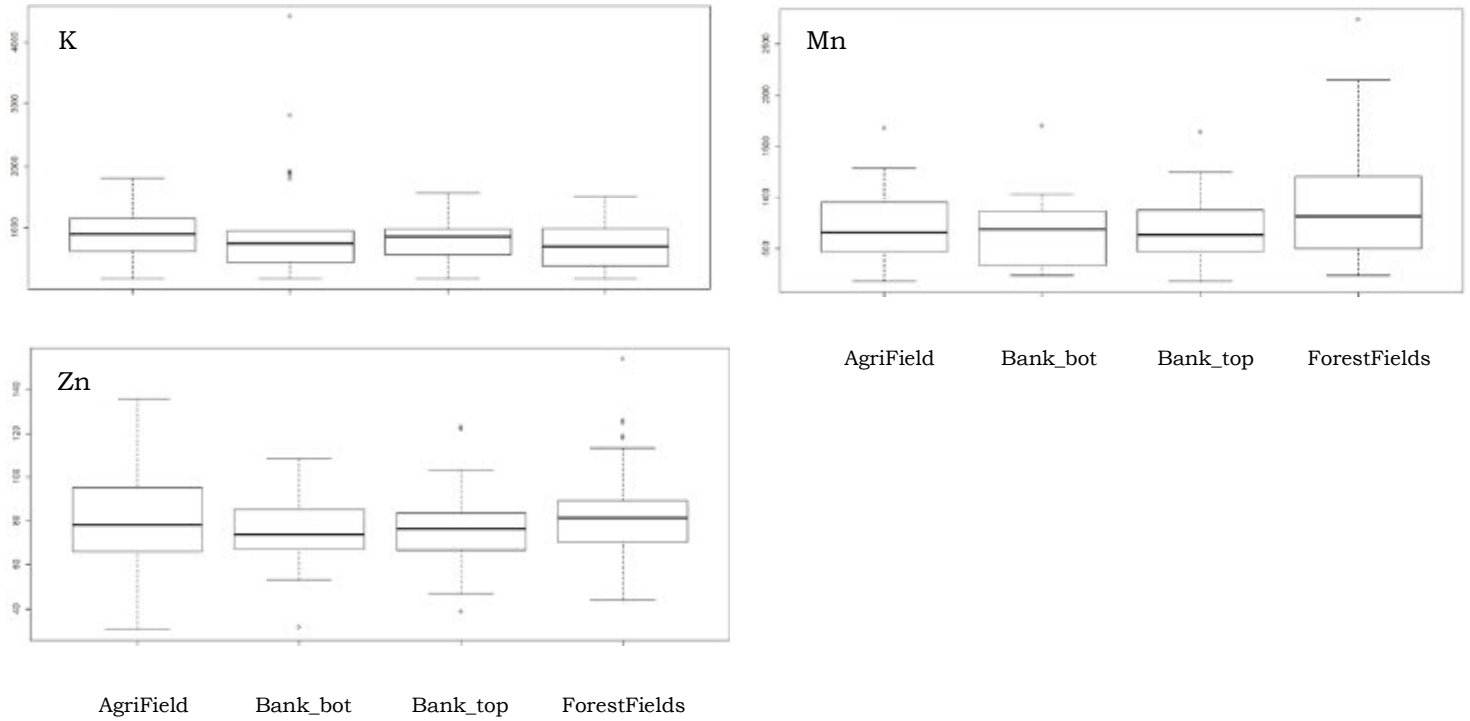


Figure D.2 Concentrations en K, Mn et Zn

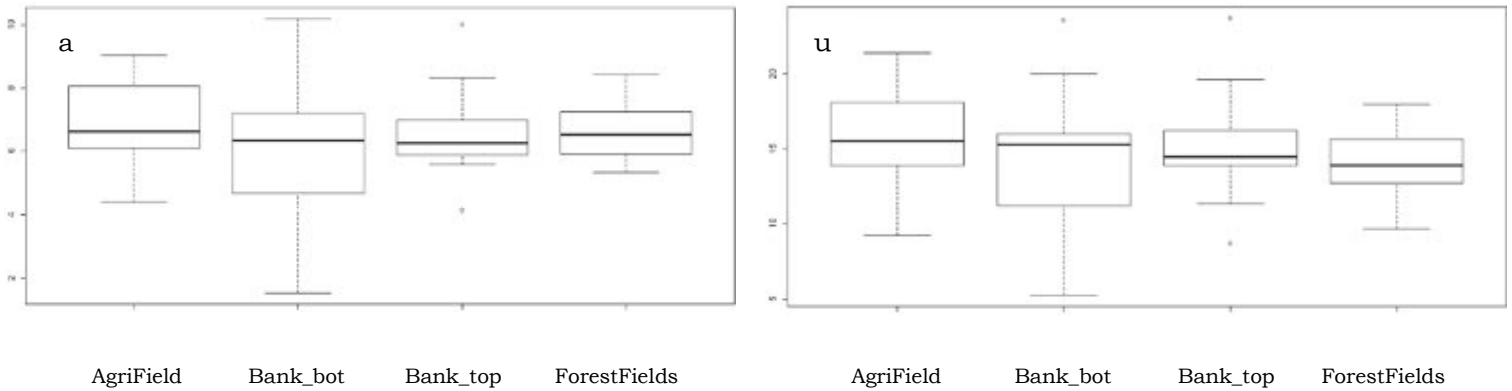


Figure D.3 Distribution des coefficients de couleur « a » et « u »

Annexe E Analyses statistiques

Traceur	P-value	
[1,]	CS137	1.88E-13
[2,]	Cd_.ppb.	2.29E-05
[3,]	Cu_.ppm.	0.016683559
[4,]	Mg_.ppm.	0.001948829
[5,]	Ni_.ppb.	0.027095775
[6,]	P_.ppm.	6.17E-06
[7,]	Pb_.ppb.	5.79E-13
[8,]	x	0.007796245
[9,]	y	8.54E-11
[10,]	X2	1.42E-12
[11,]	Y2	1.25E-12
[12,]	Z	1.30E-11
[13,]	L	1.51E-12
[14,]	b	0.000149263
[15,]	v	1.07E-07
[16,]	c	0.001130543
[17,]	h	4.57E-12
[18,]	RI	8.33E-12
[19,]	R	3.45E-11
[20,]	G	1.00E-12
[21,]	B2	4.45E-12

Étape 1								
ratio var inter/intra								
8.789836	5.617523	3.134787						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	3.35E-01	0.26859346	-0.5692901		0.21809248	0.07144586	0.04713722	0.336675561
Cd_.ppb.	8.78E-02	0.06675153	0.2816648		0.057158995	0.017755907	0.023321845	0.098236748
Cu_.ppm.	-3.93E-01	-0.01879501	-0.5719598		0.255849382	0.004999473	0.047358271	0.308207126
Mg_.ppm.	7.48E-01	0.71798923	1.6583893		0.487025512	0.190985135	0.137314634	0.815325281
Ni_.ppb.	-1.00E-01	-1.06103618	-1.4591811		0.065199381	0.282235624	0.120820195	0.4682552
P_.ppm.	-9.46E-03	0.79374512	0.5158579		0.006162537	0.211136202	0.042713034	0.260011773
Pb_.ppb.	4.98E-01	-0.29335592	0.6404037		0.324379847	0.078032675	0.053025426	0.455437948
x	-4.56E+00	-9.83310994	-3.2468565		2.968064757	2.615607244	0.268839718	5.852511719
y	-9.58E-01	-6.71271418	-9.8477899		0.624022949	1.785581972	0.815397004	3.225001925
X2	-1.54E+02	34.5974617	227.7004392		100.1407546	9.202924812	18.85359637	128.1972757
Y2	2.75E+02	18.95956456	-497.1034176		179.138608	5.043244173	41.16016298	225.3420152
Z	1.48E+01	59.19847716	36.1237914		9.66484992	15.74679492	2.991049928	28.40269477
L	3.77E+00	-16.94607257	-6.4550451		2.456874059	4.507655304	0.534477734	7.499007097
b	-1.71E+01	8.52563501	11.3533897		11.11968282	2.267818913	0.940060667	14.3275624
v	3.73E+00	39.41120052	26.5268864		2.428816456	10.48337934	2.196426194	15.10862199
c	2.17E+01	-10.97885817	-16.6189027		14.11569773	2.920376273	1.376045144	18.41211914
h	-1.12E+00	0.51421338	2.5437687		0.732435898	0.136780759	0.210624048	1.079840705
RI	2.78E-01	0.87409835	0.165157		0.18102012	0.232510161	0.013675	0.427205281
R	5.60E-01	-0.54446489	-3.1403548		0.364438545	0.144827661	0.260021377	0.769287583
G	-1.14E+02	-103.1806377	226.8343853		74.52762592	27.44604961	18.7818871	120.7555626
B2	-3.04E+01	-14.53730525	6.0725434		19.82879906	3.866923197	0.502806594	24.19852885
							min	0.098236748
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.6512	0.266	0.0828		91.72				

Étape 2: Cd enlevé								
ratio var inter/intra								
8.782203	5.614708	3.106453						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.34823417	2.80E-01	-0.5288944		0.227048679	0.074697019	0.043157783	0.34490348
Cu_.ppm.	-0.3798646	-8.81E-03	-0.537869		0.247671719	0.002347553	0.04389011	0.293909383
Mg_.ppm.	0.72069968	6.97E-01	1.5986526		0.469896191	0.185812568	0.130450052	0.786158811
Ni_.ppb.	-0.07777175	-1.04E+00	-1.4136508		0.050707181	0.278119667	0.115353905	0.444180753
P_.ppm.	0.01738458	8.14E-01	0.6166308		0.011334746	0.217031257	0.050317073	0.278683077
Pb_.ppb.	0.48699652	-3.02E-01	0.6108083		0.317521731	0.080536034	0.049841957	0.447899722
x	-4.52929373	-9.83E+00	-3.2989635		2.953099512	2.618650587	0.269195422	5.84094552
y	-0.57437401	-6.42E+00	-8.7782953		0.374491855	1.710428714	0.716308896	2.801229465
X2	-165.8032423	2.50E+01	190.9681155		108.103714	6.656479765	15.58299822	130.343192
Y2	297.9981152	3.74E+01	-427.1545999		194.2947711	9.978285005	34.85581535	239.1288715
Z	14.32158662	5.89E+01	35.4524694		9.337674476	15.68370622	2.892921503	27.9143022
L	3.92740282	-1.68E+01	-6.1693221		2.560666639	4.486428895	0.503416683	7.550512217
b	-18.0812417	7.73E+00	8.227483		11.78896959	2.0603656	0.671362613	14.5206978
v	2.52142784	3.85E+01	23.278426		1.643970952	10.2636079	1.899519562	13.80709841
c	23.18345416	-9.79E+00	-11.9272738		15.11561211	2.609776137	0.973265542	18.69865379
h	-1.22152962	4.36E-01	2.2590633		0.796437312	0.11627904	0.184339565	1.097055918
RI	0.28913092	8.84E-01	0.2124623		0.18851336	0.235538376	0.017336924	0.44138866
R	0.66023673	-4.64E-01	-2.8525836		0.430474348	0.123609496	0.232770822	0.786854665
G	-122.9813925	-1.10E+02	200.3377273		80.1838679	29.3825844	16.34755855	125.9140108
B2	-32.15703099	-1.59E+01	0.3379137		20.96638421	4.238909025	0.027573758	25.23286699
							min	0.278683077
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.652	0.2665	0.0816		91.85				

Étape 3: P enlevé								
ratio var inter/intra								
8.781829	5.013272	2.818048						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.34877218	0.4277136	-0.409027		0.244105649	0.097561472	0.029490847	0.371157968
Cu_.ppm.	-0.37840536	0.11249231	-0.5122186		0.264845911	0.025659496	0.036930961	0.327436368
Mg_.ppm.	0.7114293	0.23130356	1.5525355		0.497929367	0.052760342	0.11193781	0.662627519
Ni_.ppb.	-0.06094491	-0.25516578	-1.0414809		0.042655343	0.058203314	0.075090773	0.17594943
Pb_.ppb.	0.48789201	-0.37718647	0.5835166		0.341475618	0.086036234	0.042071547	0.469583398
x	-4.43485488	-6.82487485	-2.7439912		3.103954931	1.556753953	0.197841766	4.858550649
y	-0.48586712	-2.4025985	-7.4526168		0.340058397	0.548032718	0.537333671	1.425424786
X2	-166.5467289	-26.66455611	177.5784706		116.5660556	6.082185249	12.80340773	135.4516486
Y2	299.8592762	187.7799634	-336.8150855		209.8715074	42.83260965	24.28436766	276.9884847
Z	14.29051498	69.49967705	67.8809301		10.00193143	15.85287634	4.89421506	30.74902283
L	3.99674428	-16.7726306	-11.1148544		2.797321322	3.82583704	0.801381002	7.424539364
b	-18.11569947	7.03166791	10.8811583		12.67917806	1.60392345	0.784531513	15.06763302
v	2.26429752	32.16346313	29.4119028		1.584781834	7.33648594	2.120598192	11.04186597
c	23.17564716	-11.66733448	-18.7331862		16.22063545	2.661318995	1.350662725	20.23261717
h	-1.22700048	0.05205813	2.3877231		0.858777636	0.011874459	0.172154836	1.042806931
RI	0.28572656	0.90547449	0.4764243		0.199980019	0.206538731	0.034350192	0.440868943
R	0.65597519	-0.58695877	-3.6845108		0.459117035	0.133885295	0.265653229	0.85865556
G	-123.5765956	-189.0477206	127.9556896		86.49125925	43.12178507	9.22560522	138.8386495
B2	-32.57562354	-43.67844598	-34.5846356		22.79967892	9.963053528	2.493552227	35.25628467
							min	0.17594943
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.6999	0.2281	0.0721		92.8				

Étape 4: Ni enlevé								
ratio var inter/intra								
8.780146	4.996982	2.651215						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.3569921	0.46803369	-0.2617199		0.252286317	0.107132912	0.016854762	0.37627399
Cu_.ppm.	-0.3806338	0.10835145	-0.5883847		0.268993906	0.024801647	0.037891975	0.331687528
Mg_.ppm.	0.6504762	-0.02781506	0.5515921		0.459691531	0.006366867	0.035522531	0.501580929
Pb_.ppb.	0.4757387	-0.43348771	0.3827529		0.336204539	0.099225337	0.024649287	0.460079163
x	-4.4287052	-6.8232074	-3.2413196		3.129765965	1.561832174	0.208740982	4.900339121
y	-0.5365385	-2.55402511	-9.1052438		0.379171758	0.584616348	0.586377701	1.550165806
X2	-166.7955188	-29.75156965	184.3411066		117.8743931	6.810134293	11.87156727	136.5560947
Y2	301.3216283	198.4723378	-323.5677132		212.9439947	45.43031812	20.83776073	279.2120736
Z	14.6482292	70.76668442	83.7080786		10.35190358	16.19849406	5.390800262	31.9411979
L	3.8186173	-17.48835079	-16.209069		2.698616846	4.003083496	1.043864044	7.745564385
b	-18.0062029	7.38955867	14.0712965		12.72498359	1.69146998	0.906191495	15.32264506
v	2.5663262	33.31522038	39.1077833		1.81622726	7.625853945	2.518541245	11.95801792
c	22.9132264	-12.59276571	-25.6132823		16.1927771	2.882484071	1.64949538	20.72475655
h	-1.2253299	0.03497391	2.599544		0.86594064	0.008005528	0.167410634	1.041356802
RI	0.2741553	0.86013039	0.3492448		0.193745551	0.196883846	0.022491365	0.413120762
R	0.6999168	-0.37700131	-3.1780924		0.494631203	0.0862956	0.204669151	0.785595953
G	-124.9797903	-197.2871451	100.4905607		88.32321781	45.15902751	6.471592109	139.9538374
B2	-32.7204768	-44.26217242	-42.5246358		23.12356095	10.13161127	2.738586546	35.99375877
							min	0.331687528
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.7067	0.2289	0.0644		93.56				

Étape 5: Cu enlevé								
ratio var inter/intra								
8.386034	4.977769	2.309481						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.4839849	0.42146796	-0.06687273		0.338886227	0.103976146	0.003550942	0.446413315
Mg_.ppm.	0.4298674	0.02636869	0.28907997		0.300993153	0.006505156	0.015350146	0.322848456
Pb_.ppb.	0.3401943	-0.40475185	0.2757118		0.238204049	0.099852281	0.014640297	0.352696627
x	-4.7449349	-6.70154061	-4.25643659		3.322403417	1.653270068	0.226016783	5.201690268
y	-0.1539628	-2.77987925	-9.78708812		0.107804753	0.685796211	0.519694379	1.313295343
X2	-187.9770553	-17.11354917	161.104241		131.6215341	4.22191258	8.554635196	144.3980819
Y2	342.9585999	175.8245967	-286.7705583		240.1396116	43.375928	15.22751665	298.7430563
Z	16.4328178	71.37067387	96.93064937		11.50625902	17.60714524	5.147017482	34.26042175
L	3.7103335	-17.87930474	-17.26632781		2.597975517	4.410824479	0.916842007	7.925642003
b	-17.504574	7.94041003	14.98385691		12.25670271	1.958899154	0.795642802	15.01124467
v	0.9123978	34.44590763	39.97018767		0.63886094	8.497805412	2.122416965	11.25908332
c	23.8650251	-13.87781638	-24.74140139		16.71029058	3.423657301	1.313768414	21.44771629
h	-1.4126352	0.15386419	2.56357		0.989127167	0.037958296	0.136125567	1.16321103
RI	0.2073209	0.88306447	0.22933172		0.145166094	0.217852005	0.012177514	0.375195613
R	0.8092495	-0.46840268	-3.41902713		0.5666365	0.115554941	0.181550341	0.863741782
G	-141.646044	-189.3189384	91.10978797		99.18056001	46.7049821	4.837929741	150.7234719
B2	-38.0829213	-42.64722992	-59.77472928		26.66566149	10.52107162	3.174038125	40.36077124
							min	0.322848456
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.7002	0.2467	0.0531		94.69				

Étape 6: Mg enlevé								
ratio var inter/intra								
8.117783	4.977119	2.273822						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.53441862	0.4270552	-0.01714721		0.367466243	0.110393769	0.000924235	0.478784247
Pb_.ppb.	0.37301406	-0.401364	0.31099346		0.256484468	0.103752594	0.016762547	0.376999609
x	-6.31091063	-6.8245059	-5.6101264		4.339382149	1.764134775	0.302385813	6.405902737
y	0.73301375	-2.7180981	-9.3540677		0.504020255	0.702628359	0.504184249	1.710832862
X2	-237.9510357	-21.3023646	123.4205999		163.6151322	5.506661249	6.652370335	175.7741637
Y2	435.160881	183.5705737	-216.3903045		299.2166218	47.4529933	11.66343741	358.3330525
Z	18.99794726	71.5791863	101.3463148		13.06298854	18.50321966	5.462566368	37.02877456
L	1.35656058	-18.0126802	-19.25421006		0.932771055	4.656277832	1.037801922	6.626850809
b	-25.71780316	7.3201701	8.99173128		17.68356145	1.892263971	0.484654316	20.06047974
v	0.63527146	34.4201011	40.71222367		0.436812656	8.897596134	2.194388856	11.52879765
c	34.51421613	-13.0666295	-17.05745876		23.73197501	3.377723726	0.919397027	28.02909576
h	-1.77655327	0.1225041	2.31495108		1.221558028	0.03166731	0.124775863	1.378001202
RI	0.07533059	0.8754692	0.14977827		0.051797314	0.226308788	0.008073049	0.286179151
R	1.36677662	-0.4266719	-3.06596579		0.939795604	0.110294686	0.165255556	1.215345846
G	-180.4657608	-192.5844179	60.39680088		124.0882571	49.78307203	3.255387567	177.1267167
B2	-43.30031038	-43.1365437	-65.81850254		29.77329342	11.15079655	3.547617287	44.47170725
							min	0.286179151
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.6876	0.2585	0.0539		94.61				

Étape 7: RI enlevé								
ratio var inter/intra								
8.116901	4.902233	2.272789						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.542661	0.5419229	4.57E-03		0.376009807	0.136998109	0.000248308	0.513256224
Pb_.ppb.	0.3647076	-0.5138509	2.90E-01		0.252705896	0.129901508	0.015735966	0.39834337
x	-6.3936261	-8.0594151	-5.86E+00		4.430143525	2.037420137	0.318011968	6.78557563
y	0.3496106	-7.4035837	-1.02E+01		0.242245185	1.871625959	0.553465782	2.667336926
X2	-236.8592806	-9.6988256	1.26E+02		164.1197955	2.451863112	6.81504096	173.3866996
Y2	434.8304504	187.2055925	-2.15E+02		301.2940191	47.32557378	11.68865601	360.3082489
Z	20.3142311	89.746103	1.05E+02		14.07573073	22.68781484	5.69526636	42.45881193
L	0.6510401	-27.0690354	-2.09E+01		0.451105685	6.843052149	1.136367051	8.430524885
b	-25.3840837	11.4926024	9.76E+00		17.5886316	2.905329887	0.53020806	21.02416954
v	2.0372116	52.3769972	4.40E+01		1.411583918	13.24090489	2.390609085	17.04309789
c	33.6530379	-23.7349313	-1.90E+01		23.31818996	6.000190633	1.031654931	30.35003552
h	-1.7125744	0.8878364	2.45E+00		1.186642802	0.224445042	0.133119925	1.544207769
R	1.2939773	-1.3085876	-3.22E+00		0.896596871	0.330810945	0.175099472	1.402507289
G	-181.9202707	-217.0870546	5.54E+01		126.0525556	54.8796074	3.00867612	183.9408391
B2	-43.7363314	-49.879333	-6.72E+01		30.30490403	12.60949538	3.649529064	46.56392847
							min	0.39834337
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.6929	0.2528	0.0543		94.57				

Étape 8: Pb enlevé								
ratio var inter/intra								
8.014927	4.770595	2.252318						
Coefficients	of	linear	discriminants:					
	LD1	LD2	LD3		LD1 pondérée	LD2 pondérée	LD3 pondérée	somme
CS137	0.8818838	0.03377657	0.285309		0.615290327	0.008349568	0.015720526	0.639360421
x	-7.7107801	-6.30281133	-6.710471		5.379811276	1.558054961	0.369746952	7.307613189
y	0.5693425	-8.25707157	-9.653662		0.397230262	2.041148092	0.531916776	2.970295131
X2	-261.104289	37.16267727	102.294315		182.1724624	9.186613821	5.636416757	196.995493
Y2	484.4266251	103.5466457	-178.040753		337.9844563	25.59673081	9.81004549	373.3912326
Z	25.7048607	86.67242507	105.75		17.93428131	21.42542348	5.826825	45.18652979
L	-0.6530486	-26.84059186	-20.692971		0.455632008	6.634994308	1.140182702	8.230809018
b	-29.7940309	20.00281054	4.855941		20.78729536	4.944694765	0.267562349	25.99955247
v	3.1189678	54.02645828	42.355552		2.176103834	13.35534049	2.333790915	17.86523524
c	39.4577189	-35.49580226	-12.084273		27.52965048	8.774562319	0.665843442	36.97005624
h	-1.8630422	1.25530146	2.264946		1.299844543	0.310310521	0.124798525	1.734953588
R	1.3755955	-1.58373578	-3.088768		0.95975298	0.391499485	0.170191117	1.521443582
G	-206.7663684	-184.2763914	44.086282		144.2608952	45.55312394	2.429154138	192.2431733
B2	-49.9002841	-42.07227792	-71.085771		34.81542822	10.4002671	3.916825982	49.1325213
							min	0.639360421
Proportion	of	trace:						
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2				
0.6977	0.2472	0.0551		94.49				

Étape 9: Cs enlevé						
ratio var inter/intra						
7.213323	4.769658	2.223836				
Coefficients	of	linear	discriminants:			
	LD1	LD2	LD3			
x	-0.1851255	-6.016719	-4.386423			
y	-0.758095	-8.31367	-10.321849			
X2	-125.8948586	40.951026	142.998411			
Y2	159.90083	93.006883	-279.764692			
Z	-7.3830993	85.309984	96.70117			
L	8.8325365	-26.386075	-17.669163			
b	-12.0056333	20.561091	10.373482			
v	-3.2174834	53.750508	41.112712			
c	14.2212857	-36.317526	-20.15894			
h	-1.1540065	1.269435	2.489663			
R	4.000466	-1.440515	-2.107176			
G	-26.6214473	-177.798086	101.6627			
B2	-11.1891254	-40.690867	-60.199116			
Proportion	of	trace:				
LD1	LD2	LD3		total LD1 et LD2		
0.6526	0.2853	0.062		93.79		
*** trop de baisse de somme LD et ratios						

Annexe F Fichiers MixSiar

Discrimination Site 1

source	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 2

sources	MeanCS137	SDCS137	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 3

source	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 4

source	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 5

source	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 6

source	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 7

sources	MeanCS137	SDCS137	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 8

source	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agrifield	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Discrimination Site 9

sources	MeanCS137	SDCS137	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2
bank_top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bank_bot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forestfields	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mix Site 1

year	season	site	CS	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	1	1.9	0.4863	0.4148	26.3282	22.46	5.3569	54.5108	14.797	6.1537	15.7666	69.804	67.3606	56.4783	42.9768

Mix Site 2

year	season	site	CS137	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	2	0	0.4969	0.4134	17.2455	14.349	3.1136	44.729	15.5941	5.6908	17.0583	66.0882	46.7986	35.5184	25.3871
2015	SPRING	2	2.885	0.4914	0.414	22.4904	18.9647	4.3429	50.5552	15.3952	6.0272	16.6458	67.7119	59.3509	47.3331	35.0869

Mix Site 3

year	season	site	CS	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	3	1.655	0.4888	0.4148	23.9625	20.3407	4.7276	52.1416	15.2047	6.1555	16.265	69.1991	62.3285	51.0237	38.16
2015	SPRING	3	0.825	0.4864	0.4145	24.6453	21.0037	5.0213	52.9524	14.3859	5.9156	15.374	69.3477	63.963	52.7635	40.2123

Mix Site 4

year	season	site	CS	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	4	3.28	0.4849	0.4146	24.6149	21.0474	5.1035	53.0011	13.8995	5.7827	14.8029	69.8829	63.3744	52.9582	40.8058
2015	SPRING	4	6.455	0.486	0.415	23.9383	20.4452	4.877	52.3363	14.3331	5.9352	15.2328	70.2088	61.7792	51.4504	39.1661

Mix Site 5

year	season	site	CS	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	5	3.92	0.4846	0.4142	24.0711	20.5754	5.0259	52.4816	13.5389	5.6022	14.463	69.4075	61.9431	51.7343	39.9907
2015	SPRING	5	4.05	0.4856	0.4151	25.2904	21.6197	5.1674	53.6211	14.5317	6.0727	15.4213	70.4438	65.0156	54.4432	41.5223

Mix Site 6

year	season	site	CS	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	6	3.805	0.4838	0.4146	24.5907	21.0741	5.1636	53.0298	13.5378	5.6768	14.3855	70.2329	62.535	53.0962	41.1055
2015	SPRING	6	6.215	0.4852	0.4155	25.0336	21.4358	5.1206	53.4232	14.5096	6.1016	15.3398	71.0629	63.9068	54.0548	41.2113

Mix Site 7

year	season	site	CS137	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	7	2.64	0.4826	0.414	24.7869	21.2656	5.314	53.2352	12.8878	5.4101	13.743	69.6858	63.537	53.5408	42.1235
2015	SPRING	7	7.015	0.4895	0.4146	22.7116	19.2333	4.4492	50.9579	15.0767	6.0225	16.1854	68.6701	60.5726	48.1717	35.7905

Mix Site 8

season	site	CS	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
FALL	8	1.565	0.4818	0.4141	25.3832	21.8184	5.4858	53.826	12.7762	5.4168	13.5855	70.1237	63.8972	55.0128	43.4612
SPRING	8	3.885	0.4825	0.4149	25.2227	21.6903	5.3641	53.681	13.3512	5.6876	14.1127	71.1139	63.6679	54.7658	42.798

Mix Site 9

year	season	site	CS137	x	y	X2	Y2	Z	L	b	v	c	h	R	G	B2
2015	FALL	9	2.38	0.482	0.4145	24.0397	20.6714	5.1593	52.5868	12.8071	5.4201	13.5741	70.6474	60.9214	52.1572	40.9978
2015	SPRING	9	3.91	0.48103898	0.41486479	26.0372356	22.4581758	5.63756206	54.4980905	12.966149	5.60247875	13.6663528	71.6129578	65.4842	56.7808	44.81695

Sources Site 1

source	site	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	1	2.20472222	0.48206755	0.48892227	0.00190733	0.41512614	0.00023071	24.2781103	1.1806537	20.61647	1.06887817	4.76795811	0.35347271	52.5007901	1.19529715	15.450259	0.50174175	6.28095864	0.10860087	16.4880788	0.55570855	69.5742026	0.2539641	62.97455	2.54920352	51.7519361	2.77215764	38.5817611	2.57875242	10
agrifield	1	4.28272727	2.45524374	0.49755963	0.00773433	0.41456601	0.0008348	22.3879234	3.28995418	18.6747394	2.8721981	3.97369183	0.79725566	50.1316041	3.5795333	17.7669743	2.68910063	6.71562559	0.83651084	19.2337552	3.00338439	67.6561542	1.69918691	61.6718546	8.04063198	46.4497	7.3678783	32.5045273	6.26912416	11
banktop	3	2.11444444	0.41852032	0.48970274	0.0009743	0.41481033	0.00021298	24.9184776	0.69347287	21.1085978	0.60200579	4.85956578	0.14126382	53.0589569	0.6547912	15.720078	0.41412663	6.35096312	0.16304606	16.8422606	0.44608142	68.9745119	0.34263311	65.5159222	1.5903807	52.88285	1.56297621	39.3016806	1.11419208	10
bankbot	3	4.987	4.39909593	0.4902106	0.00254703	0.41545111	0.00012102	27.6604121	1.08269721	23.4458438	1.01772299	5.32772526	0.35130913	55.5145991	1.03889747	16.7601216	0.75325697	6.86961263	0.19017064	17.8717558	0.87729952	69.7234645	0.75152569	72.09068	2.12845992	58.87268	2.71377775	43.18392	2.60045799	6
agrifield	3	4.08333333	1.95286328	0.49427968	0.00611273	0.4155872	0.00061384	26.5275395	2.49553865	22.2977084	2.00260489	4.82292011	0.40950453	54.2858422	2.09599388	18.1505748	2.85137108	7.20847045	0.94311727	19.4283578	3.10915139	69.1714576	0.70530856	70.6929111	7.30326033	55.7813333	4.99638821	39.4986444	3.26829049	9
banktop	4	1.9445	0.31371683	0.49129829	0.0047918	0.41452724	0.00039615	24.5784133	1.22553873	20.7443197	1.17771493	4.71975571	0.44997972	52.6405569	1.29160579	16.0741478	1.36179955	6.39007919	0.2991877	17.3022358	1.63283147	68.4031193	1.31799411	65.4630583	2.6388117	51.8692983	3.15268419	38.15746	3.4271999	11
bankbot	4	1.94	2.74357431	0.49223194	0.00151165	0.41215313	0.00454549	27.7239048	2.65250491	23.1992626	1.89482687	5.39618463	0.67483673	55.2112087	1.88611264	15.9131898	1.1011893	6.14846081	0.8501456	17.6371361	0.28110028	64.75762	6.51861416	72.8726667	6.94572135	57.5882833	3.94393521	42.93705	4.2036791	4
agrifield	4	5.20666667	4.23482389	0.49418632	0.010878	0.4140299	0.00078661	21.4014904	1.95640551	17.9476135	1.85006133	4.00068934	0.79598518	49.3807032	2.25574839	16.1539496	3.75043606	6.14299985	1.06331623	17.5036224	4.13943833	67.4475431	0.65704262	59.1024333	3.91970909	44.7041333	4.87412358	32.2679	5.83782514	3
forestfields	4	8.97	2.00815836	0.49794033	0.0047329	0.41304168	0.0008231	20.2592605	1.78382554	16.8172992	1.66945101	3.63418319	0.51659298	47.9821687	2.12092365	16.6281433	0.87990691	6.11191065	0.16365078	18.2649714	1.12357987	65.6310369	1.38310657	57.3315	2.98255513	41.6420667	4.38903861	29.3054667	4.14035624	3
banktop	5	4.00166667	3.7259104	0.49208391	0.00309912	0.41384007	0.00069582	22.7512505	3.40141432	19.1440705	2.96676909	4.35538697	0.72749348	50.7317638	3.40908276	15.6041927	0.92637149	6.07499493	0.45815369	16.9171811	0.97581264	67.2839908	1.19713733	61.2270333	7.84109174	47.7314833	7.62053772	35.1479	5.82012391	5
bankbot	5	2.147	3.08756296	0.48696163	0.00584402	0.41300311	0.00055231	20.9541741	2.4150318	17.7822885	2.07325829	4.31315936	0.56014845	49.1036144	2.47493173	13.184263	1.98741721	5.17939198	0.63237193	14.3129166	2.24936451	67.2889902	1.43594256	55.848455	6.22091213	44.480465	5.28504657	34.199845	4.29314928	13
forestfields	5	21.011	22.168755	0.49558832	0.00801103	0.41073215	0.00231021	14.7338693	5.31302715	12.2836745	4.62389797	2.83732976	1.18217866	40.7940057	7.49943711	13.1009998	1.66873317	4.54213134	0.86629394	14.6965673	1.75429718	63.1516497	3.27258257	42.08172	12.699129	30.35272	11.7941063	22.53472	9.36845192	10
banktop	6	3.08633333	1.73746377	0.49312842	0.00702986	0.41549808	0.00078717	26.4926879	1.37112808	22.3273134	1.19224216	4.91424605	0.55799576	54.331047	1.24010092	17.647035	3.02458391	7.05057988	0.94465018	18.8752612	3.27191243	69.2655265	0.30219106	70.2899867	3.9110503	55.87507	3.06590927	40.1895167	3.81811442	9
bankbot	6	0.00000001	1.00E-10	0.49548255	0.0075092	0.41593334	0.00094418	28.7559206	0.56508446	24.1613625	0.12613424	5.16995209	0.52099466	56.1816998	0.18806309	19.2802639	3.47749902	7.65758011	1.15261604	20.5998115	3.75541324	69.7203633	0.73810869	75.6063167	3.51505138	60.47325	0.02632794	42.4947333	3.17896353	6
agrifield	6	6.42888889	4.6135248	0.49481864	0.00596637	0.4143255	0.00039756	22.3156317	1.17209072	18.6959045	1.16331195	4.11121054	0.4983127	50.3040806	1.37792316	16.6937866	1.86956775	6.40469997	0.49070422	18.0698401	2.13290119	67.6243288	1.20079519	61.3115556	2.04011287	46.5861556	3.14284254	33.2961889	3.72041124	9
forestfields	6	23.0566667	12.6296569	0.49346637	0.00646286	0.41181487	0.00065836	16.6065692	3.03375617	13.8675677	2.60674119	3.19709806	0.72074066	43.8785658	3.85455786	13.6686793	2.27547347	4.93774774	0.7524245	15.1501277	2.48351009	64.4283634	0.72339084	47.2829667	8.75187735	34.3401333	6.59134063	25.3799333	5.44661254	3
banktop	7	9.06138889	5.17279075	0.49548552	0.00605547	0.41228389	0.00167867	19.7108369	5.1954174	16.4015925	4.37076986	3.64148406	0.99494527	47.0186635	6.02898899	15.396618	3.28218722	5.64861669	1.29359536	16.9916084	3.40745793	64.6905802	1.97196572	55.3203167	13.6573822	40.5924306	10.9513591	29.2947417	7.98095288	9
bankbot	7	0.00000001	1.00E-10	0.49907397	0.00972054	0.41450862	0.00053086	28.9040068	2.21625313	24.12886	2.19280563	5.12064671	0.9876507	55.7081337	2.36109309	19.7243638	3.42422086	7.57412916	0.81337323	21.3704684	3.84285984	67.7493741	1.41115524	78.1975889	4.60185809	60.0466111	5.90981511	42.1006222	7.12171726	7
forestfields	7	15.981	11.2223353	0.49414267	0.0044167	0.41188855	0.0010816	18.1141144	2.63513495	15.1144746	2.31174698	3.45834797	0.62340473	45.6403999	3.22217605	14.2937018	1.26772731	5.21353024	0.4810437	15.843962	1.37865976	64.4821787	1.72665718	50.54113	6.21328755	37.41149	5.91488641	27.59955	4.88284043	10
banktop	8	3.68	3.18797742	0.49325016	0.0041521	0.4148842	0.00147618	25.3439137	0.73425107	21.3253599	0.72092547	4.71582088	0.4415035	53.206362	0.64152069	17.1337713	1.98492858	6.77489044	0.71168964	18.4314779	1.9948192	68.2243282	1.32038673	67.9639333	1.62313132	53.3353583	1.8130287	38.2601972	2.9447723	10
bankbot	8	0.65291667	0.91692761	0.48016303	0.01173276	0.41334656	0.00131338	30.0860019	3.24423903	25.9611916	3.24991978	6.7790395	1.56226161	57.8589413	3.27709709	12.5732664	4.20184052	5.34435102	1.32431906	13.3990482	4.62991862	70.2505426	1.69332828	74.471625	5.21231658	65.5018292	8.60738964	53.2850125	11.1760104	7
agrifield	8	6.3775	4.35936062	0.49499134	0.00406816	0.4137205	0.00089818	18.9206007	3.87664893	15.8313642	3.35628644	3.50368616	0.82629988	46.5083631	4.53243966	15.5224671	1.32828735	5.80533867	0.60397277	16.8970356	1.39559767	66.7365351	1.41633053	52.3005	9.14345349	39.364125	8.52780557	28.353825	6.67180494	4
forestfields	8	13.535	7.88266241	0.49239972	0.00372718	0.41282042	0.00210559	18.2147858	5.58769503	15.2772127	4.70557629	3.47260951	0.97237496	45.4254749	7.06940356	14.1969755	3.12568674	5.31184667	1.41088342	15.5401356	3.15614741	65.7264698	2.72405996	50.298975	14.5119089	38.002475	11.8395768	27.8774	8.12365584	4
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

Sources Site 2

	site	MeanCS137	SDCS137	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	2	6.41555556	2.5846391	0.49402044	0.00926309	0.41206264	0.00041307	11.4877143	0.78544027	9.58147791	0.58382548	2.1823161	0.20954396	37.0635016	1.06965835	12.4147904	2.68670053	4.26532584	0.77063445	13.7233365	3.05521573	65.0439267	1.27111587	31.8619889	3.14100403	23.6744444	1.42092597	17.5297889	1.37574508	6
agrifield	2	7.16333333	3.59425583	0.49582501	0.00757708	0.41321935	0.0027785	16.3424717	6.24135359	13.5970288	5.10468929	2.89703949	0.84246207	42.741012	7.85684918	15.0938196	5.08769727	5.47128181	2.03402815	16.4868203	5.27668764	65.7593514	3.34435934	45.4270556	17.4725271	33.7635333	12.7353993	23.5715778	7.35102104	9

Sources Site 3

source	site	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	3	2.11444444	0.41852032	0.48970274	0.0009743	0.41481033	0.00021298	24.9184776	0.69347287	21.1085978	0.60200579	4.85956578	0.14126382	53.0589569	0.6547912	15.720078	0.41412663	6.35096312	0.16304606	16.8422606	0.44608142	68.9745119	0.34263311	65.5159222	1.5903807	52.88285	1.56297621	39.3016806	1.11419208	10
bankbot	3	4.987	4.39909593	0.4902106	0.00254703	0.41545111	0.00012102	27.6604121	1.08269721	23.4458438	1.01772299	5.32772526	0.35130913	55.514591	1.03889747	16.7601216	0.75325697	6.86961263	0.19017064	17.8717558	0.87729952	69.7234645	0.75152569	72.09068	2.12845992	58.87268	2.71377775	43.18392	2.60045799	6
agrifield	3	4.08333333	1.95286328	0.49427968	0.00611273	0.4155872	0.00061384	26.5275395	2.49553865	22.2977084	2.00260489	4.82292011	0.40950453	54.2858422	2.09599388	18.1505748	2.85137108	7.20847045	0.94311727	19.4283578	3.10915139	69.1714576	0.70530856	70.6929111	7.30326033	55.7813333	4.99638821	39.4986444	3.26829049	9
banktop	4	1.9445	0.31371683	0.49129829	0.0047918	0.41452724	0.00039615	24.5784133	1.22553873	20.7443197	1.17771493	4.71975571	0.44997972	52.6405569	1.29160579	16.0741478	1.36179955	6.39007919	0.2991877	17.3022358	1.63283147	68.4031193	1.31799411	65.4630583	2.6388117	51.8692983	3.15268419	38.15746	3.4271999	11
bankbot	4	1.94	2.74357431	0.49223194	0.00151165	0.41215313	0.00454549	27.7239048	2.65250491	23.1992626	1.89482687	5.39618463	0.67483673	55.2112087	1.886112 64	15.9131898	1.1011893	6.14846081	0.8501456	17.6371361	0.28110028	64.75762	6.51861416	72.8726667	6.94572135	57.5882833	3.94393521	42.93705	4.2036791	4
agrifield	4	5.20666667	4.23482389	0.49418632	0.010878	0.4140299	0.00078661	21.4014904	1.95640551	17.9476135	1.85006133	4.00068934	0.79598518	49.3807032	2.25574839	16.1539496	3.75043606	6.14299985	1.06331623	17.5036224	4.13943833	67.4475431	0.65704262	59.1024333	3.91970909	44.7041333	4.87412358	32.2679	5.83782514	3
forestfields	4	8.97	2.00815836	0.49794033	0.0047329	0.41304168	0.0008231	20.2592605	1.78382554	16.8172992	1.66945101	3.63418319	0.51659298	47.9821687	2.12092365	16.6281433	0.87990691	6.11191065	0.16365078	18.2649714	1.12357987	65.6310369	1.38310657	57.3315	2.98255513	41.6420667	4.38903861	29.3054667	4.14035624	3
banktop	5	4.00166667	3.7259104	0.49208391	0.00309912	0.41384007	0.00069582	22.7512505	3.40141432	19.1440705	2.96676909	4.35538697	0.72749348	50.7317638	3.40908276	15.6041927	0.92637149	6.07499493	0.45815369	16.9171811	0.97581264	67.2839908	1.19713733	61.2270333	7.84109174	47.7314833	7.62053772	35.1479	5.82012391	5
bankbot	5	2.147	3.08756296	0.48696163	0.00584402	0.41300311	0.00055231	20.9541741	2.4150318	17.7822885	2.07325829	4.31315936	0.56014845	49.1036144	2.47493173	13.184263	1.98741721	5.17939198	0.63237193	14.3129166	2.24936451	67.2889902	1.43594256	55.848455	6.22091213	44.480465	5.28504657	34.199845	4.29314928	13
forestfields	5	21.011	22.168755	0.49558832	0.00801103	0.41073215	0.00231021	14.7338693	5.31302715	12.2836745	4.62389797	2.83732976	1.18217866	40.7940057	7.49943711	13.1009998	1.66873317	4.54213134	0.86629394	14.6965673	1.75429718	63.1516497	3.27258257	42.08172	12.699129	30.35272	11.7941063	22.53472	9.36845192	10
banktop	6	3.08633333	1.73746377	0.49312842	0.00702986	0.41549808	0.00078717	26.4926879	1.37112808	22.3273134	1.19224216	4.91424605	0.55799576	54.331047	1.24010092	17.647035	3.02458391	7.05057988	0.94465018	18.8752612	3.27191243	69.2655265	0.30219106	70.2899867	3.9110503	55.87507	3.06590927	40.1895167	3.81811442	9
bankbot	6	0.00000001	1.00E-10	0.49548255	0.0075092	0.41593334	0.00094418	28.7559206	0.56508446	24.1613625	0.12613424	5.16995209	0.52099466	56.1816998	0.18806309	19.2802639	3.47749902	7.65758011	1.15261604	20.5998115	3.75541324	69.7203633	0.73810869	75.6063167	3.51505138	60.47325	0.02632794	42.4947333	3.17896353	6
agrifield	6	6.42888889	4.6135248	0.49481864	0.00596637	0.4143255	0.00039756	22.3156317	1.17209072	18.6959045	1.16331195	4.11121054	0.4983127	50.3040806	1.37792316	16.6937866	1.86956775	6.40469997	0.49070422	18.0698401	2.13290119	67.6243288	1.20079519	61.3115556	2.04011287	46.5861556	3.14284254	33.2961889	3.72041124	9
forestfields	6	23.0566667	12.6296569	0.49346637	0.00646286	0.41181487	0.00065836	16.6065692	3.03375617	13.8675677	2.60674119	3.19709806	0.72074066	43.8785658	3.85455786	13.6686793	2.27547347	4.93774774	0.7524245	15.1501277	2.48351009	64.4283634	0.72339084	47.2829667	8.75187735	34.3401333	6.59134063	25.3799333	5.44661254	3
banktop	7	9.06138889	5.17279075	0.49548552	0.00605547	0.41228389	0.00167867	19.7108369	5.1954174	16.4015925	4.37076986	3.64148406	0.99494527	47.0186635	6.02898899	15.396618	3.28218722	5.64861669	1.29359536	16.9916084	3.40745793	64.6905802	1.97196572	55.3203167	13.6573822	40.5924306	10.9513591	29.2947417	7.98095288	9
bankbot	7	0.00000001	1.00E-10	0.49907397	0.00972054	0.41450862	0.00053086	28.9040068	2.21625313	24.12886	2.19280563	5.12064671	0.9876507	55.7081337	2.36109309	19.7243638	3.42422086	7.57412916	0.81337323	21.3704684	3.84285984	67.7493741	1.41115524	78.1975889	4.60185809	60.0466111	5.90981511	42.1006222	7.12171726	7
forestfields	7	15.981	11.2223353	0.49414267	0.0044167	0.41188855	0.0010816	18.1141144	2.63513495	15.1144746	2.31174698	3.45834797	0.62340473	45.6403999	3.22217605	14.2937018	1.26772731	5.21353024	0.4810437	15.843962	1.37865976	64.4821787	1.72665718	50.54113	6.21328755	37.41149	5.91488641	27.59955	4.88284043	10
banktop	8	3.68	3.18797742	0.49325016	0.0041521	0.4148842	0.00147618	25.3439137	0.73425107	21.3253599	0.72092547	4.71582088	0.4415035	53.206362	0.64152069	17.1337713	1.98492858	6.77489044	0.71168964	18.4314779	1.9948192	68.2243282	1.32038673	67.9639333	1.62313132	53.3353583	1.8130287	38.2601972	2.9447723	10
bankbot	8	0.65291667	0.91692761	0.48016303	0.01173276	0.41334656	0.00131338	30.0860019	3.24423903	25.9611916	3.24991978	6.7790395	1.56226161	57.8589413	3.27709709	12.5732664	4.20184052	5.34435102	1.32431906	13.3990482	4.62991862	70.2505426	1.69332828	74.471625	5.21231658	65.5018292	8.60738964	53.2850125	11.1760104	7
agrifield	8	6.3775	4.35936062	0.49499134	0.00406816	0.4137205	0.00089818	18.9206007	3.87664893	15.8313642	3.35628644	3.50368616	0.82629988	46.5083631	4.53243966	15.5224671	1.32828735	5.80533867	0.60397277	16.8970356	1.39559767	66.7365351	1.41633053	52.3005	9.14345349	39.364125	8.52780557	28.353825	6.67180494	4
forestfields	8	13.535	7.88266241	0.49239972	0.00372718	0.41282042	0.00210559	18.2147858	5.58769503	15.2772127	4.70557629	3.47260951	0.97237496	45.4254749	7.06940356	14.1969755	3.12568674	5.31184667	1.41088342	15.5401356	3.15614741	65.7264698	2.72405996	50.298975	14.5119089	38.002475	11.8395768	27.8774	8.12365584	4
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

Sources Site 4

source	site	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	4	1.9445	0.31371683	0.49129829	0.0047918	0.41452724	0.00039615	24.5784133	1.22553873	20.7443197	1.17771493	4.71975571	0.44997972	52.6405569	1.29160579	16.0741478	1.36179955	6.39007919	0.2991877	17.3022358	1.63283147	68.4031193	1.31799411	65.4630583	2.6388117	51.8692983	3.15268419	38.15746	3.4271999	11
bankbot	4	1.94	2.74357431	0.49223194	0.00151165	0.41215313	0.00454549	27.7239048	2.65250491	23.1992626	1.89482687	5.39618463	0.67483673	55.2112087	1.886112 64	15.9131898	1.1011893	6.14846081	0.8501456	17.6371361	0.28110028	64.75762	6.51861416	72.8726667	6.94572135	57.5882833	3.94393521	42.93705	4.2036791	4
agrifield	4	5.20666667	4.23482389	0.49418632	0.010878	0.4140299	0.00078661	21.4014904	1.95640551	17.9476135	1.85006133	4.00068934	0.79598518	49.3807032	2.25574839	16.1539496	3.75043606	6.14299985	1.06331623	17.5036224	4.13943833	67.4475431	0.65704262	59.1024333	3.91970909	44.7041333	4.87412358	32.2679	5.83782514	3
forestfields	4	8.97	2.00815836	0.49794033	0.0047329	0.41304168	0.0008231	20.2592605	1.78382554	16.8172992	1.66945101	3.63418319	0.51659298	47.9821687	2.12092365	16.6281433	0.87990691	6.11191065	0.16365078	18.2649714	1.12357987	65.6310369	1.38310657	57.3315	2.98255513	41.6420667	4.38903861	29.3054667	4.14035624	3
banktop	5	4.00166667	3.7259104	0.49208391	0.00309912	0.41384007	0.00069582	22.7512505	3.40141432	19.1440705	2.96676909	4.35538697	0.72749348	50.7317638	3.40908276	15.6041927	0.92637149	6.07499493	0.45815369	16.9171811	0.97581264	67.2839908	1.19713733	61.2270333	7.84109174	47.7314833	7.62053772	35.1479	5.82012391	5
bankbot	5	2.147	3.08756296	0.48696163	0.00584402	0.41300311	0.00055231	20.9541741	2.4150318	17.7822885	2.07325829	4.31315936	0.56014845	49.1036144	2.47493173	13.184263	1.98741721	5.17939198	0.63237193	14.3129166	2.24936451	67.2889902	1.43594256	55.848455	6.22091213	44.480465	5.28504657	34.199845	4.29314928	13
forestfields	5	21.011	22.168755	0.49558832	0.00801103	0.41073215	0.00231021	14.7338693	5.31302715	12.2836745	4.62389797	2.83732976	1.18217866	40.7940057	7.49943711	13.1009998	1.66873317	4.54213134	0.86629394	14.6965673	1.75429718	63.1516497	3.27258257	42.08172	12.699129	30.35272	11.7941063	22.53472	9.36845192	10
banktop	6	3.08633333	1.73746377	0.49312842	0.00702986	0.41549808	0.00078717	26.4926879	1.37112808	22.3273134	1.19224216	4.91424605	0.55799576	54.331047	1.24010092	17.647035	3.02458391	7.05057988	0.94465018	18.8752612	3.27191243	69.2655265	0.30219106	70.2899867	3.9110503	55.87507	3.06590927	40.1895167	3.81811442	9
bankbot	6	0.00000001	1.00E-10	0.49548255	0.0075092	0.41593334	0.00094418	28.7559206	0.56508446	24.1613625	0.12613424	5.16995209	0.52099466	56.1816998	0.18806309	19.2802639	3.47749902	7.65758011	1.15261604	20.5998115	3.75541324	69.7203633	0.73810869	75.6063167	3.51505138	60.47325	0.02632794	42.4947333	3.17896353	6
agrifield	6	6.42888889	4.6135248	0.49481864	0.00596637	0.4143255	0.00039756	22.3156317	1.17209072	18.6959045	1.16331195	4.11121054	0.4983127	50.3040806	1.37792316	16.6937866	1.86956775	6.40469997	0.49070422	18.0698401	2.13290119	67.6243288	1.20079519	61.3115556	2.04011287	46.5861556	3.14284254	33.2961889	3.72041124	9
forestfields	6	23.0566667	12.6296569	0.49346637	0.00646286	0.41181487	0.00065836	16.6065692	3.03375617	13.8675677	2.60674119	3.19709806	0.72074066	43.8785658	3.85455786	13.6686793	2.27547347	4.93774774	0.7524245	15.1501277	2.48351009	64.4283634	0.72339084	47.2829667	8.75187735	34.3401333	6.59134063	25.3799333	5.44661254	3
banktop	7	9.06138889	5.17279075	0.49548552	0.00605547	0.41228389	0.00167867	19.7108369	5.1954174	16.4015925	4.37076986	3.64148406	0.99494527	47.0186635	6.02898899	15.396618	3.28218722	5.64861669	1.29359536	16.9916084	3.40745793	64.6905802	1.97196572	55.3203167	13.6573822	40.5924306	10.9513591	29.2947417	7.98095288	9
bankbot	7	0.00000001	1.00E-10	0.49907397	0.00972054	0.41450862	0.00053086	28.9040068	2.21625313	24.12886	2.19280563	5.12064671	0.9876507	55.7081337	2.36109309	19.7243638	3.42422086	7.57412916	0.81337323	21.3704684	3.84285984	67.7493741	1.41115524	78.1975889	4.60185809	60.0466111	5.90981511	42.1006222	7.12171726	7
forestfields	7	15.981	11.2223353	0.49414267	0.0044167	0.41188855	0.0010816	18.1141144	2.63513495	15.1144746	2.31174698	3.45834797	0.62340473	45.6403999	3.22217605	14.2937018	1.26772731	5.21353024	0.4810437	15.843962	1.37865976	64.4821787	1.72665718	50.54113	6.21328755	37.41149	5.91488641	27.59955	4.88284043	10
banktop	8	3.68	3.18797742	0.49325016	0.0041521	0.4148842	0.00147618	25.3439137	0.73425107	21.3253599	0.72092547	4.71582088	0.4415035	53.206362	0.64152069	17.1337713	1.98492858	6.77489044	0.71168964	18.4314779	1.9948192	68.2243282	1.32038673	67.9639333	1.62313132	53.3353583	1.8130287	38.2601972	2.9447723	10
bankbot	8	0.65291667	0.91692761	0.48016303	0.01173276	0.41334656	0.00131338	30.0860019	3.24423903	25.9611916	3.24991978	6.7790395	1.56226161	57.8589413	3.27709709	12.5732664	4.20184052	5.34435102	1.32431906	13.3990482	4.62991862	70.2505426	1.69332828	74.471625	5.21231658	65.5018292	8.60738964	53.2850125	11.1760104	7
agrifield	8	6.3775	4.35936062	0.49499134	0.00406816	0.4137205	0.00089818	18.9206007	3.87664893	15.8313642	3.35628644	3.50368616	0.82629988	46.5083631	4.53243966	15.5224671	1.32828735	5.80533867	0.60397277	16.8970356	1.39559767	66.7365351	1.41633053	52.3005	9.14345349	39.364125	8.52780557	28.353825	6.67180494	4
forestfields	8	13.535	7.88266241	0.49239972	0.00372718	0.41282042	0.00210559	18.2147858	5.58769503	15.2772127	4.70557629	3.47260951	0.97237496	45.4254749	7.06940356	14.1969755	3.12568674	5.31184667	1.41088342	15.5401356	3.15614741	65.7264698	2.72405996	50.298975	14.5119089	38.002475	11.8395768	27.8774	8.12365584	4
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

Sources Site 5

source	site	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	5	4.00166667	3.7259104	0.49208391	0.00309912	0.41384007	0.00069582	22.7512505	3.40141432	19.1440705	2.96676909	4.35538697	0.72749348	50.7317638	3.40908276	15.6041927	0.92637149	6.07499493	0.45815369	16.9171811	0.97581264	67.2839908	1.19713733	61.2270333	7.84109174	47.7314833	7.62053772	35.1479	5.82012391	5
bankbot	5	2.147	3.08756296	0.48696163	0.00584402	0.41300311	0.00055231	20.9541741	2.4150318	17.7822885	2.07325829	4.31315936	0.56014845	49.1036144	2.47493173	13.184263	1.98741721	5.17939198	0.63237193	14.3129166	2.24936451	67.2889902	1.43594256	55.848455	6.22091213	44.480465	5.28504657	34.199845	4.29314928	13
forestfields	5	21.011	22.168755	0.49558832	0.00801103	0.41073215	0.00231021	14.7338693	5.31302715	12.2836745	4.62389797	2.83732976	1.18217866	40.7940057	7.49343711	13.1009998	1.66873317	4.54213134	0.86629394	14.6965673	1.75429718	63.1516497	3.27258257	42.08172	12.699129	30.35272	11.7941063	22.53472	9.36845192	10
banktop	6	3.08633333	1.73746377	0.49312842	0.00702986	0.41549808	0.00078717	26.4926879	1.37112808	22.3273134	1.19224216	4.91424605	0.55799576	54.331047	1.24010092	17.647035	3.02458391	7.05057988	0.94465018	18.8752612	3.27191243	69.2655265	0.30219106	70.2899867	3.9110503	55.87507	3.06590927	40.1895167	3.81811442	9
bankbot	6	0.00000001	1.00E-10	0.49548255	0.0075092	0.41593334	0.00094418	28.7559206	0.56508446	24.1613625	0.12613424	5.16995209	0.52099466	56.1816998	0.18806309	19.2802639	3.47749902	7.65758011	1.15261604	20.5998115	3.75541324	69.7203633	0.73810869	75.6063167	3.51505138	60.47325	0.02632794	42.4947333	3.17896353	6
agrifield	6	6.42888889	4.6135248	0.49481864	0.00596637	0.4143255	0.00039756	22.3156317	1.17209072	18.6959045	1.16331195	4.11121054	0.4983127	50.3040806	1.37792316	16.6937866	1.86956775	6.40469997	0.49070422	18.0698401	2.13290119	67.6243288	1.20079519	61.3115556	2.04011287	46.5861556	3.14284254	33.2961889	3.72041124	9
forestfields	6	23.0566667	12.6296569	0.49346637	0.00646286	0.41181487	0.00065836	16.6065692	3.03375617	13.8675677	2.60674119	3.19709806	0.72074066	43.8785658	3.85455786	13.6686793	2.27547347	4.93774774	0.7524245	15.1501277	2.48351009	64.4283634	0.72339084	47.2829667	8.75187735	34.3401333	6.59134063	25.3799333	5.44661254	3
banktop	7	9.06138889	5.17279075	0.49548552	0.00605547	0.41228389	0.00167867	19.7108369	5.1954174	16.4015925	4.37076986	3.64148406	0.99494527	47.0186635	6.02898899	15.396618	3.28218722	5.64861669	1.29359536	16.9916084	3.40745793	64.6905802	1.97196572	55.3203167	13.6573822	40.5924306	10.9513591	29.2947417	7.98095288	9
bankbot	7	0.00000001	1.00E-10	0.49907397	0.00972054	0.41450862	0.00053086	28.9040068	2.21625313	24.12886	2.19280563	5.12064671	0.9876507	55.7081337	2.36109309	19.7243638	3.42422086	7.57412916	0.81337323	21.3704684	3.84285984	67.7493741	1.41115524	78.1975889	4.60185809	60.0466111	5.90981511	42.1006222	7.12171726	7
forestfields	7	15.981	11.2223353	0.49414267	0.0044167	0.41188855	0.0010816	18.1141144	2.63513495	15.1144746	2.31174698	3.45834797	0.62340473	45.6403999	3.22217605	14.2937018	1.26772731	5.21353024	0.4810437	15.843962	1.37865976	64.4821787	1.72665718	50.54113	6.21328755	37.41149	5.91488641	27.59955	4.88284043	10
banktop	8	3.68	3.18797742	0.49325016	0.0041521	0.4148842	0.00147618	25.3439137	0.73425107	21.3253599	0.72092547	4.71582088	0.4415035	53.206362	0.64152069	17.1337713	1.98492858	6.77489044	0.71168964	18.4314779	1.9948192	68.2243282	1.32038673	67.9639333	1.62313132	53.3353583	1.8130287	38.2601972	2.9447723	10
bankbot	8	0.65291667	0.91692761	0.48016303	0.01173276	0.41334656	0.00131338	30.0860019	3.24423903	25.9611916	3.24991978	6.7790395	1.56226161	57.8589413	3.27709709	12.5732664	4.20184052	5.34435102	1.32431906	13.3990482	4.62991862	70.2505426	1.69332828	74.471625	5.21231658	65.5018292	8.60738964	53.2850125	11.1760104	7
agrifield	8	6.3775	4.35936062	0.49499134	0.00406816	0.4137205	0.00089818	18.9206007	3.87664893	15.8313642	3.35628644	3.50368616	0.82629988	46.5083631	4.53243966	15.5224671	1.32828735	5.80553867	0.60397277	16.8970356	1.39559767	66.7365351	1.41633053	52.3005	9.14345349	39.364125	8.52780557	28.353825	6.67180494	4
forestfields	8	13.535	7.88266241	0.49239972	0.00372718	0.41282042	0.00210559	18.2147858	5.58769503	15.2772127	4.70557629	3.47260951	0.97237496	45.4254749	7.06940356	14.1969755	3.12568674	5.31184667	1.41088342	15.5401356	3.15614741	65.7264698	2.72405996	50.298975	14.5119089	38.002475	11.8395768	27.8774	8.12365584	4
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

Sources Site 6

source	site	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	6	3.08633333	1.73746377	0.49312842	0.00702986	0.41549808	0.00078717	26.4926879	1.37112808	22.3273134	1.19224216	4.91424605	0.55799576	54.331047	1.24010092	17.647035	3.02458391	7.05057988	0.94465018	18.8752612	3.27191243	69.2655265	0.30219106	70.2899867	3.9110503	55.87507	3.06590927	40.1895167	3.81811442	9
bankbot	6	0.00000001	1.00E-10	0.49548255	0.0075092	0.41593334	0.00094418	28.7559206	0.56508446	24.1613625	0.12613424	5.16995209	0.52099466	56.1816998	0.18806309	19.2802639	3.47749902	7.65758011	1.15261604	20.5998115	3.75541324	69.7203633	0.73810869	75.6063167	3.51505138	60.47325	0.02632794	42.4947333	3.17896353	6
agrifield	6	6.42888889	4.6135248	0.49481864	0.00596637	0.4143255	0.00039756	22.3156317	1.17209072	18.6959045	1.16331195	4.11121054	0.4983127	50.3040806	1.37792316	16.6937866	1.86956775	6.40469997	0.49070422	18.0698401	2.13290119	67.6243288	1.20079519	61.3115556	2.04011287	46.5861556	3.14284254	33.2961889	3.72041124	9
forestfields	6	23.0566667	12.6296569	0.49346637	0.00646286	0.41181487	0.00065836	16.6065692	3.03375617	13.8675677	2.60674119	3.19709806	0.72074066	43.8785658	3.85455786	13.6686793	2.27547347	4.93774774	0.7524245	15.1501277	2.48351009	64.4283634	0.72339084	47.2829667	8.75187735	34.3401333	6.59134063	25.3799333	5.44661254	3
banktop	8	3.68	3.18797742	0.49325016	0.0041521	0.4148842	0.00147618	25.3439137	0.73425107	21.3253599	0.72092547	4.71582088	0.4415035	53.206362	0.64152069	17.1337713	1.98492858	6.77489044	0.71168964	18.4314779	1.9948192	68.2243282	1.32038673	67.9639333	1.62313132	53.3353583	1.8130287	38.2601972	2.9447723	10
bankbot	8	0.65291667	0.91692761	0.48016303	0.01173276	0.41334656	0.00131338	30.0860019	3.24423903	25.9611916	3.24991978	6.7790395	1.56226161	57.8589413	3.27709709	12.5732664	4.20184052	5.34435102	1.32431906	13.3990482	4.62991862	70.2505426	1.69332828	74.471625	5.21231658	65.5018292	8.60738964	53.2850125	11.1760104	7
agrifield	8	6.3775	4.35936062	0.49499134	0.00406816	0.4137205	0.00089818	18.9206007	3.87664893	15.8313642	3.35628644	3.50368616	0.82629988	46.5083631	4.53243966	15.5224671	1.32828735	5.80553867	0.60397277	16.8970356	1.39559767	66.7365351	1.41633053	52.3005	9.14345349	39.364125	8.52780557	28.353825	6.67180494	4
forestfields	8	13.535	7.88266241	0.49239972	0.00372718	0.41282042	0.00210559	18.2147858	5.58769503	15.2772127	4.70557629	3.47260951	0.97237496	45.4254749	7.06940356	14.1969755	3.12568674	5.31184667	1.41088342	15.5401356	3.15614741	65.7264698	2.72405996	50.298975	14.5119089	38.002475	11.8395768	27.8774	8.12365584	4
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

Sources Site 7

	site	MeanCS137	SDCS137	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	7	9.06138889	5.17279075	0.49548552	0.00605547	0.41228389	0.00167867	19.7108369	5.1954174	16.4015925	4.37076986	3.64148406	0.99494527	47.0186635	6.02898899	15.396618	3.28218722	5.64861669	1.29359536	16.9916084	3.40745793	64.6905802	1.97196572	55.3203167	13.6573822	40.5924306	10.9513591	29.2947417	7.98095288	9
bankbot	7	0.00000001	1.00E-10	0.49907397	0.00972054	0.41450862	0.00053086	28.9040068	2.21625313	24.12886	2.19280563	5.12064671	0.9876507	55.7081337	2.36109309	19.7243638	3.42422086	7.57412916	0.81337323	21.3704684	3.84285984	67.7493741	1.41115524	78.1975889	4.60185809	60.0466111	5.90981511	42.1006222	7.12171726	7
forestfields	7	15.981	11.2223353	0.49414267	0.0044167	0.41188855	0.0010816	18.1141144	2.63513495	15.1144746	2.31174698	3.45834797	0.62340473	45.6403999	3.22217605	14.2937018	1.26772731	5.21353024	0.4810437	15.843962	1.37865976	64.4821787	1.72665718	50.54113	6.21328755	37.41149	5.91488641	27.59955	4.88284043	10

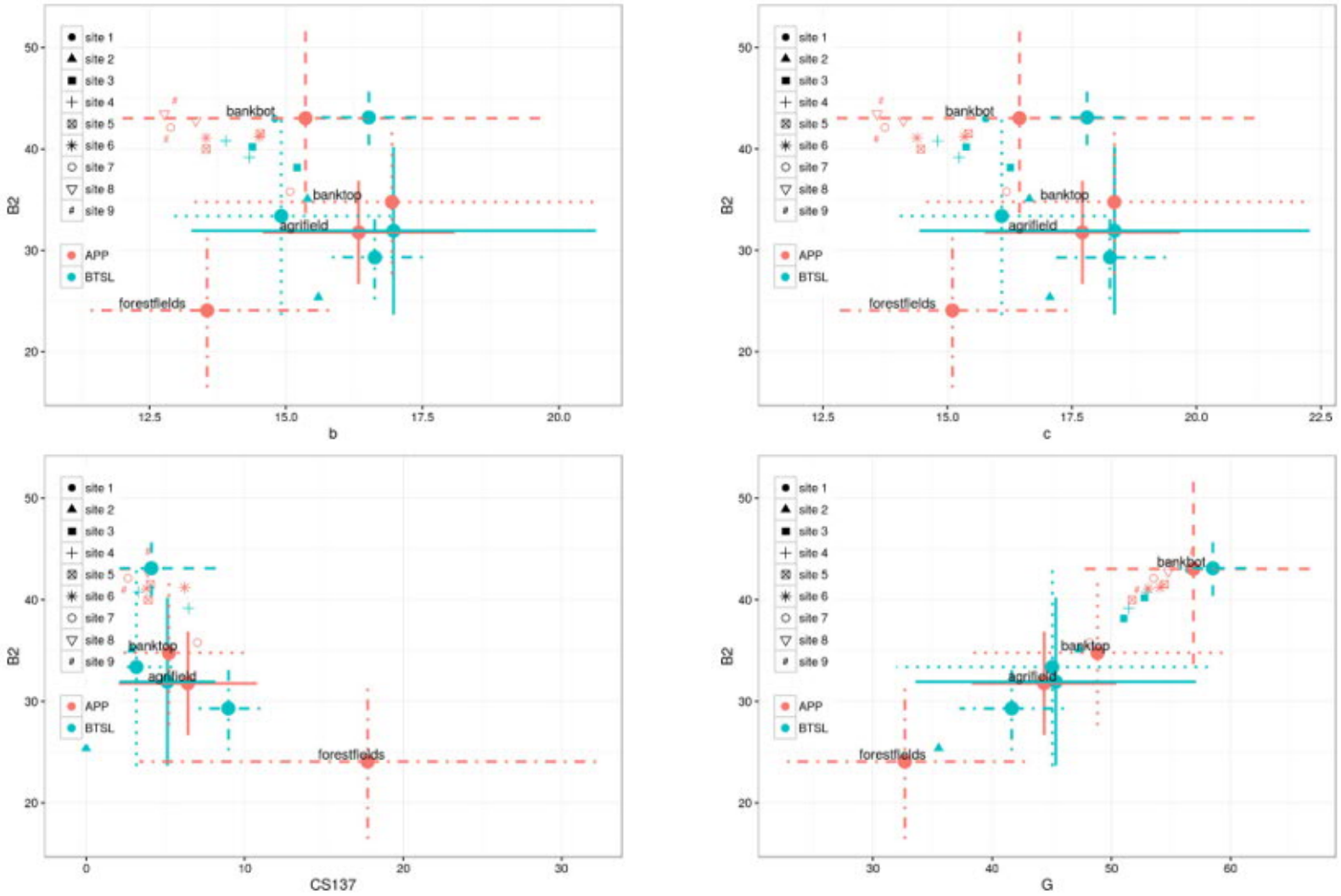
Sources Site 8

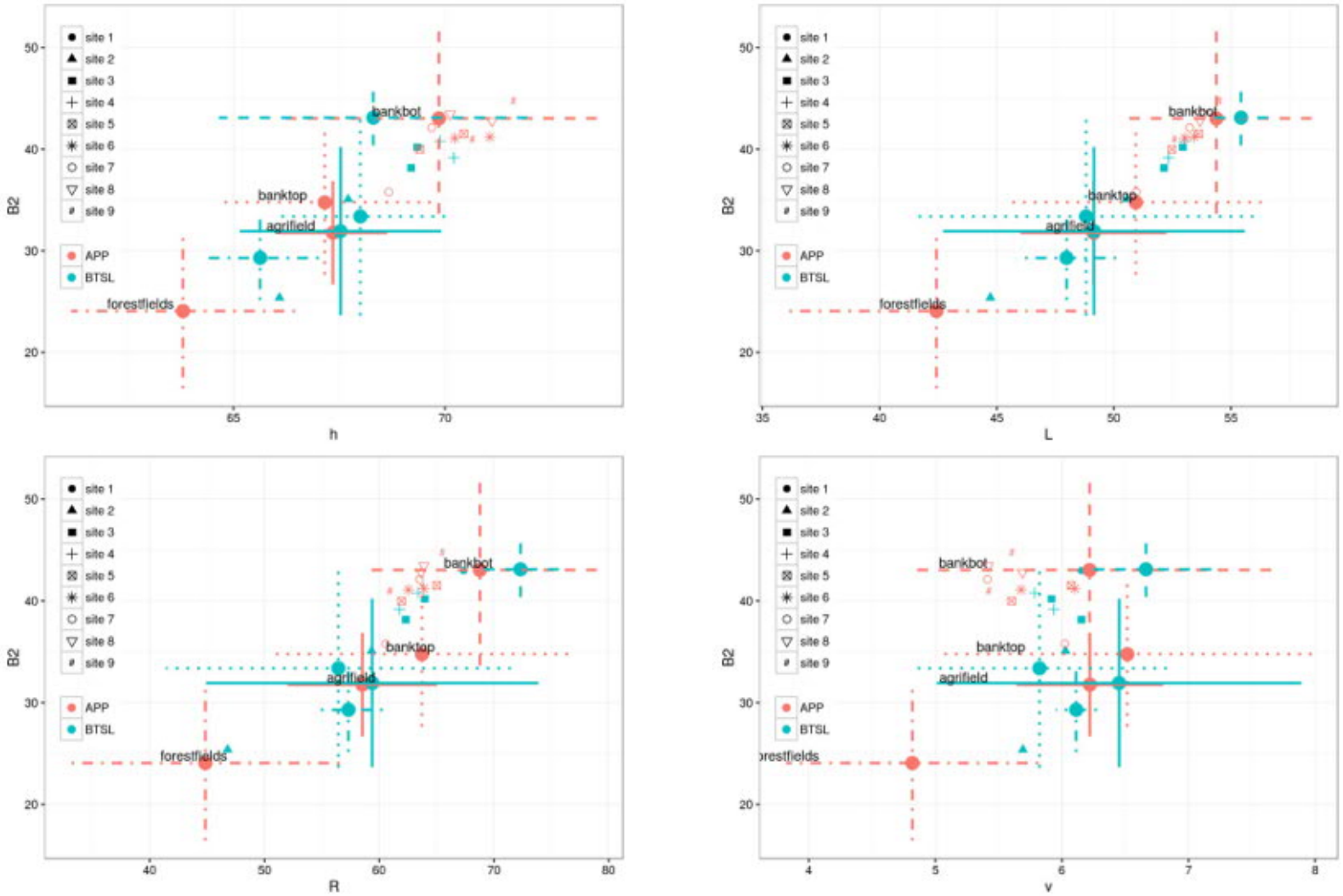
source	site	MeanCS	SDCS	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	8	3.68	3.18797742	0.49325016	0.0041521	0.4148842	0.00147618	25.3439137	0.73425107	21.3253599	0.72092547	4.71582088	0.4415035	53.206362	0.64152069	17.1337713	1.98492858	6.77489044	0.71168964	18.4314779	1.9948192	68.2243282	1.32038673	67.9639333	1.62313132	53.3353583	1.8130287	38.2601972	2.9447723	10
bankbot	8	0.65291667	0.91692761	0.48016303	0.01173276	0.41334656	0.00131338	30.0860019	3.24423903	25.9611916	3.24991978	6.7790395	1.56226161	57.8589413	3.27709709	12.5732664	4.20184052	5.34435102	1.32431906	13.3990482	4.62991862	70.2505426	1.69332828	74.471625	5.21231658	65.5018292	8.60738964	53.2850125	11.1760104	7
agrifield	8	6.3775	4.35936062	0.49499134	0.00406816	0.4137205	0.00089818	18.9206007	3.87664893	15.8313642	3.35628644	3.50368616	0.82629988	46.5083631	4.53243966	15.5224671	1.32828735	5.80553867	0.60397277	16.8970356	1.39559767	66.7365351	1.41633053	52.3005	9.14345349	39.364125	8.52780557	28.353825	6.67180494	4
forestfields	8	13.535	7.88266241	0.49239972	0.00372718	0.41282042	0.00210559	18.2147858	5.58769503	15.2772127	4.70557629	3.47260951	0.97237496	45.4254749	7.06940356	14.1969755	3.12568674	5.31184667	1.41088342	15.5401356	3.15614741	65.7264698	2.72405996	50.298975	14.5119089	38.002475	11.8395768	27.8774	8.12365584	4
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

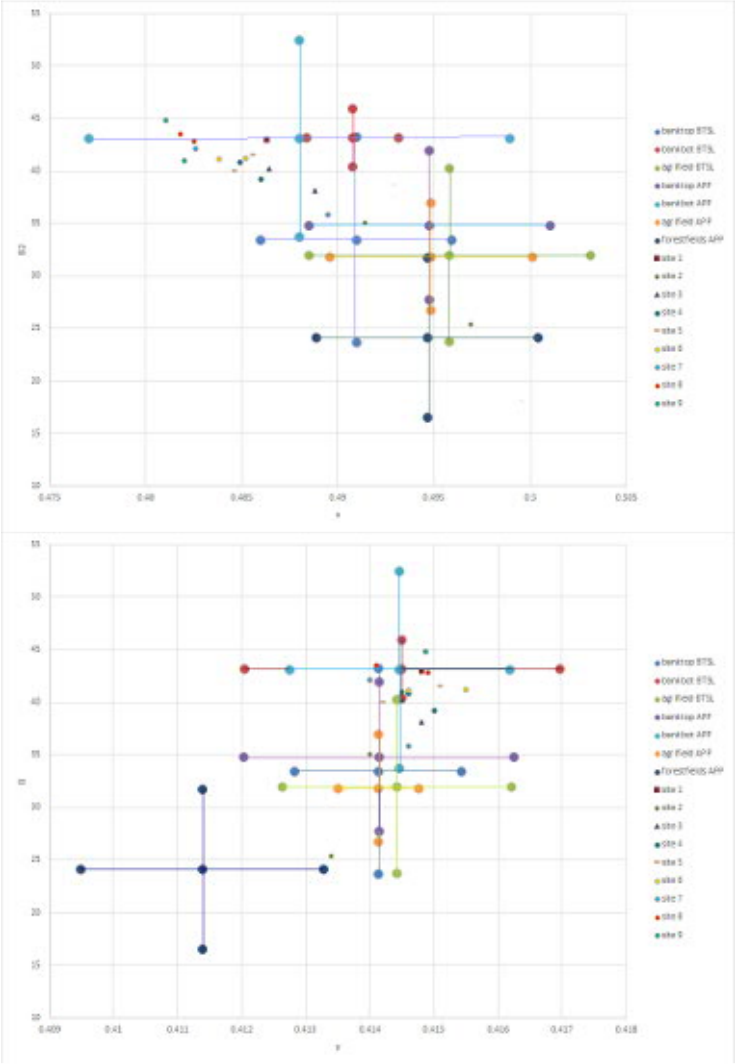
Sources Site 9

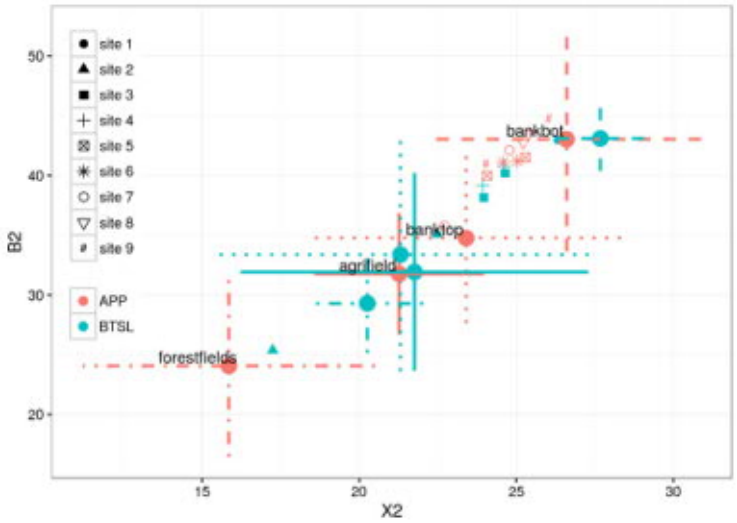
	site	MeanCS137	SDCS137	Meanx	SDx	Meany	SDy	MeanX2	SDX2	MeanY2	SDY2	MeanZ	SDZ	MeanL	SDL	Meanb	SDb	Meanv	SDv	Meanc	SDc	Meanh	SDh	MeanR	SDR	MeanG	SDG	MeanB2	SDB2	n
banktop	9	6.27166667	8.16209238	0.49990756	0.010179	0.41423664	0.00400868	22.7273243	9.33478219	18.7982952	7.61711287	3.72949179	1.11477072	49.4083568	10.027752	18.9279837	7.57642092	7.02923122	3.03882297	20.5444107	7.78600438	66.3228086	4.27798747	63.8254694	25.7382503	46.6442139	19.0190814	30.9795333	10.2825898	11
bankbot	9	0.795	1.59	0.48515882	0.01274001	0.41667074	0.00100151	27.3804202	1.92897119	23.5207615	1.63128299	5.54327232	0.84654913	55.5747706	1.68180593	15.6294617	4.71753586	6.65510576	1.48039354	16.3955554	5.26346923	74.3180909	5.44669018	68.7512917	7.08003965	59.6059167	4.37750652	44.8359333	6.02941607	7
forestfields	9	15.4766667	7.08456821	0.49610437	0.00514468	0.41048351	0.00210295	11.9800557	4.20470389	9.90020115	3.42276089	2.2040741	0.59322563	37.0504172	6.28461731	12.6125479	3.61741142	4.226264	1.44062086	14.2038808	3.75600635	62.1812136	2.73219783	35.1780667	11.8640222	24.3273667	8.46530044	17.59255	5.0667762	6

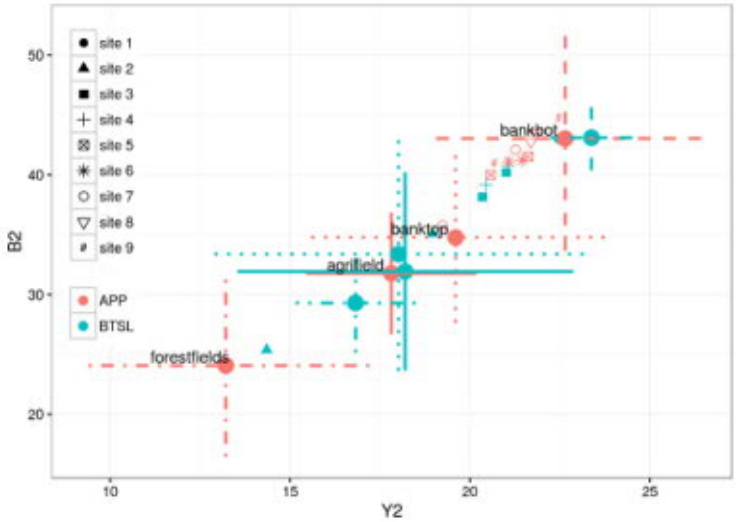
Annexe G Graphiques *isospace*

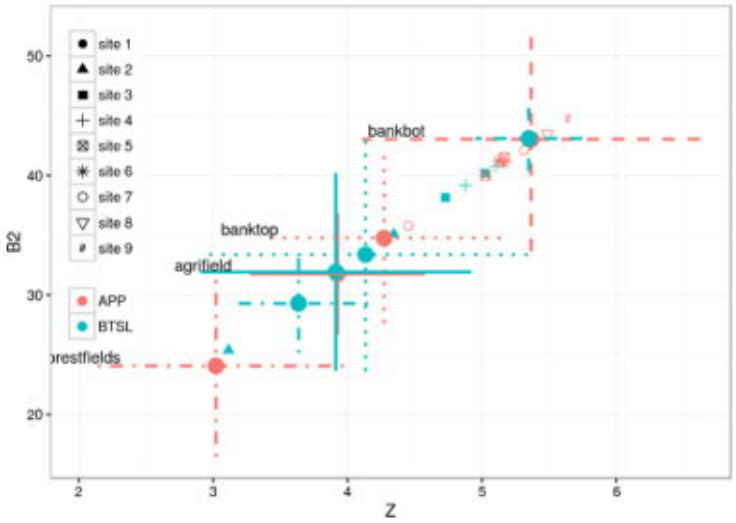

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
B2
b
c
CS137
G

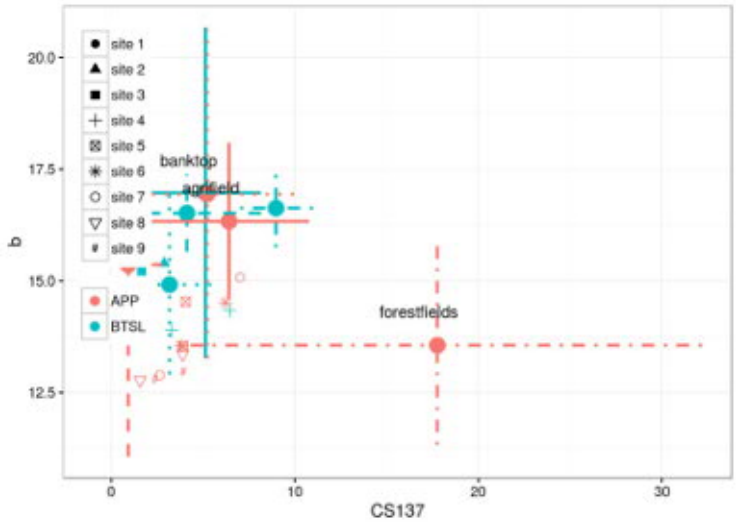

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
B2
h
L
R
v

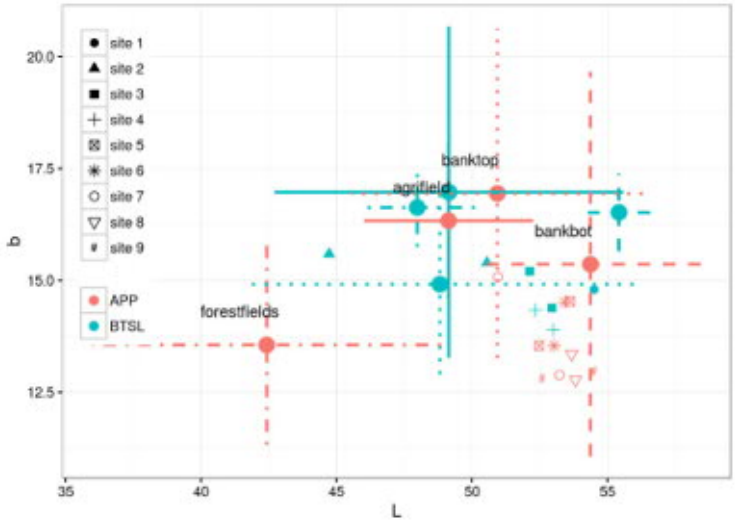


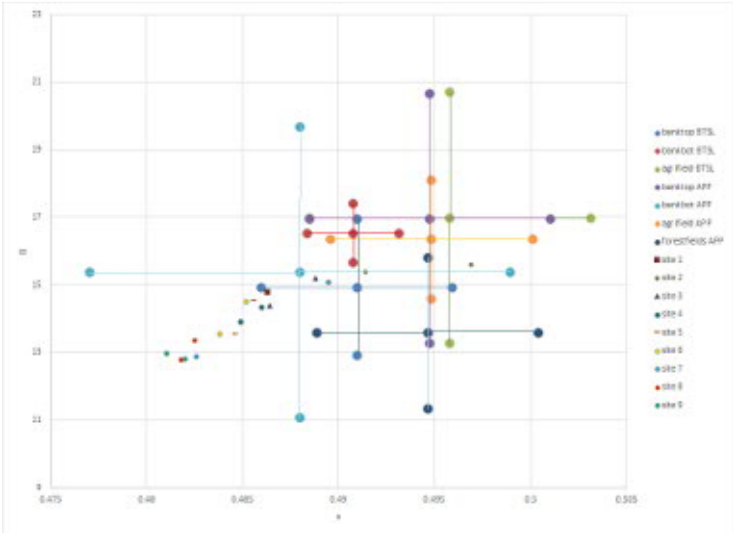

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
B2
X2

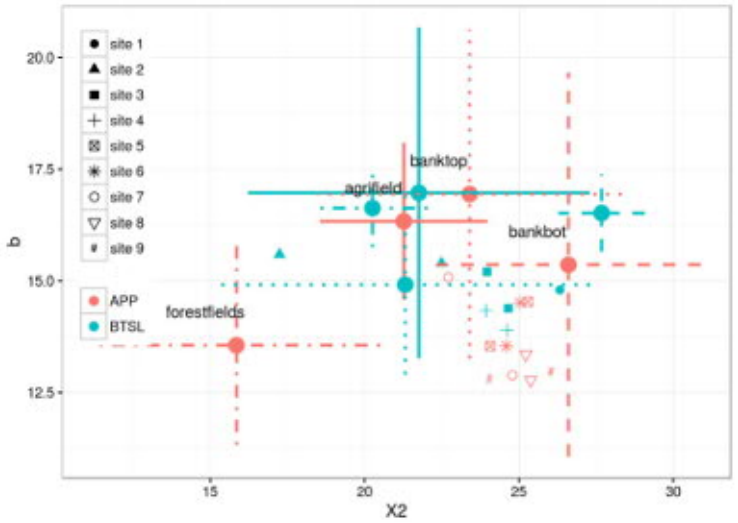

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
B2
Y2

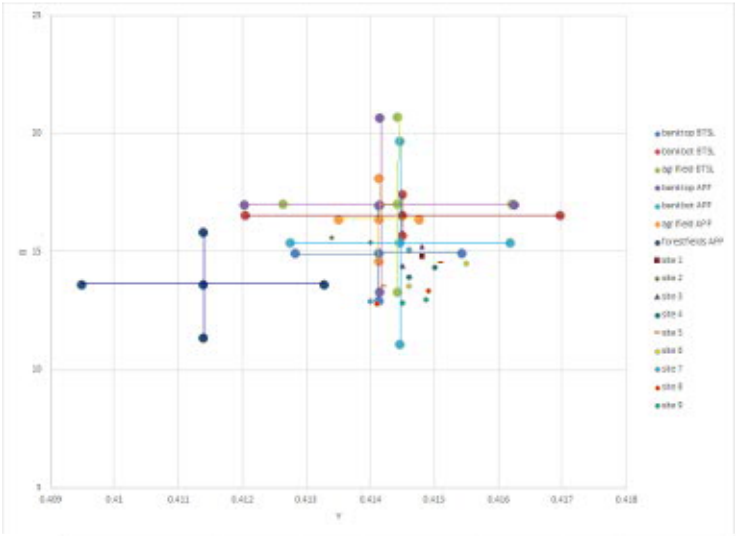

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
B2
Z

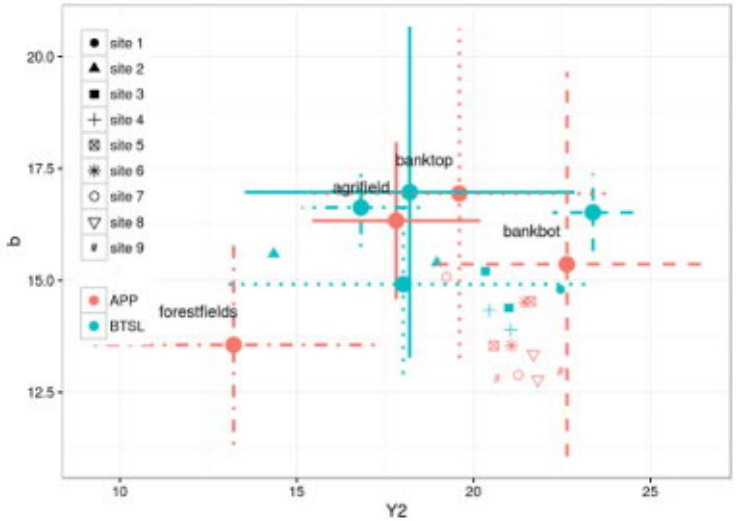

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
b
CS137

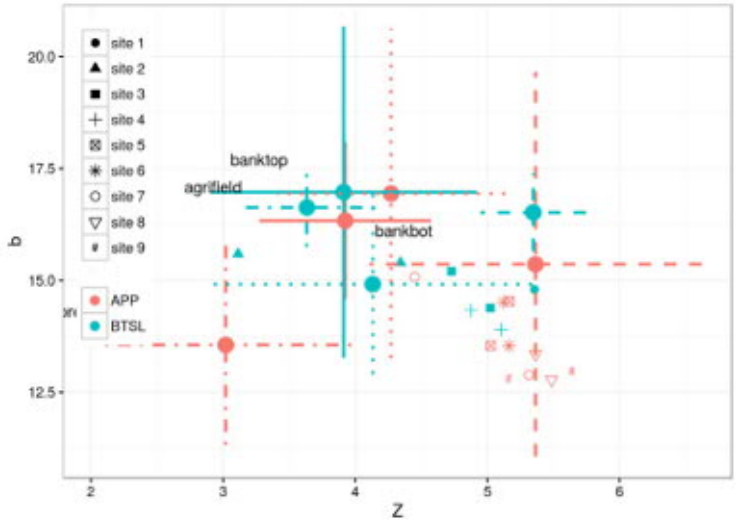

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
b
L

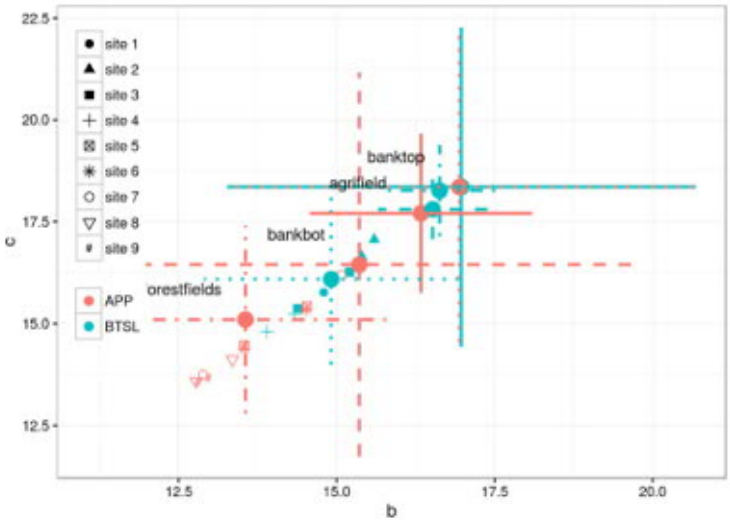


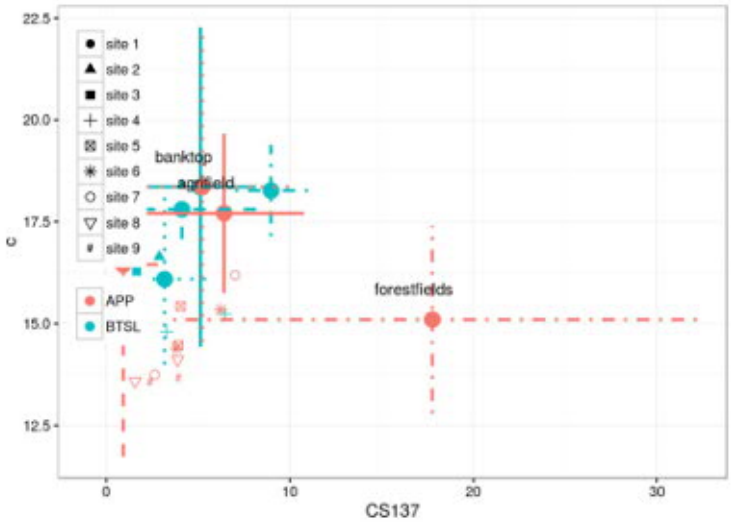

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
b
X2

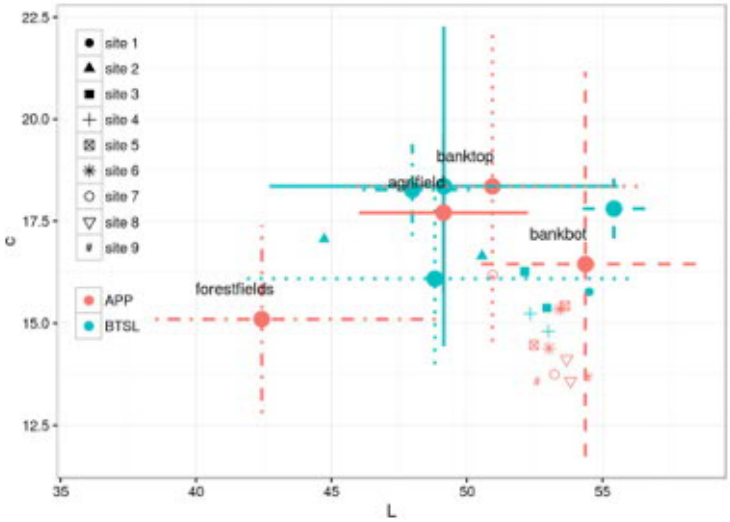


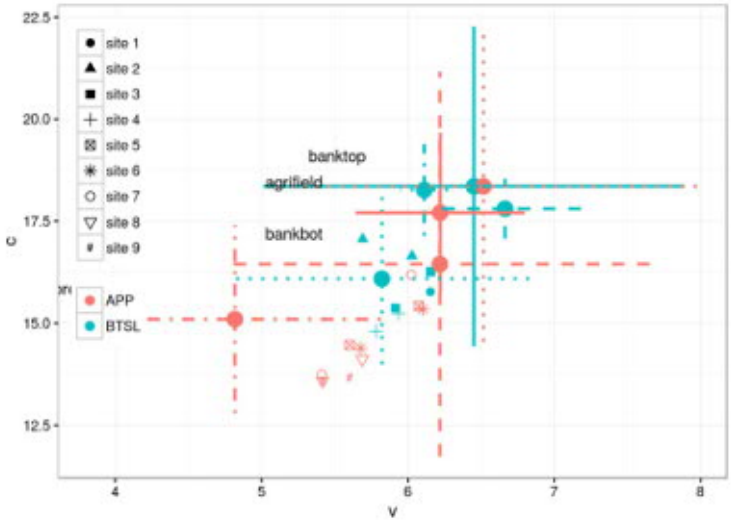

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
b
Y2

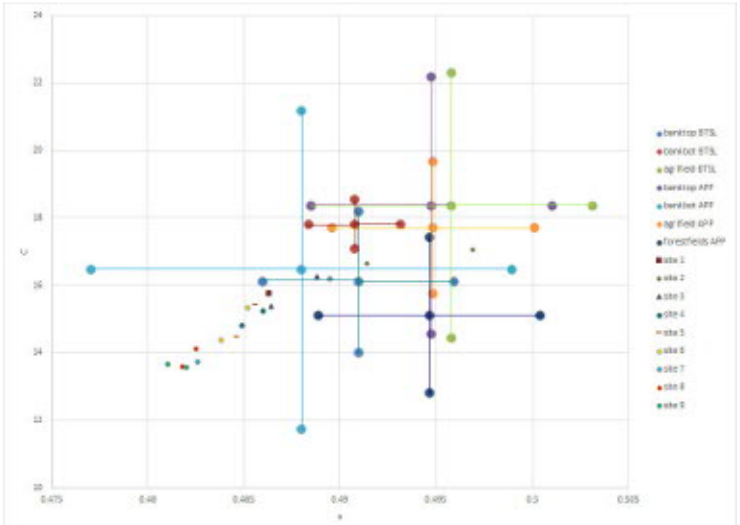

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
b
Z

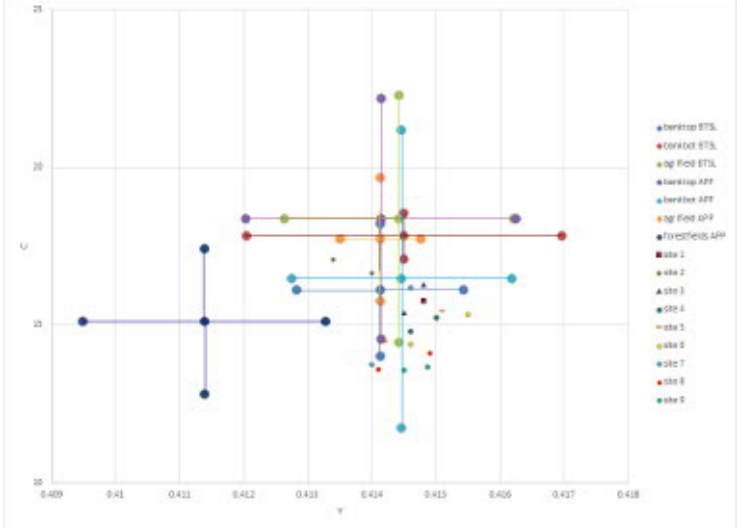

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
orestfields
c
b
22.5
20.0
17.5
15.0
12.5
12.5
15.0
17.5
20.0

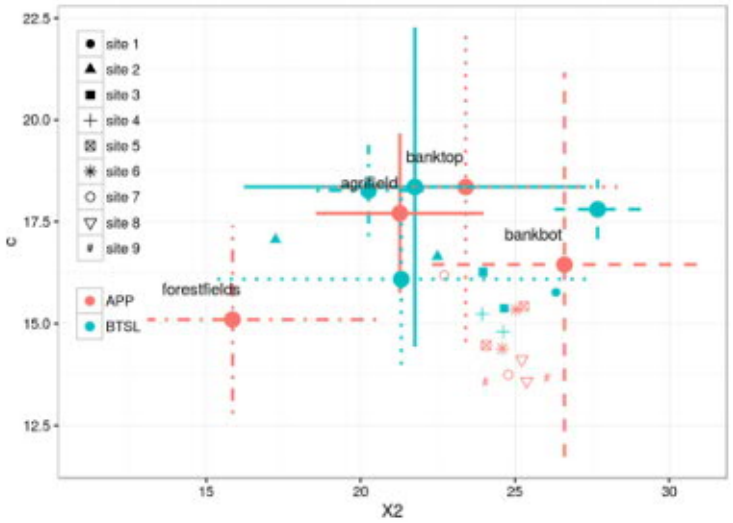

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
c
CS137
22.5
20.0
17.5
15.0
12.5
0
10
20
30

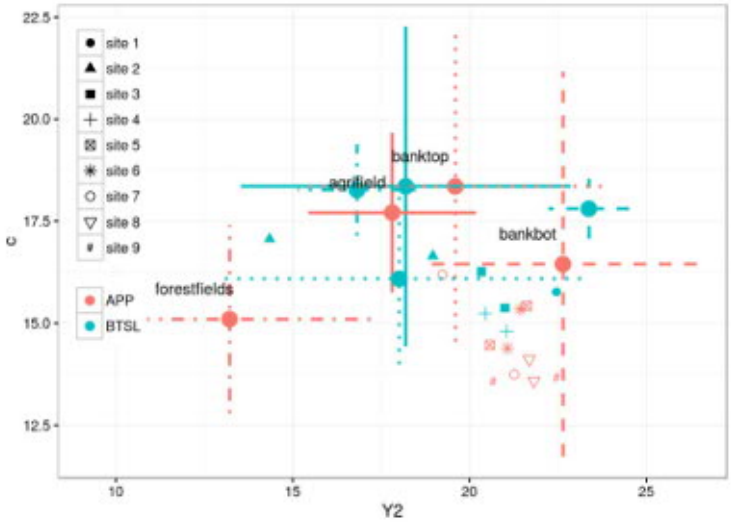

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
c
L
22.5
20.0
17.5
15.0
12.5
35
40
45
50
55

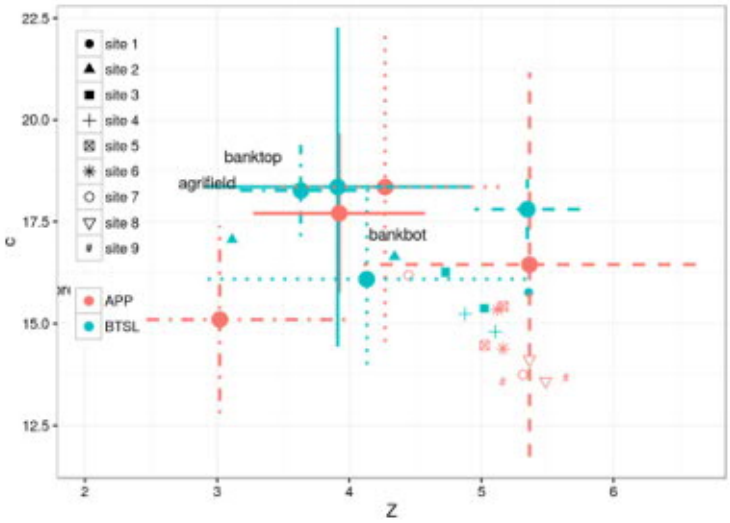

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
c
v
22.5
20.0
17.5
15.0
12.5
4
5
6
7
8

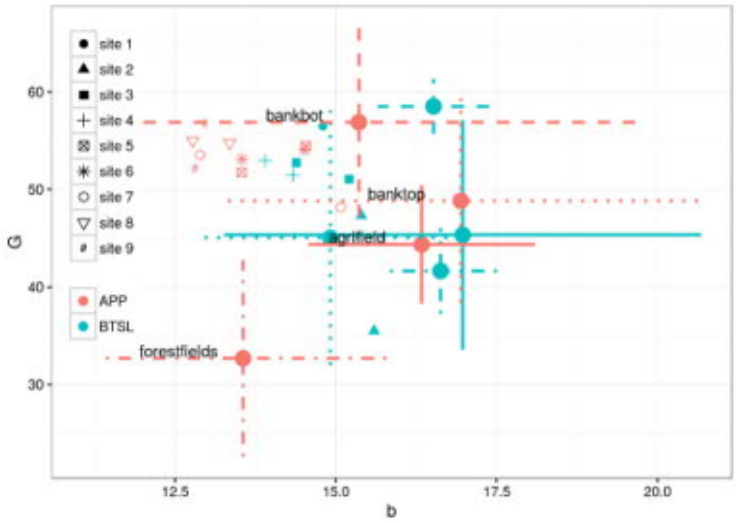


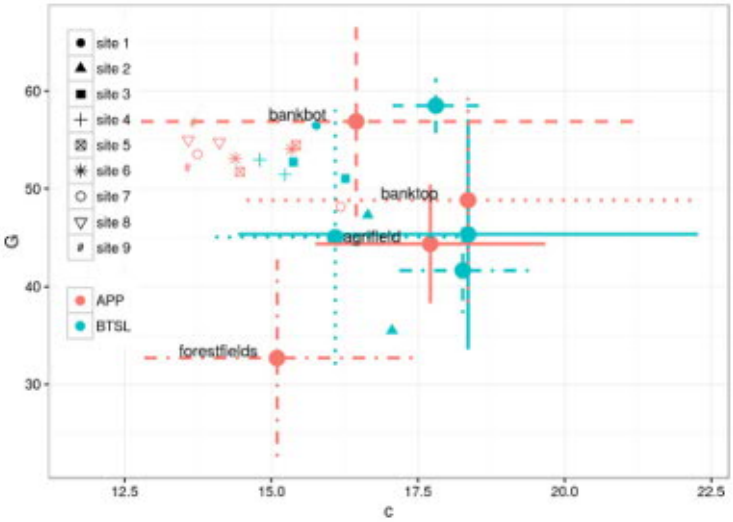


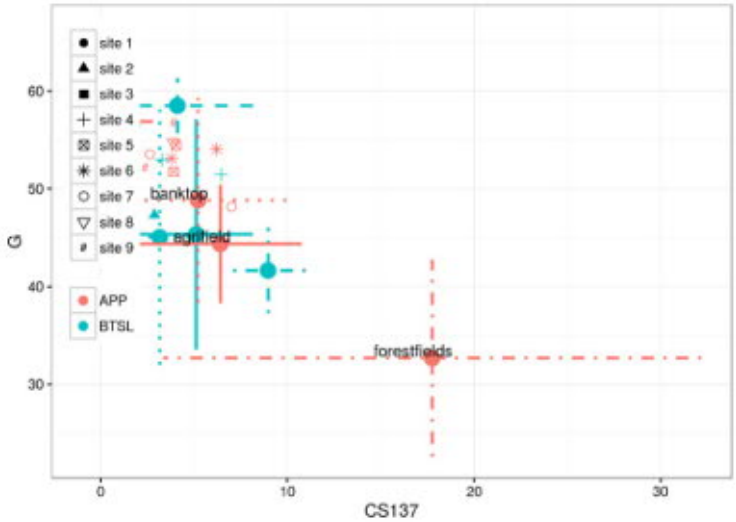

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
X2

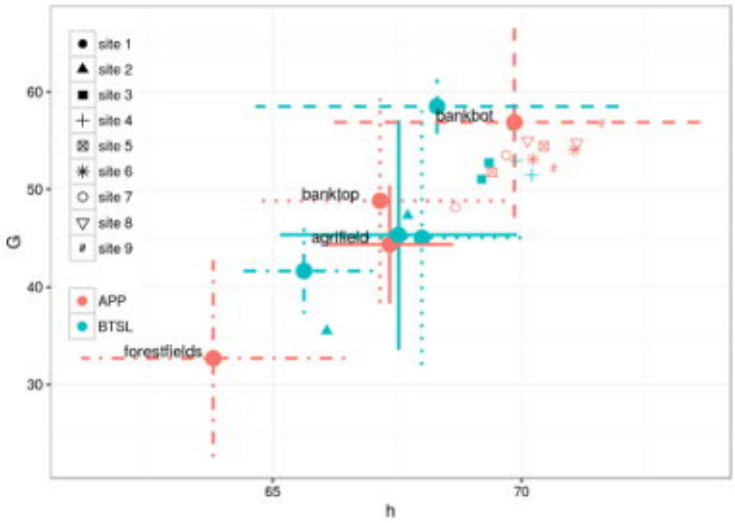

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
Y2

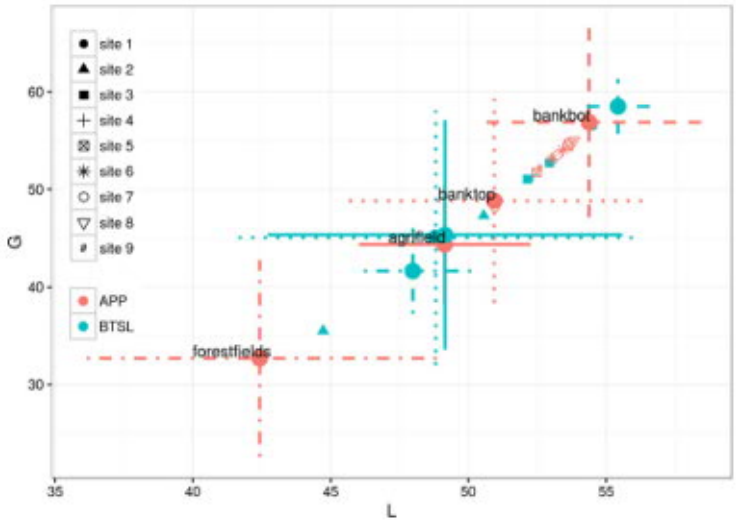

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
c
Z

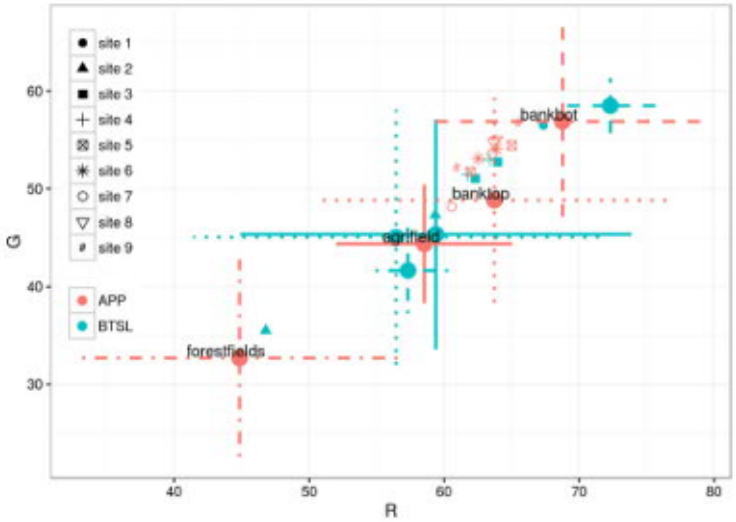

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
b

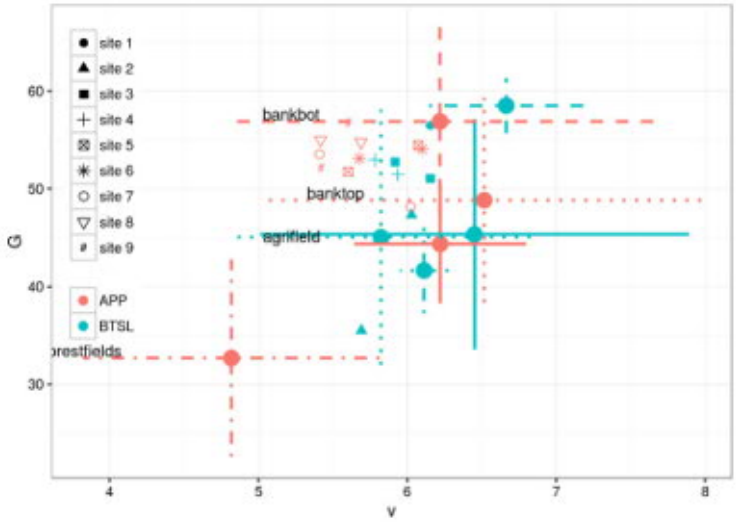

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
c

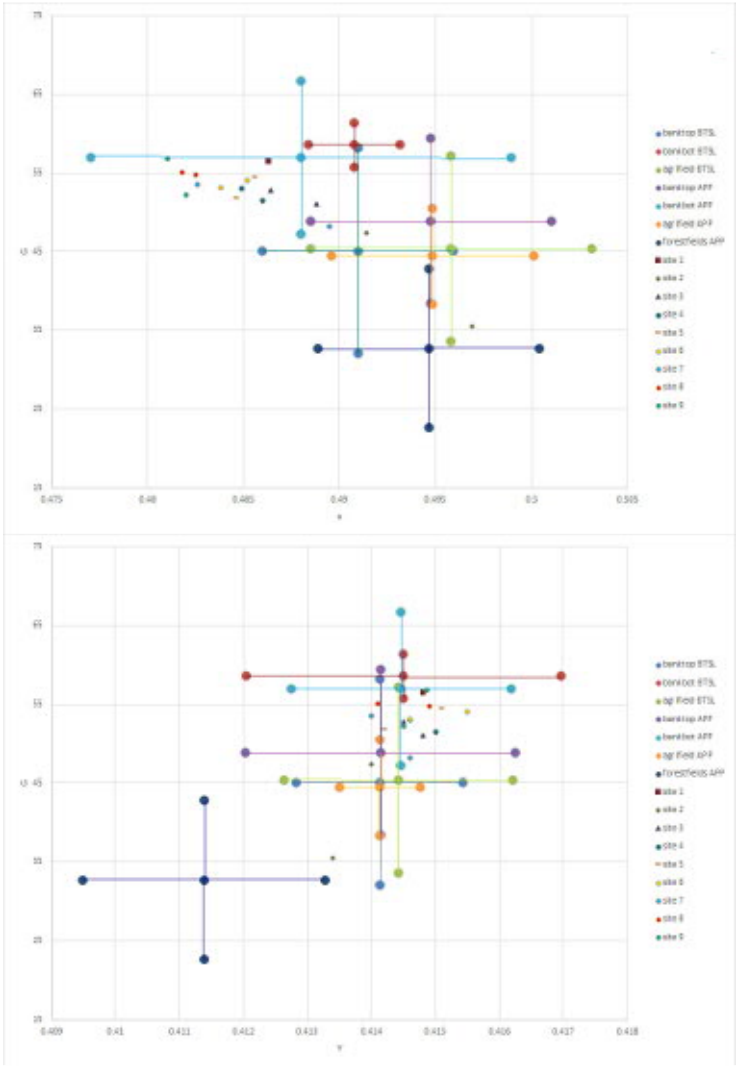

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
G
CS137

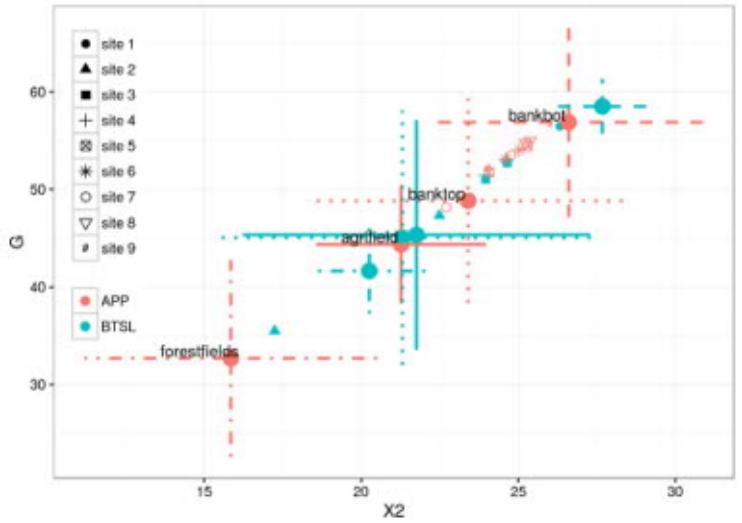

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
h
60
50
40
30
65
70

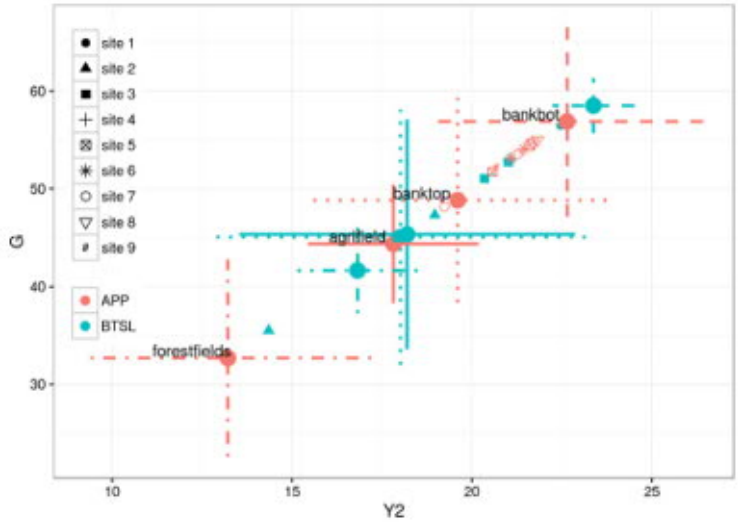

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
L
60
50
40
30
35
40
45
50
55

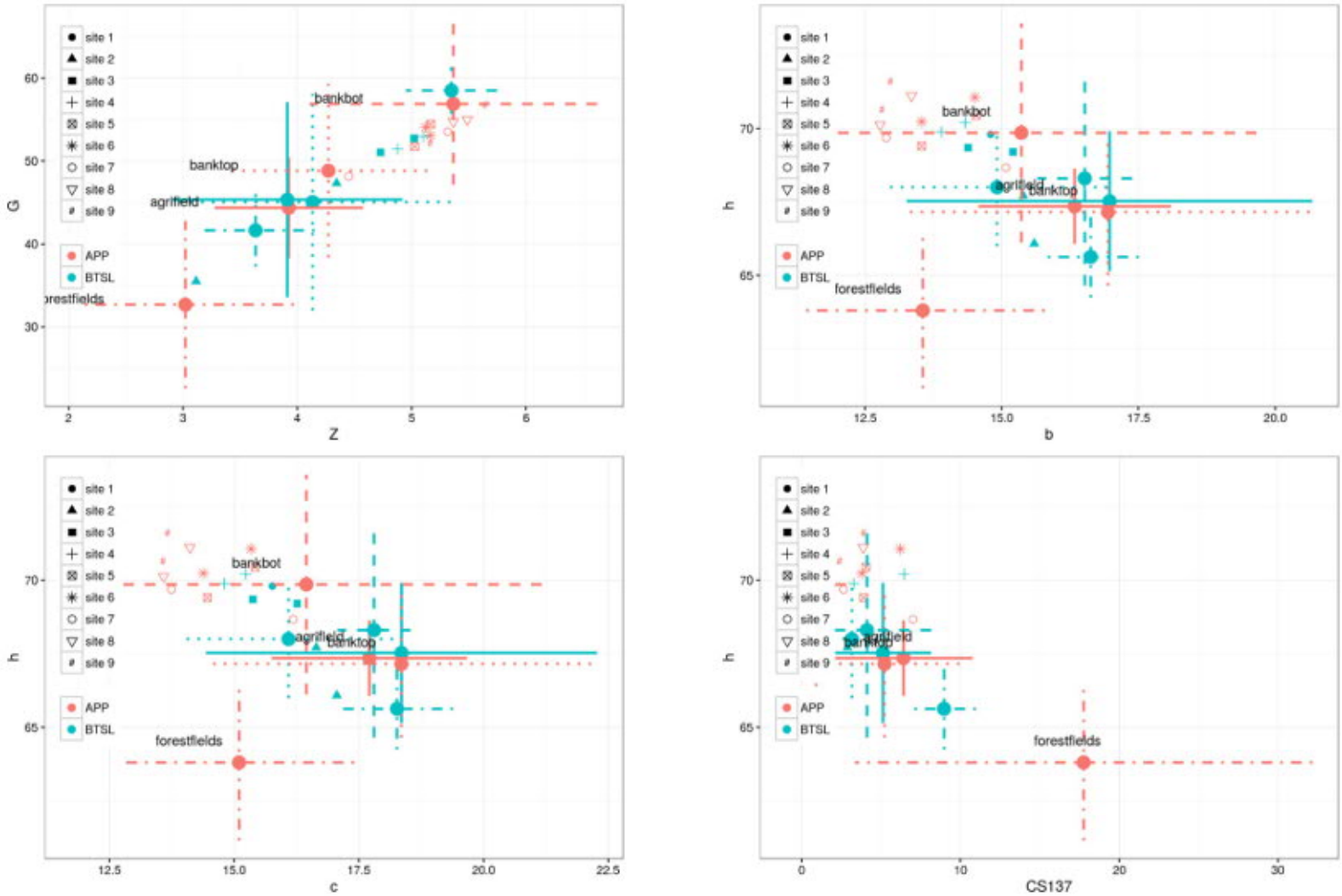

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
R
60
50
40
30
40
50
60
70
80

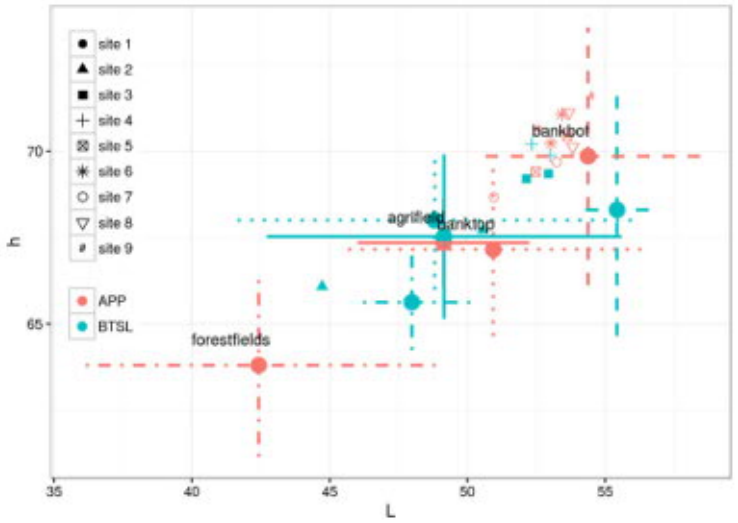

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
G
v
60
50
40
30
4
5
6
7
8

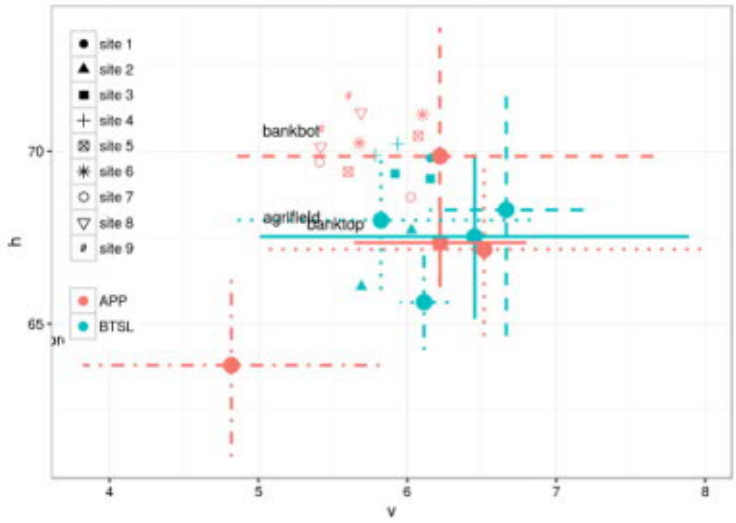


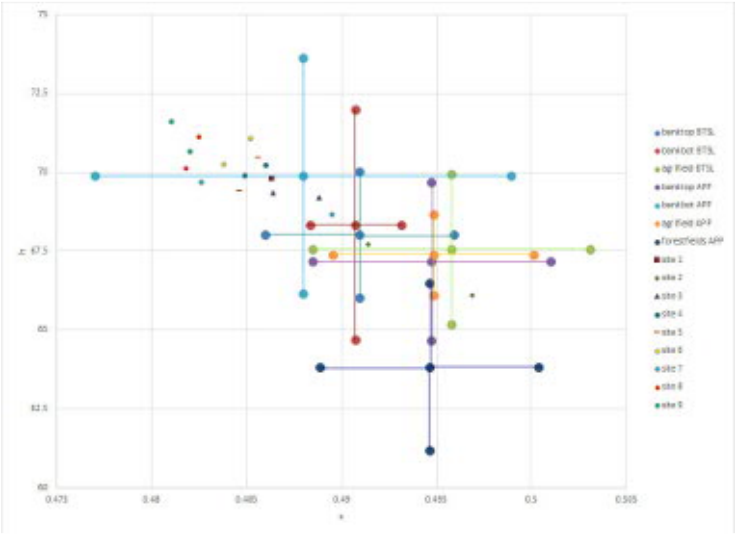

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
X2
60
50
40
30
15
20
25
30

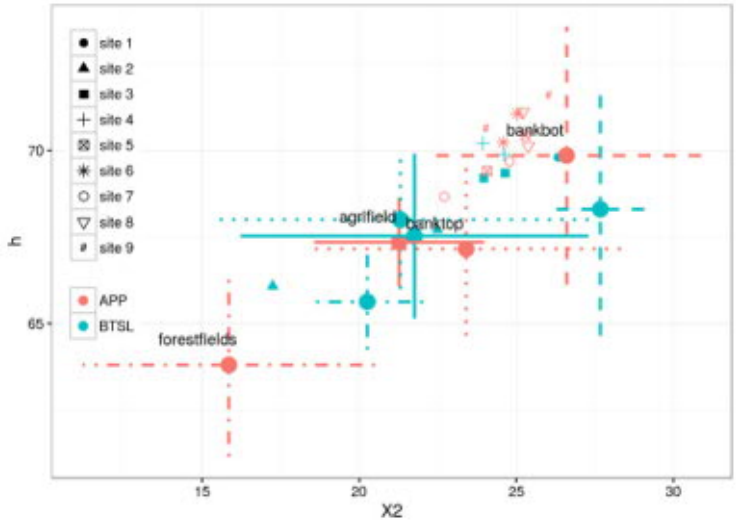

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
Y2
60
50
40
30
10
15
20
25

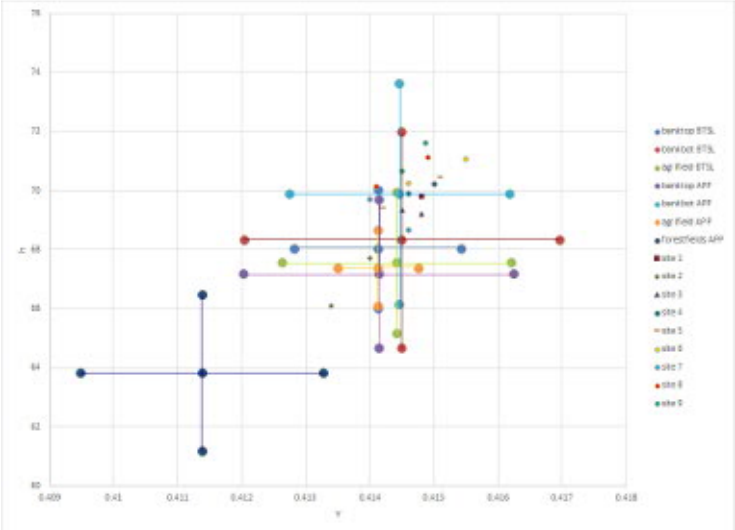

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
G
Z
h
b
c
CS137

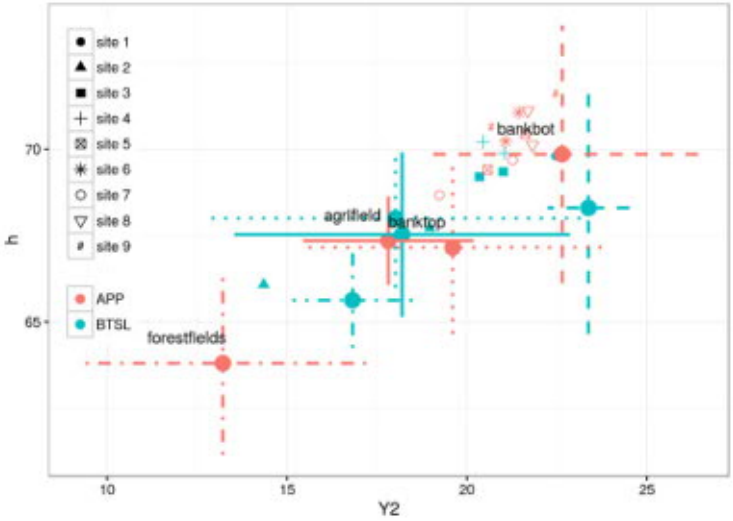

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
agrifield
banktop
forestfields
h
L
70
65
35
40
45
50
55

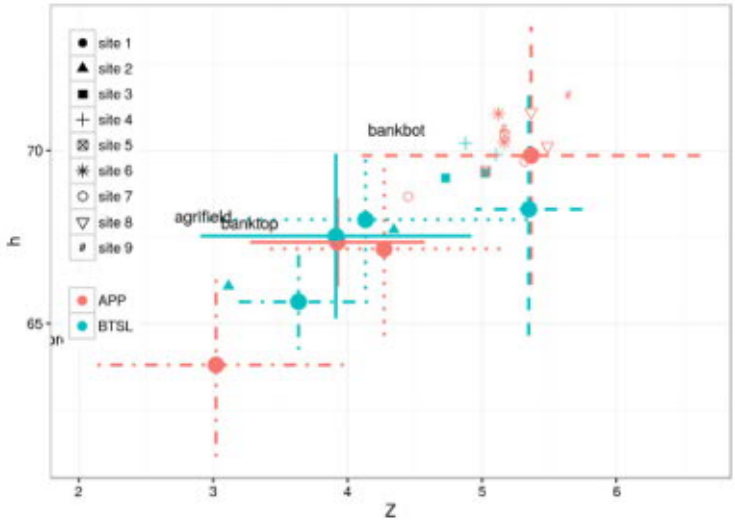

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
agrifield
banktop
h
v
70
65
4
5
6
7
8

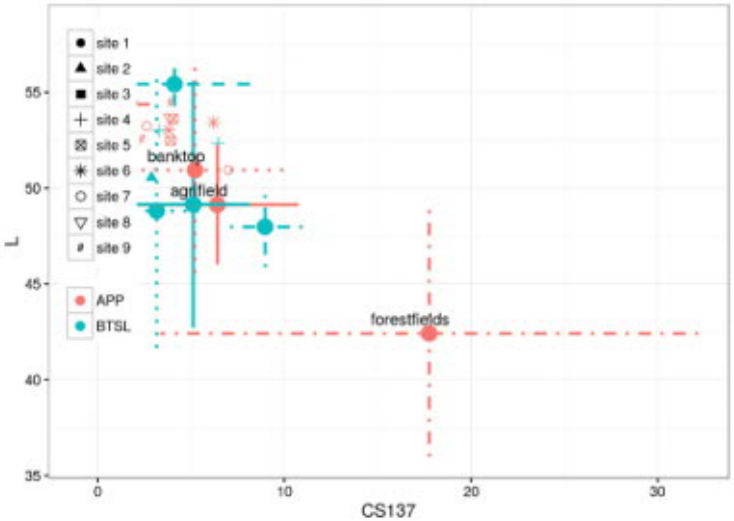


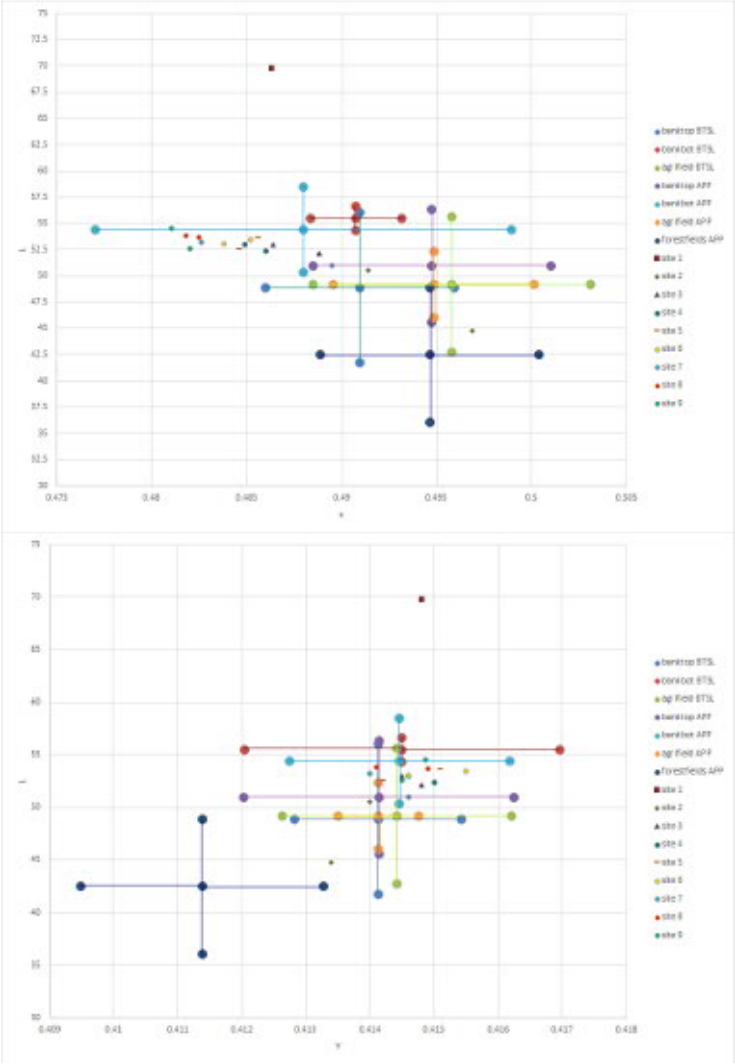

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
agrifield
banktop
forestfields
h
X2
70
65
15
20
25
30

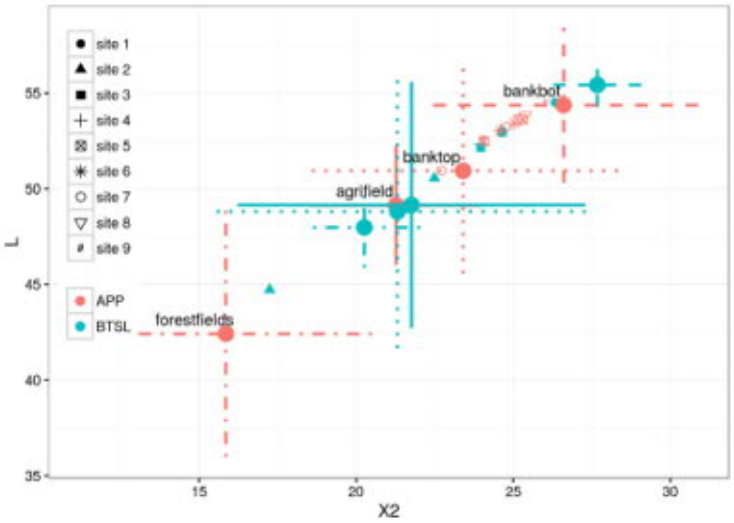


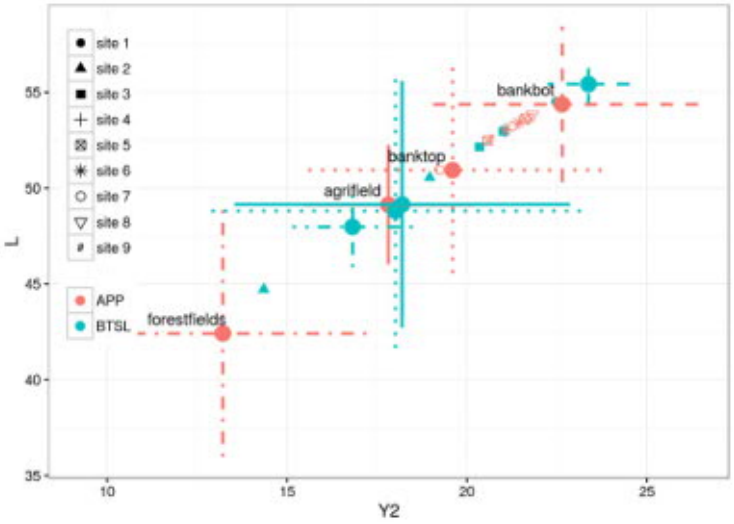

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
agrifield
banktop
forestfields
h
Y2

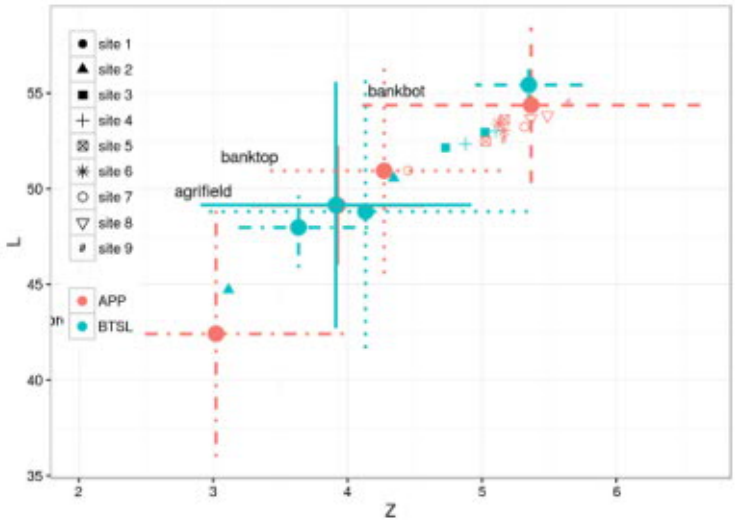

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
agrifield
banktop
h
Z

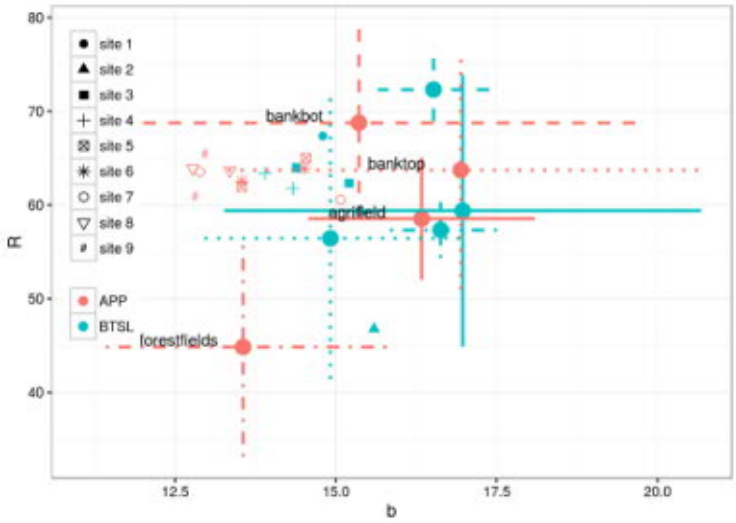

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
L
CS137

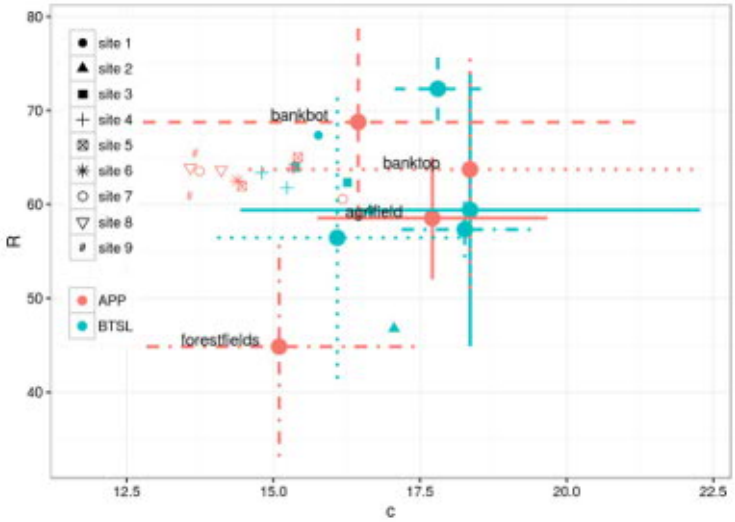


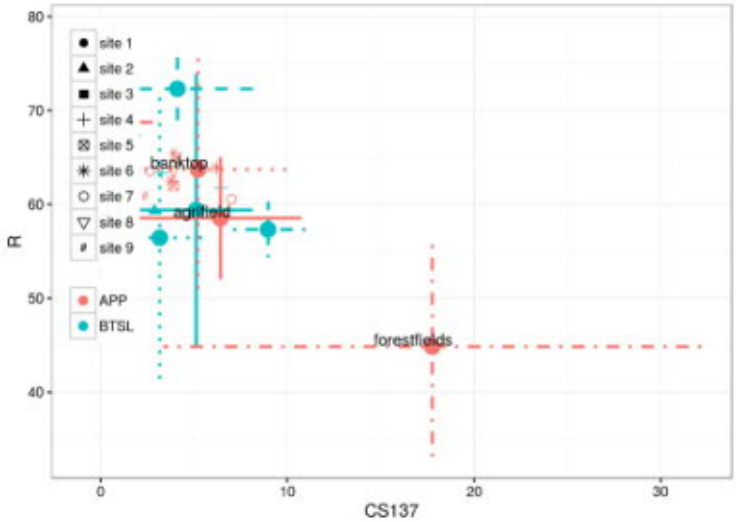

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
L
X2
55
50
45
40
35
15
20
25
30

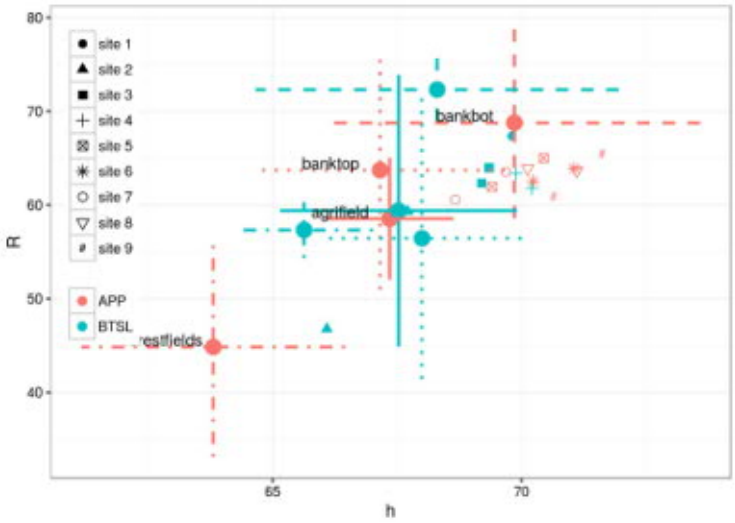

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
L
Y2
55
50
45
40
35
10
15
20
25

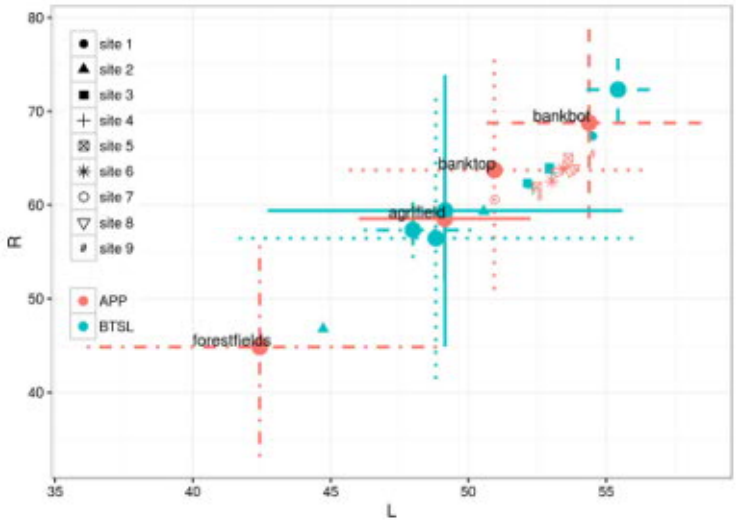

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
L
Z

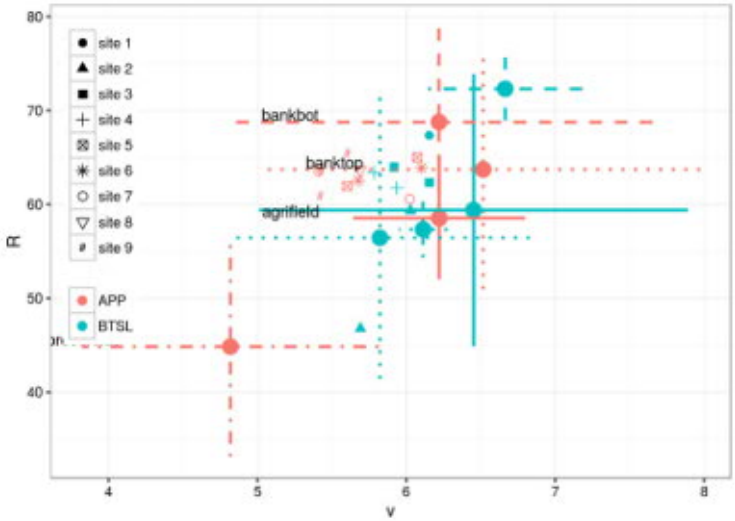

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
R
b

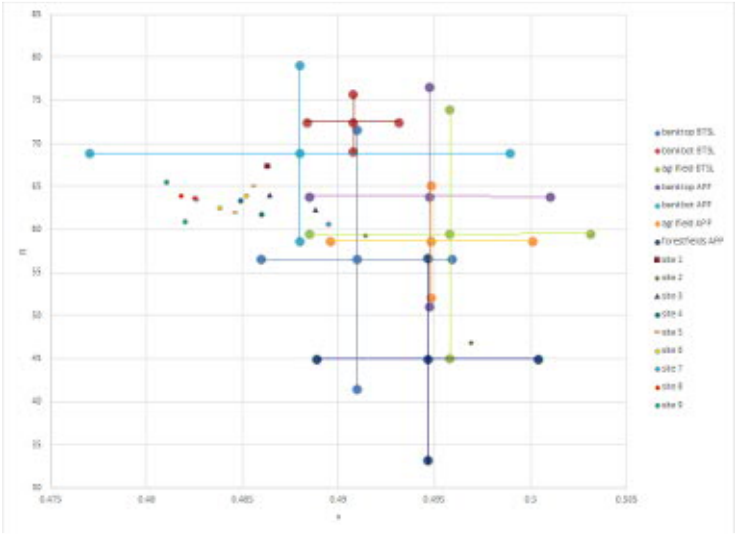

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
R
c

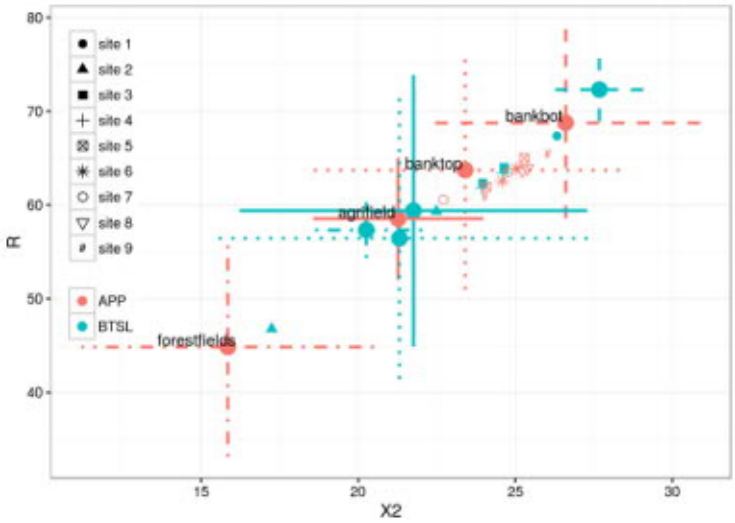

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
R
CS137

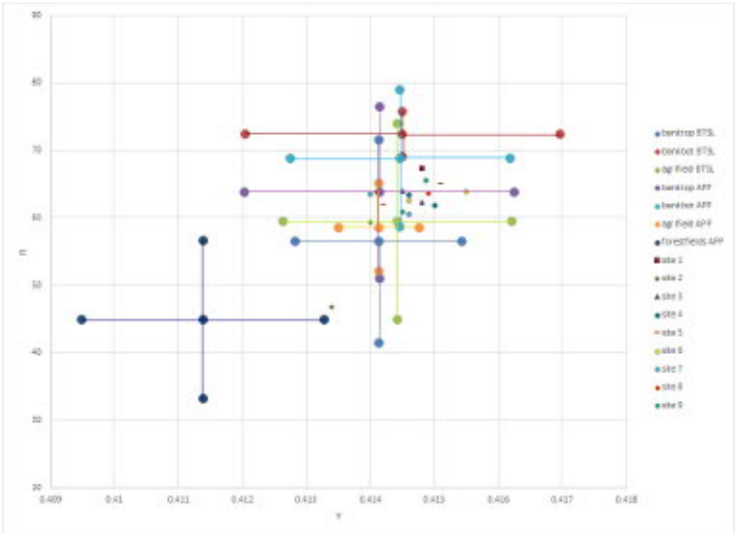

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
estfields
R
h

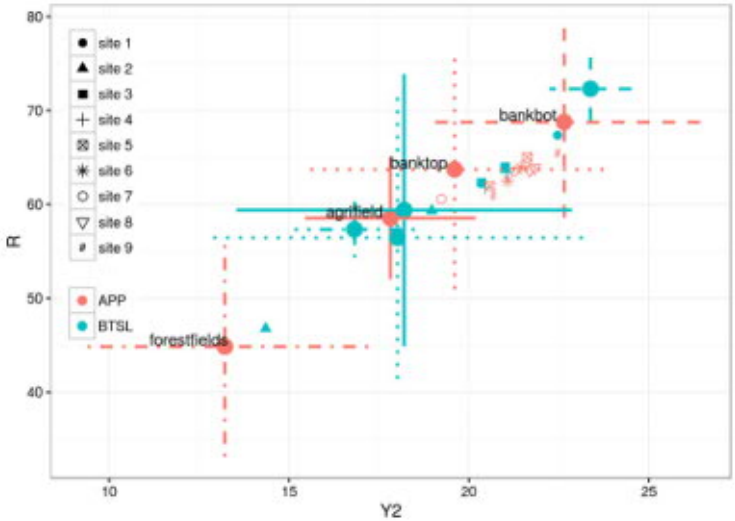

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
R
L

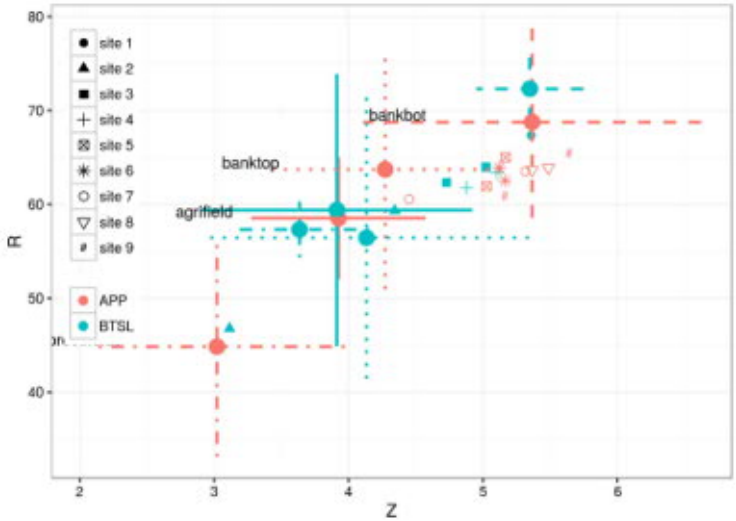

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
R
v

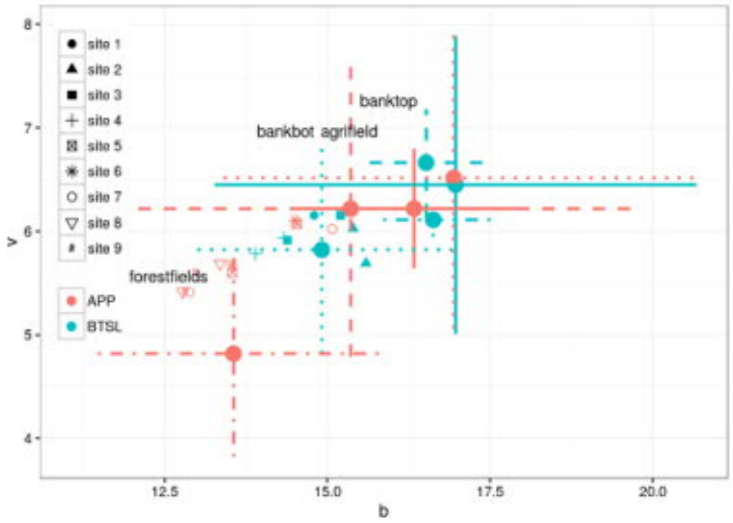


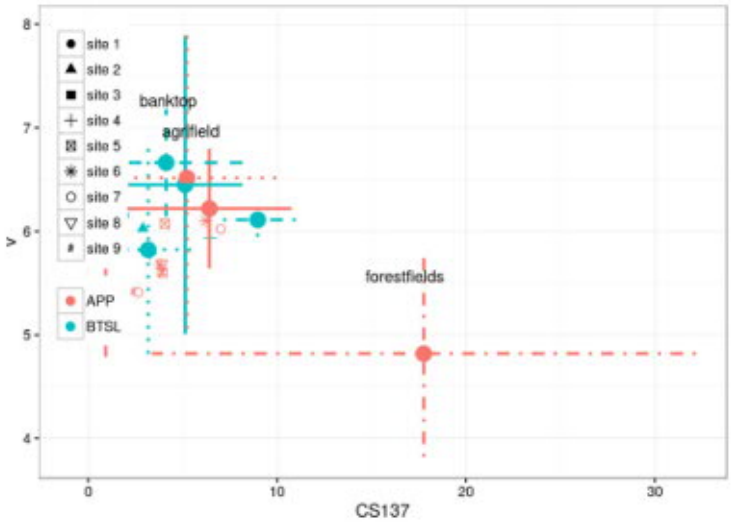

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
R
X2

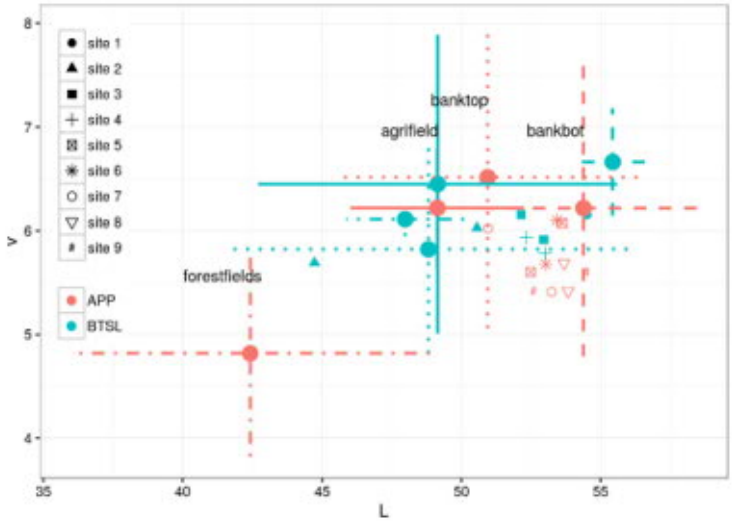


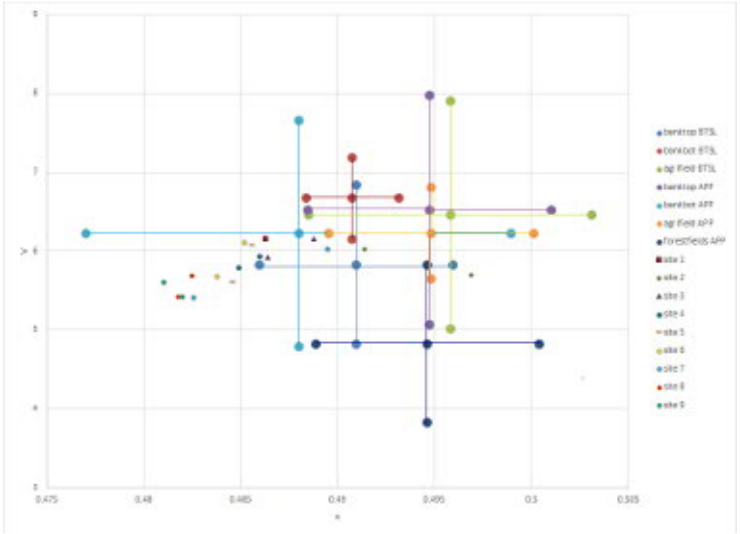

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
R
Y2

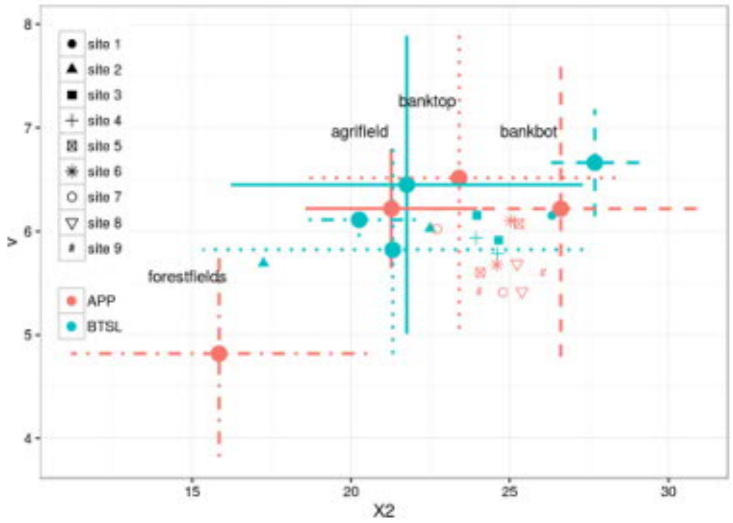

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
R
Z

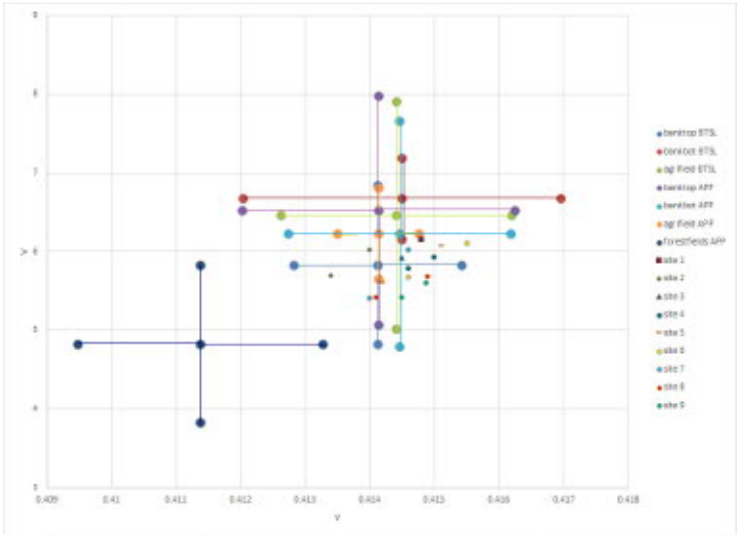

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
bankbot
agrifield
forestfields
v
b
8
7
6
5
4
12.5
15.0
17.5
20.0

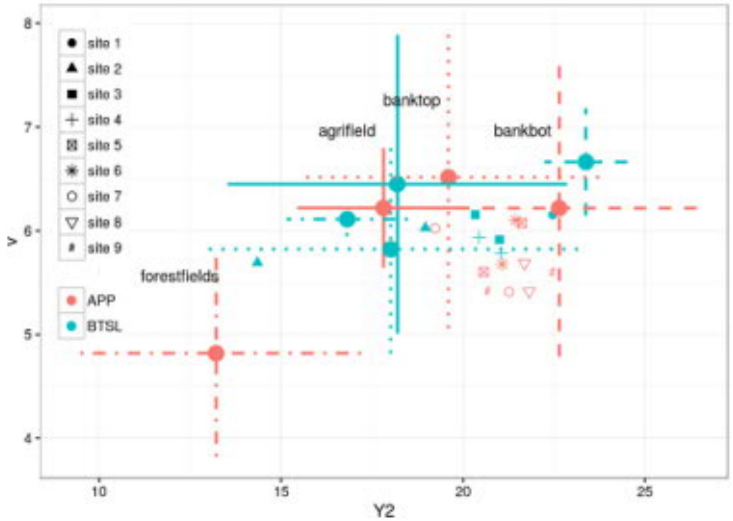

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
v
CS137
8
7
6
5
4
0
10
20
30

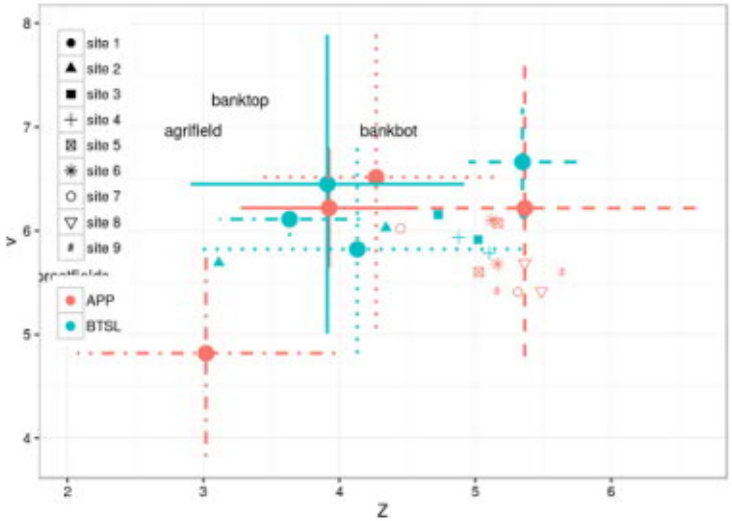

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
v
L
8
7
6
5
4
35
40
45
50
55

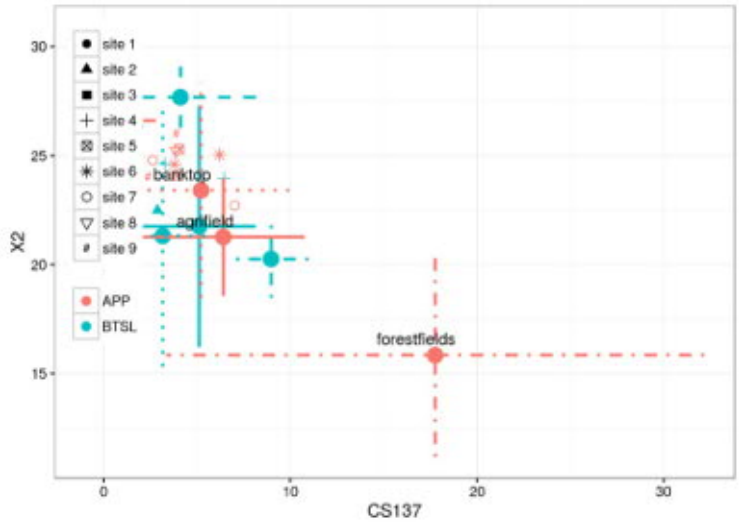


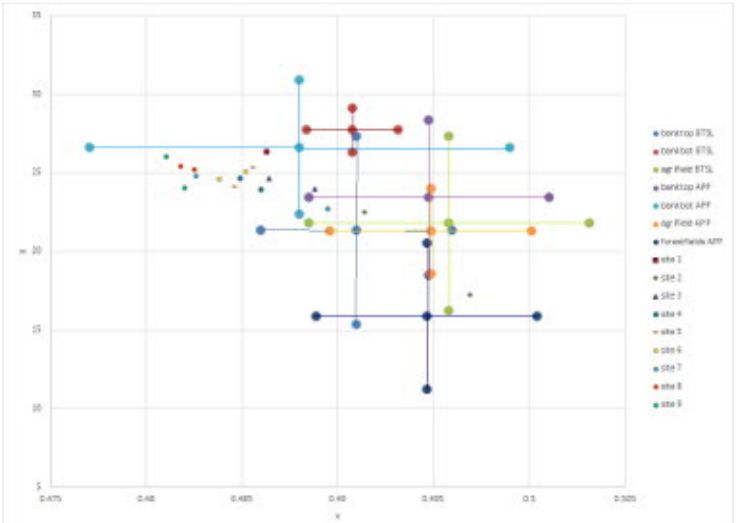

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
V
X2

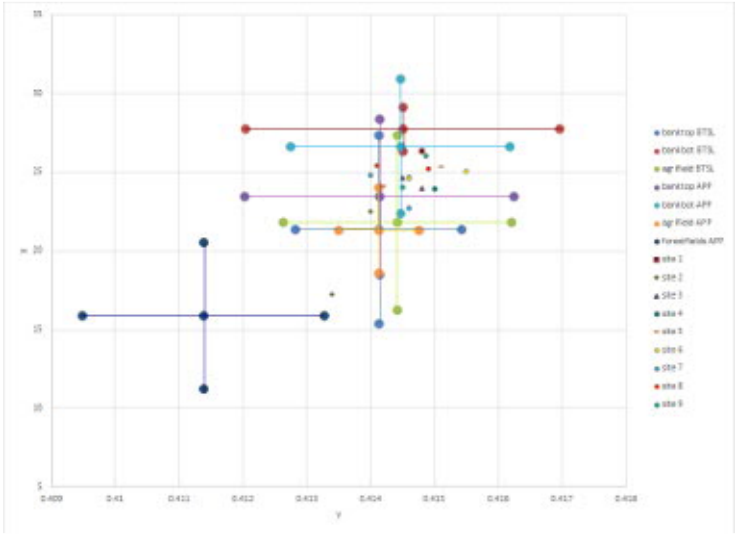

banktop BTSL
bankbot BTSL
ag field BTSL
banktop APP
bankbot APP
ag field APP
Forestfields APP
site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
V

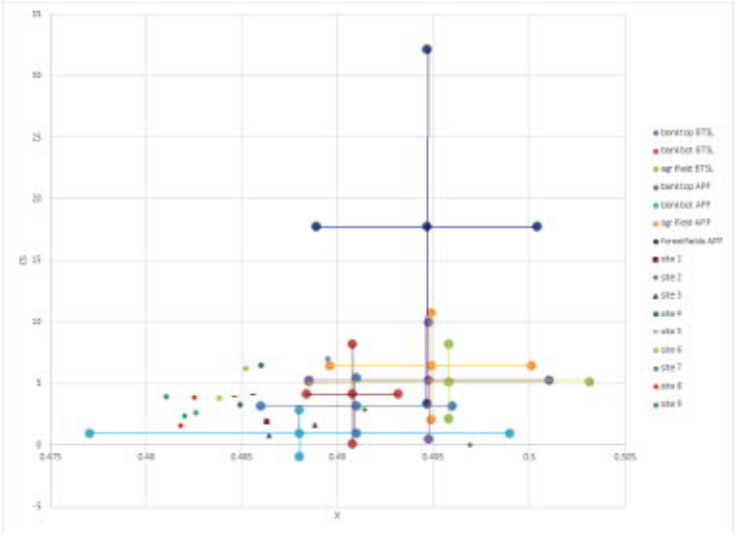

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
forestfields
V
Y2

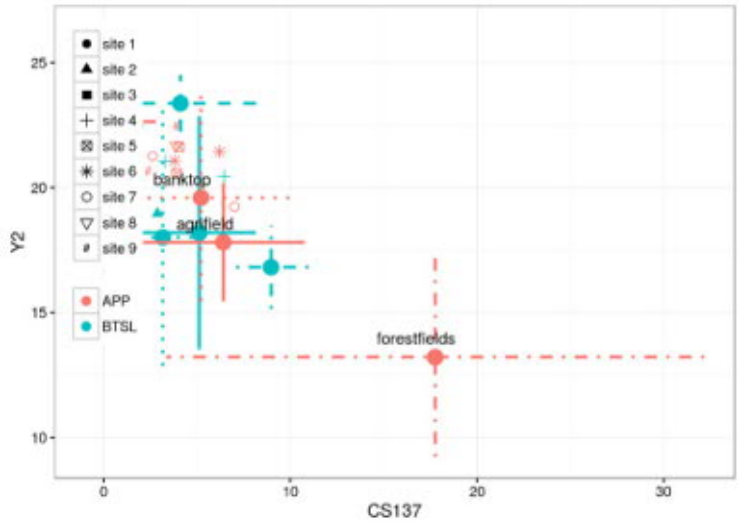

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
bankbot
V
Z

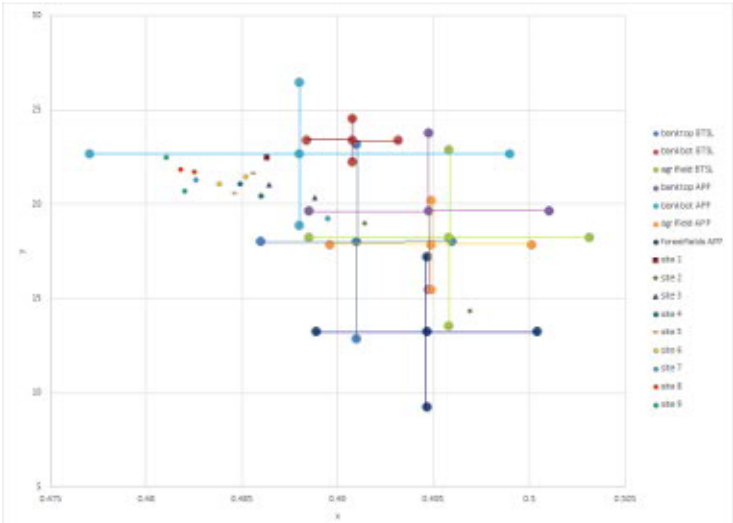

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
X2
CS137
30
25
20
15
0
10
20
30

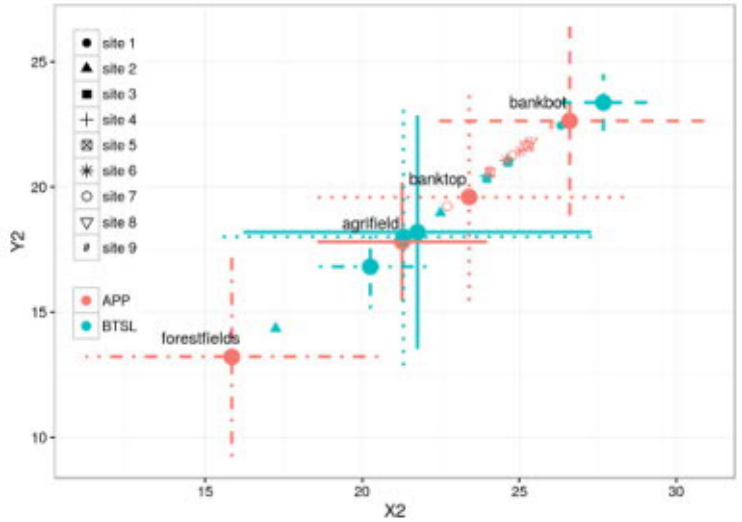


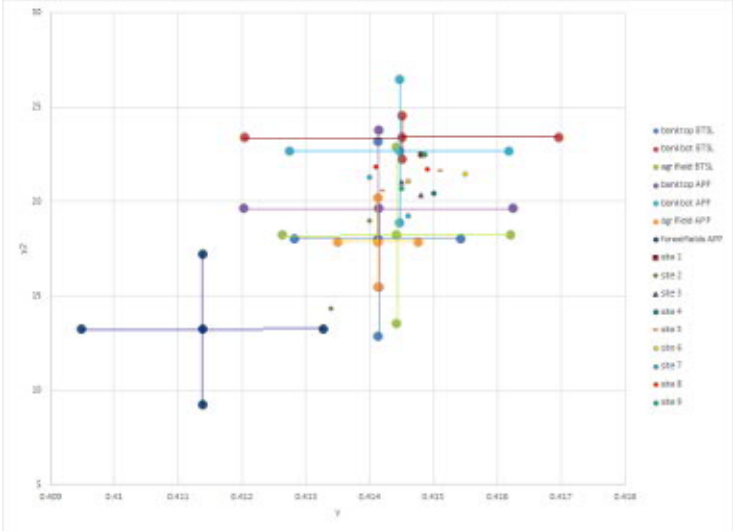


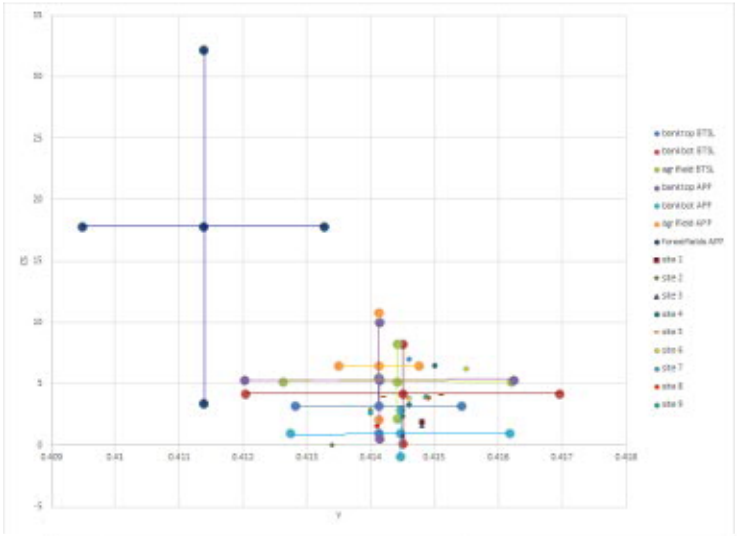


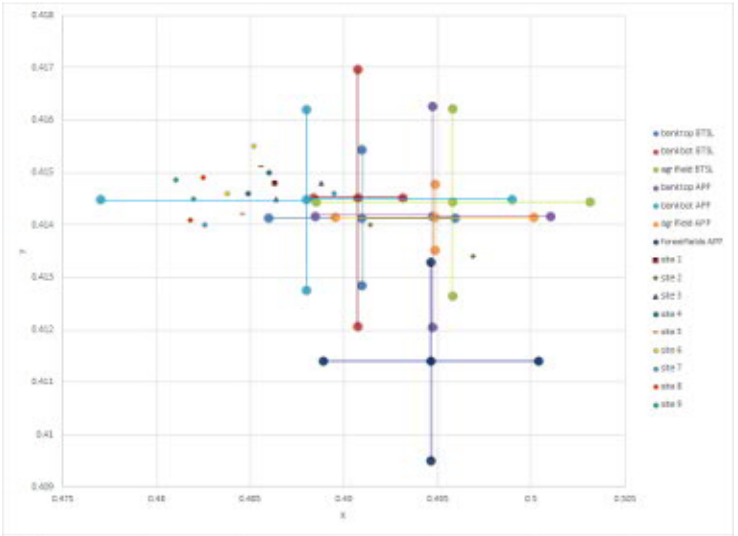

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
Y2
CS137

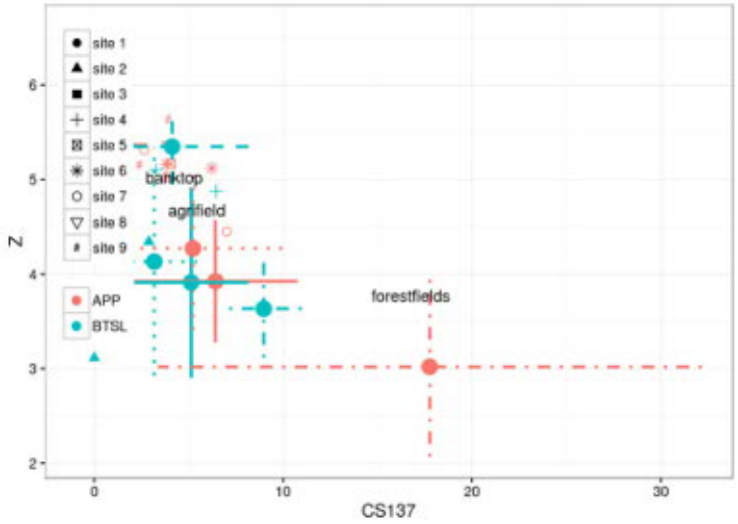


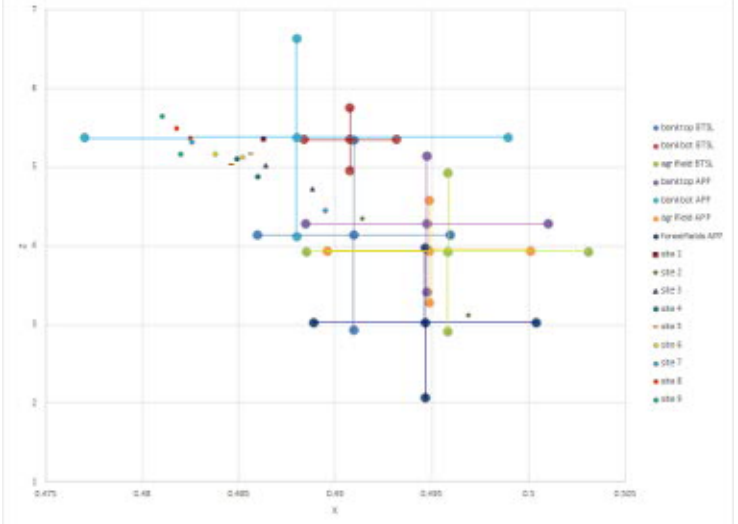

site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
Y2
X2

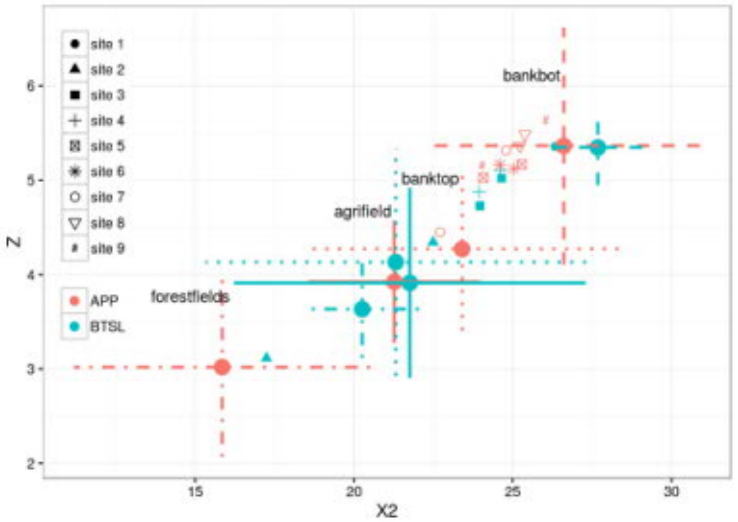


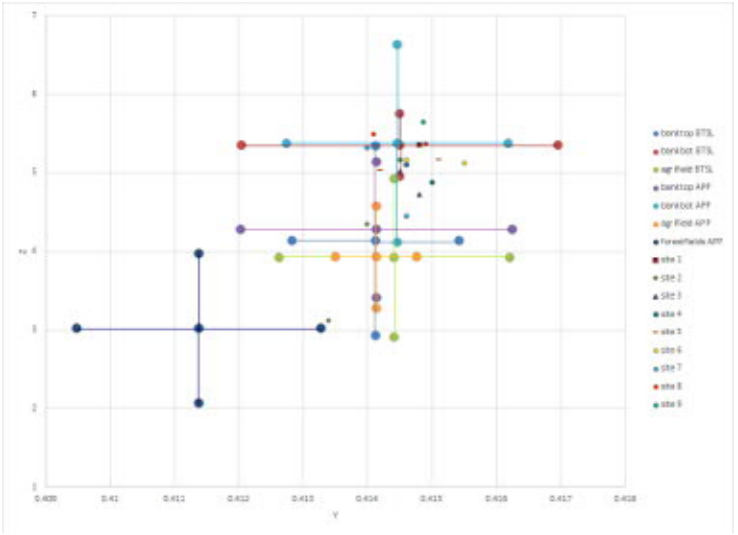


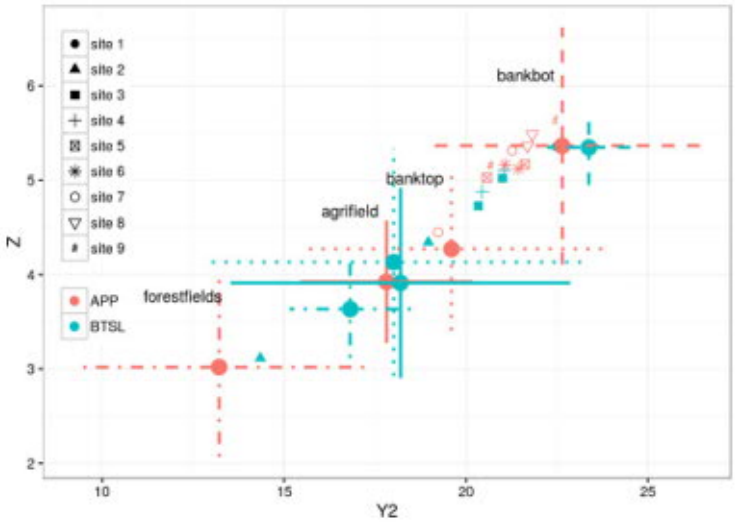



site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
banktop
agrifield
forestfields
Z
CS137




site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
Z
X2




site 1
site 2
site 3
site 4
site 5
site 6
site 7
site 8
site 9
APP
BTSL
bankbot
banktop
agrifield
forestfields
Z
Y2

Annexe H Résultats bruts et paramètres de modélisation

Site 1

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean	0.061	0.807	0.074	0.058
SD	0.065	0.089	0.066	0.054
2.50%	0.002	0.612	0.002	0.002
5%	0.003	0.651	0.004	0.003
25%	0.017	0.757	0.023	0.018
50%	0.041	0.819	0.055	0.043
75%	0.084	0.869	0.106	0.08
95%	0.179	0.929	0.209	0.171
97.50%	0.225	0.945	0.243	0.199
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		0	0	0
Normal length				
Error Structure: Process only				

Site 2

	AgriField		Banktop	
Mean	0.778		0.222	
SD	0.109		0.109	
2.50%	0.561		0.026	
5%	0.59		0.042	
25%	0.701		0.142	
50%	0.78		0.22	
75%	0.858		0.299	
95%	0.958		0.41	
97.50%	0.974		0.439	
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		0	0	1
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 3

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean	0.498	0.174	0.266	0.062
SD	0.104	0.12	0.152	0.052
2.50%	0.301	0.008	0.02	0.002
5%	0.332	0.016	0.038	0.004
25%	0.426	0.077	0.149	0.023
50%	0.497	0.155	0.251	0.048
75%	0.569	0.255	0.374	0.088
95%	0.669	0.391	0.529	0.166
97.50%	0.705	0.442	0.579	0.199
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		0	0	3
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 4

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean	0.241	0.259	0.065	0.435
SD	0.124	0.146	0.054	0.08
2.50%	0.019	0.022	0.003	0.274
5%	0.037	0.042	0.005	0.301
25%	0.149	0.144	0.023	0.385
50%	0.242	0.247	0.052	0.437
75%	0.33	0.363	0.095	0.487
95%	0.446	0.517	0.169	0.563
97.50%	0.489	0.555	0.199	0.588
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		2	1	2
Long length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 5

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean	0.168	0.059	0.289	0.484
SD	0.111	0.051	0.112	0.058
2.50%	0.008	0.001	0.061	0.363
5%	0.015	0.003	0.097	0.383
25%	0.079	0.02	0.213	0.446
50%	0.155	0.046	0.292	0.487
75%	0.24	0.086	0.368	0.524
95%	0.369	0.161	0.467	0.575
97.50%	0.41	0.187	0.495	0.592
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		3	1	1
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 6

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean	0.417	0.131	0.179	0.273
SD	0.128	0.083	0.106	0.078
2.50%	0.133	0.007	0.017	0.101
5%	0.181	0.015	0.03	0.137
25%	0.336	0.066	0.097	0.223
50%	0.429	0.122	0.167	0.28
75%	0.509	0.183	0.247	0.328
95%	0.605	0.287	0.373	0.393
97.50%	0.633	0.318	0.411	0.411
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		1	1	1
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 7

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean		0.545	0.181	0.274
SD		0.072	0.118	0.115
2.50%		0.398	0.011	0.04
5%		0.429	0.021	0.074
25%		0.499	0.087	0.194
50%		0.546	0.163	0.279
75%		0.595	0.256	0.358
95%		0.659	0.397	0.453
97.50%		0.682	0.45	0.478
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		2	0	4
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 8

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean	0.182	0.233	0.253	0.332
SD	0.071	0.092	0.095	0.142
2.50%	0.053	0.056	0.081	0.053
5%	0.069	0.083	0.099	0.093
25%	0.131	0.169	0.186	0.232
50%	0.18	0.231	0.25	0.333
75%	0.229	0.294	0.313	0.429
95%	0.304	0.389	0.415	0.568
97.50%	0.328	0.419	0.451	0.61
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		1	2	1
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				

Site 9

	AgriField	Bankbot	Banktop	ForestFields
Mean		0.793	0.07	0.137
SD		0.049	0.05	0.041
2.50%		0.686	0.004	0.055
5%		0.708	0.007	0.068
25%		0.762	0.031	0.11
50%		0.797	0.061	0.137
75%		0.827	0.099	0.163
95%		0.868	0.163	0.204
97.50%		0.881	0.188	0.217
Gelman		Geweke		
0>1.05		Chain 1	Chain 2	Chain 3
0>1.1		1	0	2
Normal length				
Error Structure: Resid*Process				