

# 6. Hydraulique, dynamique et morphologie fluviale



Université du Québec à Chicoutimi



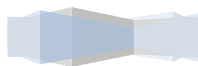
Présenté par Jesse Schnobb

16 juillet 2010



## Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	4
1.1 Historique .....	4
1.2 Énoncé du problème de recherche .....	4
1.2.1 Énoncée des sous problèmes .....	4
1.3 Justification de l'étude .....	4
1.4 Limite de l'étude .....	5
1.5 Objectif escomptés .....	5
<b>2. État de la situation</b> .....	5
2.1 Procédures pour vérifier l'état de la situation .....	5
2.2 Résultats des procédures pour vérifier l'état de la situation .....	6
<b>A. Définition des termes</b> .....	6
<b>B. Les types d'écoulements</b> .....	7
<b>C. Transport des particules</b> .....	10
<b>D. Formes naturelles des rivières</b> .....	13
<b>E. Évolution des rivières</b> .....	20
2.3 Conclusion .....	22
<b>3. Méthodologie</b> .....	23
3.1 Rappel des sous-problèmes afin de résoudre le problème de recherche principal .....	23
3.2 Méthodologie utilisée pour résoudre chaque sous-problème de l'étude .....	23
3.3 Conclusion .....	23
<b>4. Analyse</b> .....	24
<b>5. Conclusion</b> .....	37
<b>6. Références</b> .....	38





## Table des illustrations

Figure 1 – Passage fluvial à torrentiel .....	7
Figure 2 – Typologie des ressauts .....	9
Figure 3 – Méthodes de transport des solides.....	11
Figure 4 – Forces exercées par l’écoulement de l’eau sur les grains .....	12
Figure 5 – Nomination des composantes de la rivière.....	13
Figure 6 – Styles fluviaux .....	15
Figure 7 – Les courants hélicoïdaux dans une courbe .....	16
Figure 8 – Causes de déformation des berges .....	17
Figure 9 – Localisation des endroits sensibles à l’érosion sur les berges .....	18
Figure 10 – Modification des seuils et des mouilles en période de crue .....	19
Figure 11 – Répercussion du déblaiement du lit de la rivière .....	20
Figure 12 – Répercussion de l’élargissement du lit de la rivière .....	21
Figure 13 – Point critique .....	24
Figure 14 – Le ressaut du rapide du Caribou sur la haute Shipshaw.....	25
Figure 15 –Photos de seuils noyés et dénoyés .....	26
Figure 16 – Différents styles de la rivière Noire en Outaouais.....	26
Figure 17 – Évolution du style de la rivière Noire en Outaouais .....	27
Figure 18 – Dépôts de sable sur la rivière Noire en Outaouais .....	28
Figure 19 – Image satellite de l’île de Montréal .....	29
Figure 20 – Image satellite de la rivière Saguenay .....	30
Figure 21 – Image satellite de la rivière Restigouche .....	31
Figure 22 – Le rapide et les îles du Mockler sur la rivière Restigouche, Canada .....	32
Figure 23 – Le rapide Chamberland sur la rivière Restigouche, Canada .....	33
Figure 24 – Bras secondaire du rapide des portes de l’enfer sur la rivière Matapédia, Canada ...	34
Figure 25 – Vue amont du rapide des portes de l’enfer sur la rivière Matapédia, Canada .....	35
Figure 26 – Vue aval du rapide des portes de l’enfer sur la rivière Matapédia, Canada .....	36





## 1. Introduction

### 1.1 Historique

L'eau, puissance destructrice et créatrice. Comme tous les éléments de la nature, l'eau obéit à plusieurs principes physiques et permet donc de prédire son comportement malgré son caractère chaotique. C'est donc sous l'égide de l'hydrologie que seront étudiées les rivières et leurs obstacles comme un membre de la grande famille de la mécanique des fluides. Ce travail consiste en un résumé des travaux du *cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale de Gérard Degoutte, ingénieur au Cemagref*. Il sera question de définir les principes et termes reliés au domaine d'étude et de décrire les phénomènes observables et liés au canotage au Québec.

### 1.2 Énoncé du problème de recherche

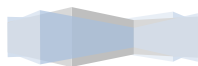
Quelles sont les phénomènes hydrauliques influençant la morphologie fluviale?

#### 1.2.1 *Énoncée des sous problèmes*

- Il faut d'abord définir les principes hydrologiques reliés à la mécanique des fluides.
- Le lien entre la théorie et la pratique nécessitera plusieurs observations sur le terrain, transposé sur papier grâce aux photos.

### 1.3 Justification de l'étude

Cette étude est réalisée dans le cadre du cours Projet I 4SAP603 à l'Université du Québec à Chicoutimi. Elle constitue une partie du contrat d'apprentissage de l'étudiant et a pour but d'approfondir ces connaissances du milieu fluvial.





## 1.4 Limite de l'étude

Comme il s'agit d'un résumé des notes d'un cours universitaire on suppose donc de la validité de la source. Les éléments présentés ci-après non pas la prétention d'être des vérités absolues, mais bien des indicateurs qui peuvent guider nos réflexions et observations. Elle vise les canoteurs et kayakistes qui parcourent les rivières afin de les aider à comprendre leur environnement lors de ces activités. Des études complémentaires sont nécessaires pour confirmer les notions présentées ci-dessous.

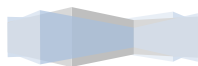
## 1.5 Objectif escomptés

Le principal objectif de cette étude est de comprendre les mécanismes qui forment et modifient les rivières en fonction de la mécanique des fluides. Après cette recherche, il sera aisé de regarder une carte et de comprendre d'après son tracé, sa pente, sa géologie et sa végétation le type de cours d'eau et d'obstacles qui seront présents sur la rivière.

## **2. État de la situation**

### 2.1 Procédures pour vérifier l'état de la situation

Pour mieux comprendre les notions d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale les notes du cours de 2ème année de la maîtrise en sciences et technologies de l'Université de Paris VI seront étudiées. Les notes ont été rédigées par l'ENGREF (École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts). Pour plus de détails veuillez consulter les références à la page 38.





## 2.2 Résultats des procédures pour vérifier l'état de la situation

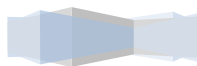
### **A. Définition des termes**

L'hydraulique à surface libre est le secteur qui caractérise l'étude des canaux et des rivières.

- **Pente** : Inclinaison, dénivelé d'un terrain.
- **Régime permanent** : Écoulement dont le débit est fixe.
- **Régime transitoire** : Écoulement où le débit varie en fonction du temps.
- **Coefficient de rugosité (K)** : Se dit de la composition du lit de la rivière, selon la végétation, le type de sol ou de fabrication humaine, qui ralentie l'écoulement de l'eau.
- **Nombre de Froude** : Caractérise dans un fluide l'importance relative des forces liées à la vitesse et à la force de pesanteur<sup>1</sup>
- **Débit (Q)** : Volume d'eau par unité de temps
- **Écoulement torrentiel** : Écoulement d'un fluide qui correspond à un nombre de Froude supérieur à 1.
- **Écoulement fluvial** : Écoulement d'un fluide qui correspond à un nombre de Froude inférieur à 1.
- **Seuil noyé** : Seuil qui contrôle l'écoulement de l'eau.
- **Seuil Dénoyé** : Seuil qui transforme l'écoulement de l'eau de fluvial à torrentiel.
- **Ressaut** : Lorsqu'un écoulement torrentiel rencontre un écoulement fluvial
- **Équilibre** : Débit entrant = débit sortant
- **Dépôt** : Débit entrant > débit sortant
- **Érosion** : Débit entrant < débit sortant

---

<sup>1</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre\\_de\\_Froude](http://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre_de_Froude)





## B. Les types d'écoulements

L'impact des obstacles que nous voulons observer est caractérisé par un écoulement de type permanent varié. Ce dernier se définit par un changement dans la géométrie et la rugosité du lit de la rivière. Il existe 3 autres types d'écoulement soit : permanent, permanent uniforme et transitoire. Pour plus de détails consulter la page 38.

Cette même section se divise en deux autres ; les écoulements graduellement variés et les écoulements rapidement variés.

### a. Les écoulements graduellement variés

Cet écoulement est caractérisé par un changement des dimensions, des formes, de la rugosité, de la pente du chenal qui varient sans brusqueries et par la hauteur d'eau qui varie doucement.

On dit d'un écoulement qu'il est fluvial lorsque le nombre de Froude y correspondant est inférieur à 1, critique lorsqu'il est égal à 1 et torrentiel lorsqu'il est supérieur à 1.

Un écoulement fluvial est influencé par l'aval tandis qu'un écoulement torrentiel est influencé par l'amont et vient se buter contre les obstacles.

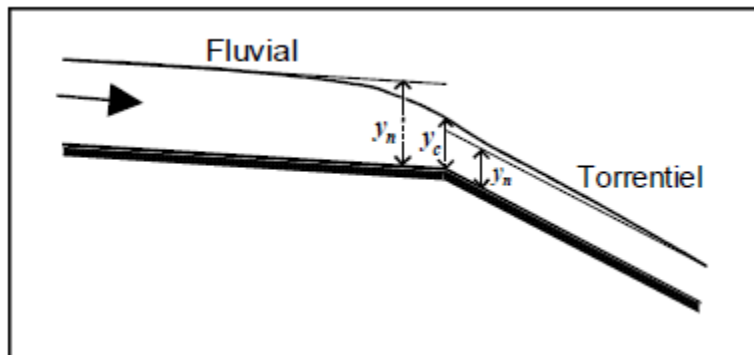
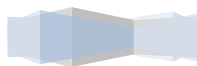


Figure 1 – Passage fluvial à torrentiel<sup>2</sup>

<sup>2</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





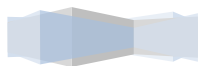
## b. Les écoulements rapidement variés

Ils constituent le deuxième type d'écoulement qui se caractérise, comme son nom l'indique, par un changement brusque de la géométrie de la rivière.

Par exemple, lorsqu'un écoulement torrentiel rencontre un écoulement fluvial, il s'ensuit un ressaut. L'énergie accumulée est donc dissipée dans de grands tourbillons, des remous et des bulles d'air entraînés.

Donc, plus le différentiel d'énergie sera grand, plus il y aura un gros ressaut. Cette logique est caractérisée par le nombre de Froude. Il est possible de distinguer 5 types de ressaut :

- 1) Le ressaut ondulé est obtenu pour des nombres de Froude inférieurs à 1,7. Seules quelques légères rides sont observées en surface.
- 2) Le ressaut faible est obtenu pour des nombres de Froude compris entre 1,7 et 2,5. Des petites tourbillons ou rouleaux prennent naissance.
- 3) Le ressaut oscillant apparaît pour des nombres de Froude compris entre 2,5 et 4,5. Des turbulences fortes se produisent non seulement en surface, mais aussi au fond et cela de manière irrégulière. Ces turbulences peuvent se propager loin à l'aval.
- 4) Lorsque le nombre de Froude est compris entre 4,5 et 9, le ressaut est dit établi ou stationnaire. Il est bien localisé et efficace en terme de dissipation de l'énergie.
- 5) Enfin, au-delà d'un nombre de Froude de 9, ce qui ne rencontre pas en rivière, le ressaut est dit fort. De véritables paquets d'eau sont projetés par intermittence.



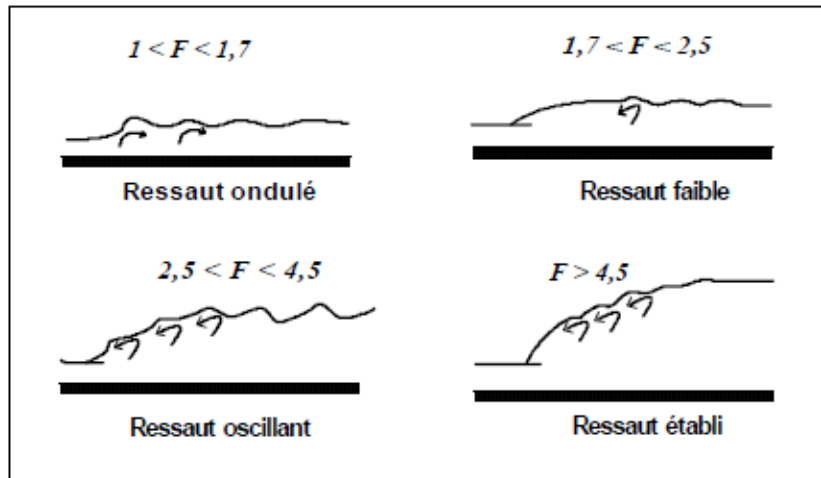


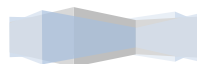
Figure 2 – Typologie des ressauts<sup>3</sup>

### c. Les seuils

Il existe 2 types de fonctionnement d'un seuil, noyé et dénoyé. On dit d'un seuil dénoyé qu'il y a un passage torrentiel au droit de la chute puis un ressaut avant de retrouver l'écoulement fluvial aval. C'est donc dans ce cas que l'écoulement est contrôlé par le seuil.

Dans l'autre cas où le débit augmente considérablement, l'écoulement fluvial aval remonte jusqu'au seuil et vient donc éliminer le ressaut, laissant quelques remous. À partir de cet instant, l'écoulement n'est plus contrôlé par le seuil et redevient fluvial, cela influence par la suite l'écoulement amont.

<sup>3</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





## C. Transport des particules

Les matériaux transportés par la rivière proviennent soit du bassin versant soit des berges et du lit des suites d'érosion de plusieurs types; gel-dégel, vent, crues, etc. On nomme donc se déplacement granulaire du transport solide.

### a. Notions d'hydraulique fluviale

Il est important de d'abord caractériser les rivières fluviales selon leur phase distincte liquide et solide (1 et 2) et de leur phase mixte pour les rivières torrentielles (3).

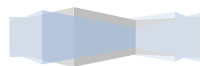
- 1) Les rivières ont une pente inférieure à 1%;
- 2) Les rivières torrentielles ont une pente comprise entre 1 et 6%;
- 3) Les torrents ont une pente supérieure à 6%.

Seuls les 2 premiers types de rivière seront traités ici puisque le 3<sup>ème</sup> fait partie de l'hydraulique torrentielle. L'appellation fluviale et torrentielle d'une rivière n'a pas de lien avec le type d'écoulement s'y retrouvant.

### b. Les processus de transport

Il existe 3 principaux moyens par lesquels les alluvions sont transportés ou non.

- 1) Repos : La vitesse du courant étant faible, il n'y a pas de transport.
- 2) Charriage : La vitesse du courant un peu plus forte, fait rouler, rebondir et glisser les matériaux du fond du lit à moins de 1 mètre par heure.
- 3) Suspension : La vitesse du courant est plus rapide, les matériaux sont emportés par le courant et voyage à la même vitesse que celui-ci.



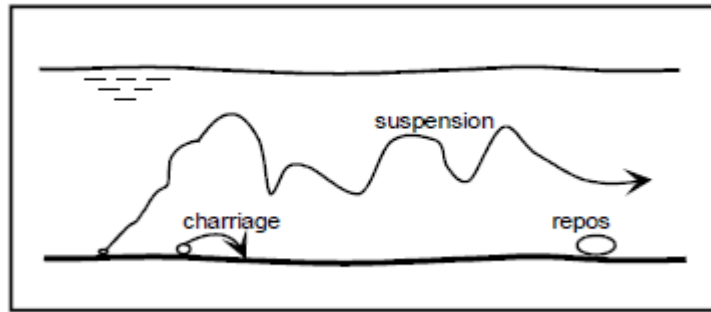


Figure 3 – Méthodes de transport des solides<sup>4</sup>

Évidemment, plus un matériau est fin, tel que argile, silt, sable, plus il sera facilement emporté par suspension et les matériaux plus grossier tel que le gravier se feront d'avantage transporter par charriage.

Ce sont généralement les matériaux grossiers qui composent et façonnent la morphologie de la rivière, puisque les matériaux fins ont besoins d'endroits permettant leur sédimentation, donc ailleurs que dans la veine principale.

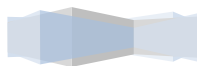
### c. L'érosion et les dépôts

Dans les rivières il existe des zones plus rapides et plus lentes causé par la géomorphologie du lit et des berges. Les zones plus rapides entraîneront une érosion tandis que les zones plus lentes entraîneront un dépôt des particules. Les dépôts résulteront en des bancs, des plages où des îles.

Il y a un cycle annuel équilibrant les dépôts et l'érosion, cette respiration permet de maintenir le lit de la rivière relativement stable. Des modifications dans le bassin versant ou du lit de la rivière altéreront ce rythme naturel et forcera la rivière à s'adapter en modifiant sa morphologie.

On suppose par hypothèse que l'écoulement est saturé en débit solide (charriage et suspension) en tout temps. Advenant une plus grande entrée du débit solide par rapport à la sortie, il y aura un dépôt et inversement il y aura de l'érosion. Si une rivière n'est pas saturé en débit solide et qu'il s'agit de transport par charriage, il suffira d'une dizaine de

<sup>4</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





mètres pour rétablir l'équilibre. Pour un cas de transport par suspension, il faudra plusieurs kilomètres pour obtenir le même résultat.

Un grain débutera son transport lorsque la contrainte de son poids et du frottement sera dépassée par la contrainte d'emportement et de la poussée d'Archimède. Plusieurs autres facteurs influencent ces contraintes, notamment, l'angulation du granulat, la pente de la rivière, la granulométrie, etc.

Le transport par suspension aura vite fait d'organiser la rivière de sorte qu'en amont le lit sera composé d'avantage de gravier plus grossier et de particules plus fines en aval. On retrouvera donc en amont un pavage de gravier qui protégera de l'érosion les particules plus fines reposant en dessous. En forte crue, ce pavage peut être emporté.

On observe aussi que les gros grains sont généralement au fond du lit, les grains moyens sur les plages et les grains fins sont sur les parties hautes des berges. Si on observe une granulométrie serrée dans un lit d'une rivière et la présence de flore aquatique sur la face exposée seulement, on sait qu'il s'agit d'une zone n'ayant pas subi de modification depuis quelques temps.

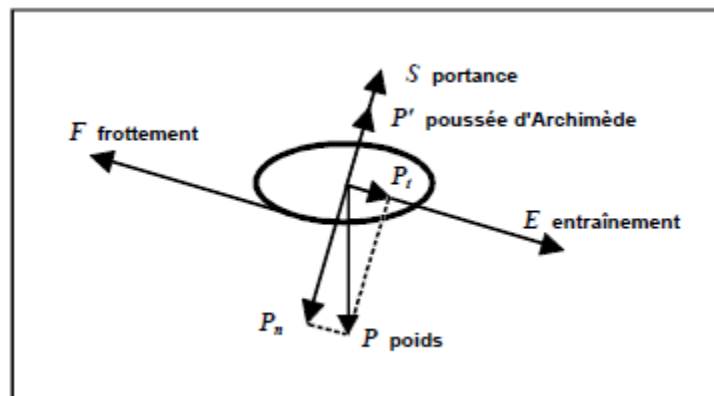
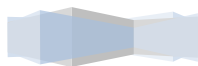


Figure 4 – Forces exercées par l'écoulement de l'eau sur les grains<sup>5</sup>

<sup>5</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





## D. Formes naturelles des rivières

Commençons par définir les termes qui seront employés ci-après.

Sur la Figure 5 sont positionnés les différents termes. Ainsi par lit mineur, on entend le canal d'écoulement pour les crues courantes. Par lit majeur, on entend la plaine inondable pour les crues extrêmes. Les berges sont le talus qui fait la jonction qui relie le lit mineur et lit majeur et la rive est l'endroit où est départagée la zone terrestre de la zone aquatique.

La ripisylve est la zone végétalisée située sur la rive. Le type de végétation dépend de beaucoup de facteurs et n'est donc pas une constante.

En général, le lit de la rivière repose sur une alluvion de matériaux granulaire qui lui repose sur un substratum rocheux. Si l'alluvion est érodée et que le lit s'enfonce, il est possible de renverser ce phénomène, cependant si le substratum est exposé il est impossible d'inverser ce processus.

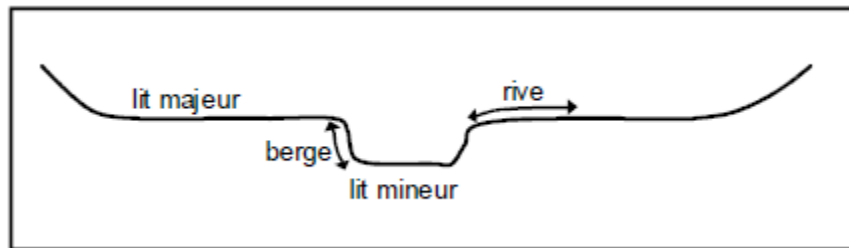
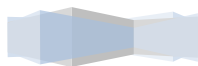


Figure 5 – Nomination des composantes de la rivière<sup>6</sup>

<sup>6</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





### a. Les dimensions du cours d'eau

Un cours d'eau possède divers moyen pour évacuer un débit donné :

- 1) Les paramètres géométriques, largeur, profondeur, pente du fond, amplitude et longueur d'onde des sinuosités.
- 2) La taille des sédiments transportés.
- 3) La vitesse du courant.

Rappelons les notions de débit solide et débit liquide qui eux aussi influenceront le lit de la rivière par transport des matériaux. Il en résultera deux modifications possibles, l'érosion ou le dépôt.

### b. Les styles fluviaux

Pour la majorité des rivières, leurs styles seront semblables selon la géomorphologie les encadrants. L'amont des rivières provenant de montagnes aura un haut taux d'érosion et de transport des sédiments dû à une forte pente du lit et un tracé rectiligne causé par l'étroitesse de la vallée.

Ensuite, vient le style en tresse qui est caractérisé par une forte charge alluviale. Ce style fluvial donne un lit très large et plat, il existe plusieurs chenaux instables et plusieurs îles qui gardent l'axe d'écoulement de la vallée. On y retrouve une charge solide grossière importante.

Puis vient le tour du style divaguant qui ressemble au style en stress, cependant celui-ci aura moins de tresses, un tracé sinueux dominant et un lit moyennement large. Il y a toujours présence de bancs et d'îles.

Enfin, il y a les méandres. Le tracé du lit redevient unique et sinueux. Dans les plaines, ce sera du transport par suspension tandis que dans les zones montagneuses, il y aura en plus du charriage.

Ces styles fluviaux sont présentés dans un ordre logique, toutefois il arrive souvent que l'ordre soit inversé en raison de la géomorphologie locale.





On peut donc constater qu'en moyenne de l'amont vers l'aval :

- Diminution de la pente, de la taille de sédiment, de l'étendue de la granulométrie et de la capacité de transport.
- Augmentation de la sinuosité, de la part relative du transport par suspension et de la stabilité latérale du tracé.

Les affluents modifient eux aussi la morphologie de la rivière. Pour une rivière provenant des montagnes elle aura une forte charge solide qui affectera la rivière en aval en augmentant sa pente. L'inverse est aussi vrai, si la rivière coule dans une plaine avant la confluence, elle aura probablement une faible charge solide ce qui permettra au cours d'eau principal d'adoucir sa pente. Les sections en jaune représentent des dépôts granulaires visibles en basses eaux.

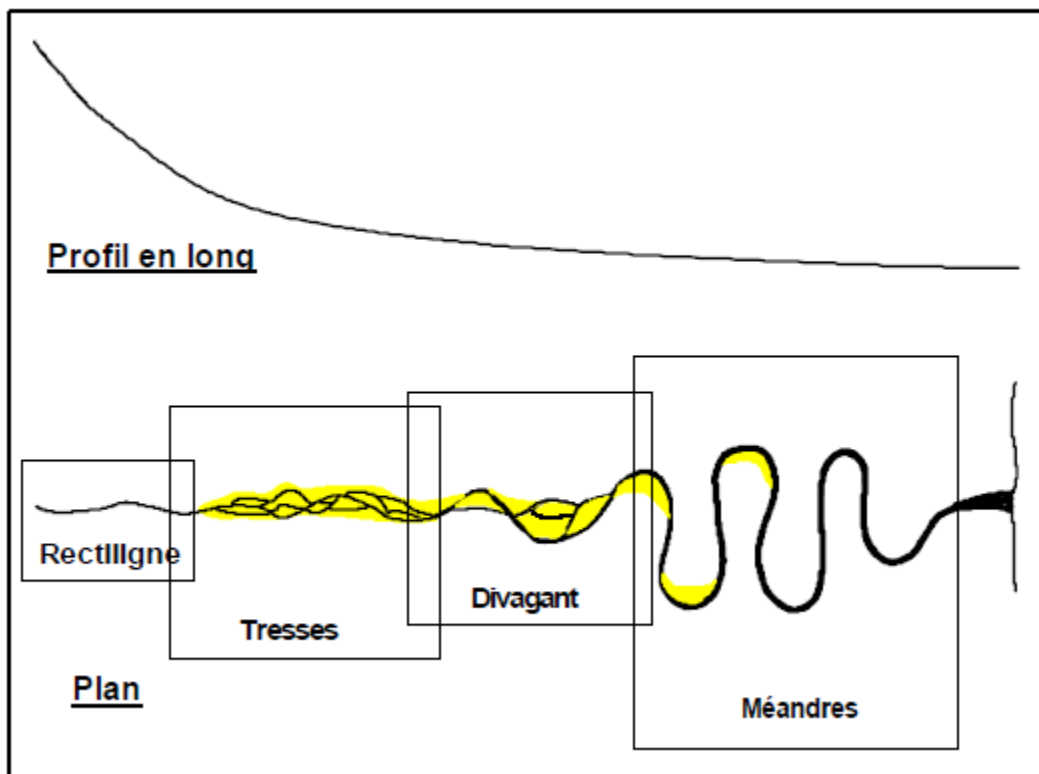
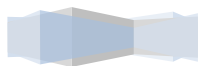


Figure 6 – Styles fluviaux<sup>7</sup>

<sup>7</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





Le rôle de la ripisylve n'est pas négligeable. Elle crée une biodiversité tant pour la faune que la flore, agrémente le paysage, régularise la température de l'eau, épure l'eau, écrête l'écoulement des crues et aide à la tenue des berges. L'ensemble de ces facteurs devrait suffire pour encourager la végétalisation et la protection de cette zone.

### c. L'évolution dans les courbes

Dans les courbes, le courant de surface plus rapide se dirige vers l'extérieur de la courbe et érode celle-ci tandis que le courant de fond, plus lent, se dirige vers l'intérieur de la courbe. Le courant de surface transporte donc plusieurs sédiments qu'ils amènent au fond de la rivière ou le courant plus lent les reprendra pour terminer son dépôt sur la courbe intérieure. Il en résultera donc un courant rapide dans l'extérieur de la courbe ainsi qu'une pente abrupte et à l'intérieur une pente douce et un courant lent.

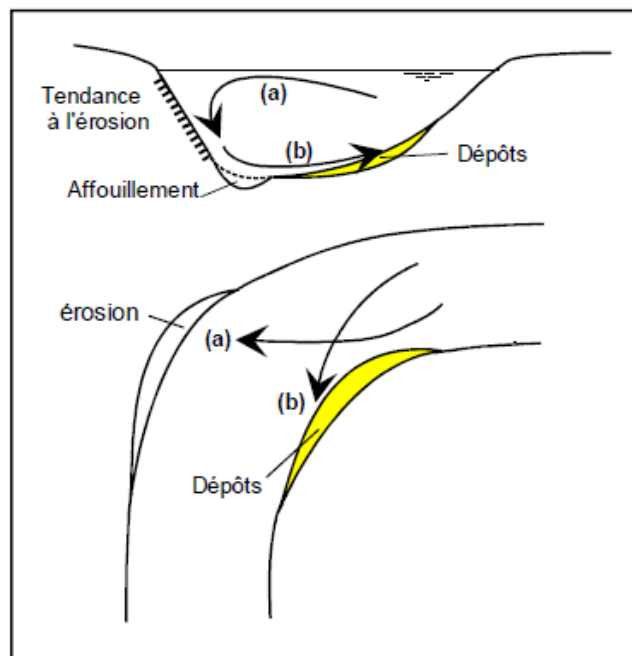
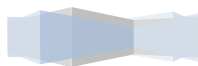


Figure 7 – Les courants hélicoïdaux dans une courbe<sup>8</sup>

<sup>8</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





#### d. La modification des berges

Il existe 3 principaux types d'érosion qui peuvent affecter les berges :

- L'érosion due au courant : Comme nous l'avons vu dans la section C, lorsque la force tractrice exercée sur les grains dépasse la contrainte qui la maintient en place, il y a transport.
- Le glissement en masse : Il s'agit ici d'un phénomène relié à la mécanique des sols et qui se présente dans des zones avec des talus abruptes. Le principal facteur influençant ce phénomène est la sursaturation en eau des sols qui a pour effet de réduire la cohésion des grains.
- L'éboulement : Lorsque le pied d'une paroi est affouillé cela crée un surplomb qui s'effondre.

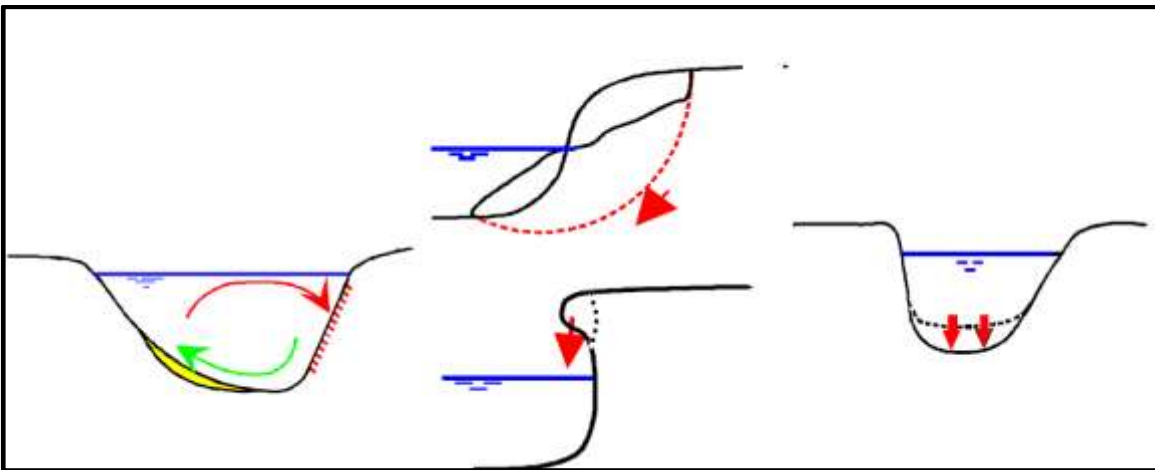
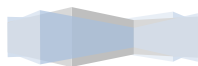


Figure 8 – Causes de déformation des berges<sup>9</sup>

De gauche à droite, Érosion, glissement, effondrement et enfoncement.

<sup>9</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





Tous les obstacles présents sur la rivière influenceront sur l'érosion et le dépôt des particules à différentes intensités. Ainsi présenté sur la Figure 9 on peut remarquer divers modifications du lit par les éléments de la nature. Les crues peuvent elles aussi changer les zones d'érosion et de dépôt des rivières.

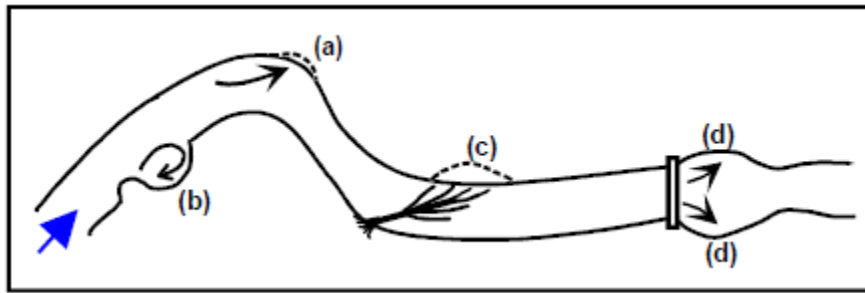


Figure 9 – Localisation des endroits sensibles à l'érosion sur les berges<sup>10</sup>

*dans une courbe (a) ; par courant de retour (b) ; par courant réfléchi dû à un arbre tombé (c) ; par dissipation d'énergie à l'aval d'un seuil (d)*

Les glissements de terrain arrivent en décrue, lorsque la rivière diminue sa poussée stabilisatrice à la paroi. L'effondrement quant à lui se produit généralement en période de crue.

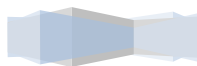
La végétation, notamment les arbres, favorise la cohésion des sols par leurs racines qui constituent une armature. Il faut toutefois prendre garde aux arbres qui sont trop près de l'eau car ils peuvent être emportés lors de crue et créer des embâcles. Aussi, ils peuvent créer des tourbillons qui éroderont le sol.

On a remarqué que les rivières ou les berges n'étaient pas végétalisées présentait en moyenne une largeur 1,6 fois plus grande qu'une rivière avec des berges végétalisées et une profondeur 0,7 fois moins grande.

#### e. Seuils et mouilles

Une autre caractéristique des rivières est celles de seuils et des mouilles (endroit profond) présent d'avantage dans les sections à méandres. Comme le tirant d'eau est plus petit à l'endroit des seuils cela occasionnera une force tractrice plus faible et donc un dépôt. Les

<sup>10</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





mouilles quant à elles vont s'approfondir en période de crue et en décrue vont accumuler des sédiments qui seront emportés à la prochaine crue.

Cette alternance de seuils et de mouilles est un moyen efficace pour la rivière de dissiper l'énergie accumulée, plus efficace même que le tracé rectiligne qui ne comporte peu ou pas de perte de charge. Cette composante fait partie du cycle d'une rivière suivants les crues et les décrues, les seuils et les mouilles se modifieront en conséquence.

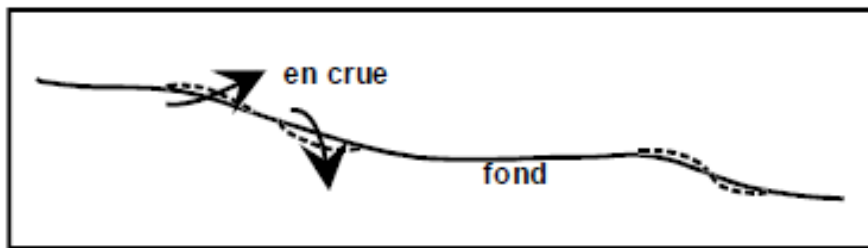
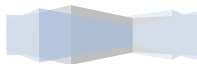


Figure 10 – Modification des seuils et des mouilles en période de crue<sup>11</sup>

<sup>11</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





## E. Évolution des rivières

Sous l'influence humaine les rivières adapteront leur morphologie parfois sans modifications majeurs et souvent en réorganisation complète. Il existe une multitude de modifications qui peuvent être réalisés sur une rivière cependant, trois seuls types seront retenus car ils représentent les plus communes de la rivière et de ses berges.

Dans le cas d'une excavation dans le lit de la rivière, si la perturbation est minime, la rivière retournera à son profil initial. Si le substratum est atteint, il s'en suivra une érosion régressive qui adoucira la pente amont (1), un exhaussement progressive qui complètera l'adoucissement de la pente (2) et enfin une érosion progressive qui diminuera la pente aval (3).

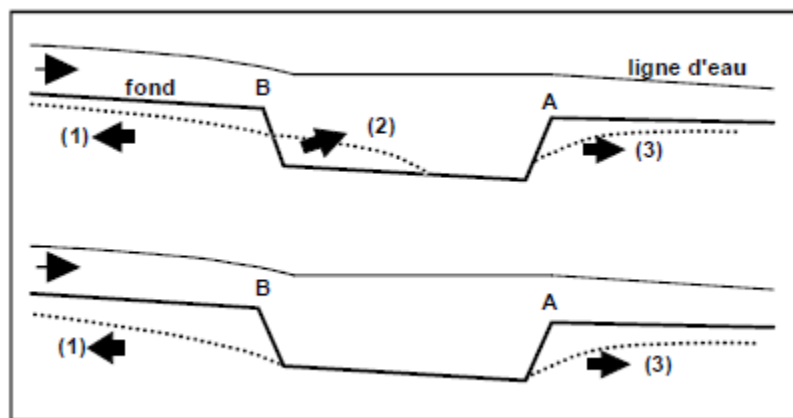
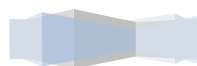


Figure 11 – Répercussion du déblaiement du lit de la rivière<sup>12</sup>

Pour un élargissement des rives la rivière compensera par l'exhaussement du lit pour la section plus large et en une érosion régressive en amont et progressive en aval. De cette façon, la rivière maintient sa ligne d'eau.

<sup>12</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)



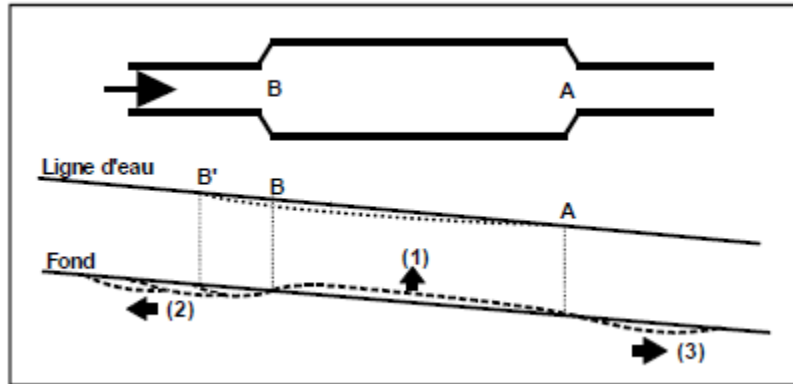
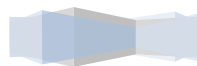


Figure 12 – Répercussion de l'élargissement du lit de la rivière<sup>13</sup>

Les barrages altèrent l'écoulement de l'eau puisqu'ils ralentissent sa vitesse produisant ainsi une décantation des sédiments. En amont seront déposées les plus grosses particules puis en se rapprochant du barrage on retrouvera de plus en plus les petites sous forme de dépôts régressifs. Les seuils rocheux créent le même effet. Sachant que la charge solide doit équivaloir à la charge liquide, une fois déchargée de solides, l'eau qui traverse le barrage cherchera à rétablir cet équilibre érodant les berges et le fond de façon progressive. Ce phénomène est soutenu par la dissipation de l'énergie qui augmente la vitesse du courant et par conséquent la force tractrice sur les grains.

Face à un barrage, la rivière tentera de le contourner en créant un nouveau chenal si possible. Ce nouvel élément aidera à rétablir l'équilibre.

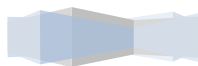
<sup>13</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)





## 2.3 Conclusion

Somme toute, comme tous les éléments de la nature, la rivière tend à s'équilibrer par son débit solide et son débit liquide. Toutes les observations d'une altération du lit de la rivière n'est en fait qu'une réponse à ce déséquilibre. Le facteur prédominant de cette homéostasie est la pente de la rivière. L'étude de la rivière se fait sous quatre principaux thèmes : l'écoulement, le transport solide, la morphologie fluviale et l'influence de la végétation. C'est donc en regardant la présence de ces éléments que nous pourrons apprendre à reconnaître, à même une carte ou en temps réel, le style de rivière qui nous attend et ainsi mieux nous adapter à ses particularités.





### 3. Méthodologie

Pour comprendre la théorie vue plus haut, la méthodologie proposée est d'utiliser des photographies de rivières et des images satellites dans le but de visualiser les diverses caractéristiques morphologique.

#### 3.1 Rappel des sous-problèmes afin de résoudre le problème de recherche principal

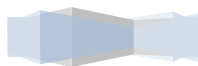
- Il faut d'abord définir les principes hydrologiques reliés à la mécanique des fluides.
- Le lien entre la théorie et la pratique nécessitera plusieurs observations sur le terrain, transposé sur papier grâce aux photos.

#### 3.2 Méthodologie utilisée pour résoudre chaque sous-problème de l'étude

Les principes ont été définis et expliqués dans la section 2. Les photos proviennent de banques personnelles et empruntées. Au besoin, d'autres photos seront prises. Les images satellites proviennent de Google Maps.

#### 3.3 Conclusion

En bref, nous considérons que cette méthodologie sera suffisante pour démontrer concrètement les notions théoriques et assurer leur compréhension.





#### 4. Analyse

Voici donc plusieurs photos qui illustrent les notions théoriques vues plus haut.



Figure 13 – Point critique

La flèche rouge indique l'endroit où l'écoulement fluvial passe à torrentiel, c'est la hauteur d'eau critique.

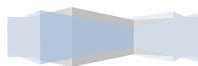
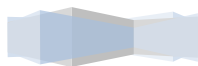




Figure 14 – Le ressaut du rapide du Caribou sur la haute Shipshaw

Le rapide du Caribou sur la haute Shipshaw permet de voir un ressaut établi.





Photos du seuil de Trets sur l'Arc (13) dénoyé à gauche et noyé à droite (crue de janvier 2006,

Figure 15 –Photos de seuils noyés et dénoyés<sup>14</sup>

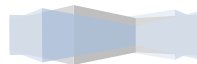


Figure 16 – Différents styles de la rivière Noire en Outaouais<sup>15</sup>

Le tracé de la rivière Noire en Outaouais présente une évolution de son style fluvial passant de méandres à rectiligne puis à méandres. D'abord, la rivière repose sur un sol sableux qui est propice pour créer des méandres, puis la rivière passe dans une étroite vallée montagneuse, son tracé devient donc rectiligne et retourne ensuite aux méandres. Le centre de l'image montre environ le kilomètre 70. Bref, c'est une évolution dans l'espace et non dans le temps.

<sup>14</sup> DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)

<sup>15</sup> Google Maps, [En ligne], <http://maps.google.ca/html>, (Page consultée le 19 juillet 2010)

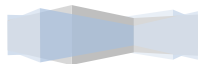




Sur cette image, il est possible de voir l'évolution de la rivière à travers le temps. On peut constater qu'il y a eu d'anciens méandres qui ont été recoupés.

Figure 17 – Évolution du style de la rivière Noire en Outaouais<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Google Maps, [En ligne], <http://maps.google.ca/html>, (Page consultée le 19 juillet 2010)



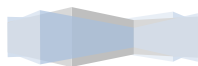


Sur cette autre photo de la rivière Noire, on peut observer les dépôts de sable à l'intérieur des courbes.

Figure 18 – Dépôts de sable sur la rivière Noire en Outaouais<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Google Maps, [En ligne], <http://maps.google.ca/html>, (Page consultée le 19 juillet 2010)



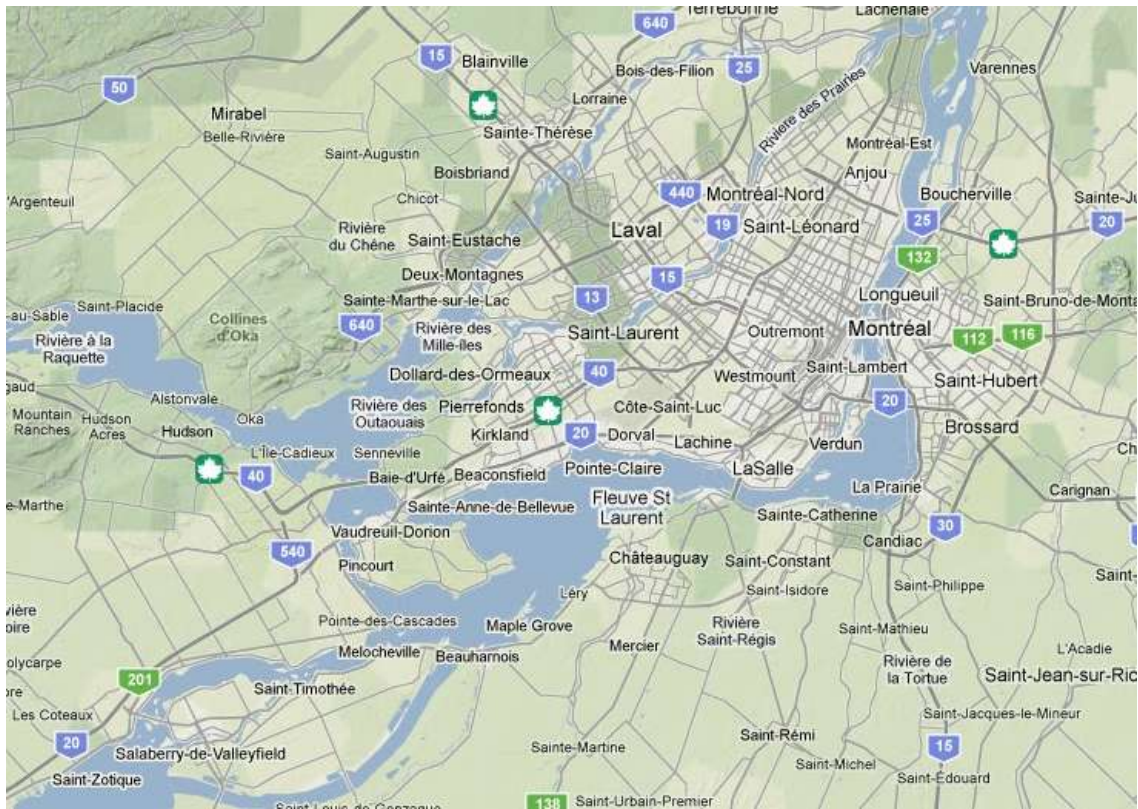
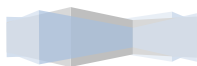


Figure 19 – Image satellite de l'île de Montréal<sup>18</sup>

La région de Montréal démontre bien un style divaguant. Par l'arrivée de la rivière des Outaouais, le fleuve Saint-Laurent a équilibré son débit solide en fonction de son débit liquide, ce qui a occasionné un dépôt, l'île de Montréal et de Laval. Probablement influencé par le massif du Mont-Royal.

<sup>18</sup> Google Maps, [En ligne], <http://maps.google.ca/html>, (Page consultée le 19 juillet 2010)



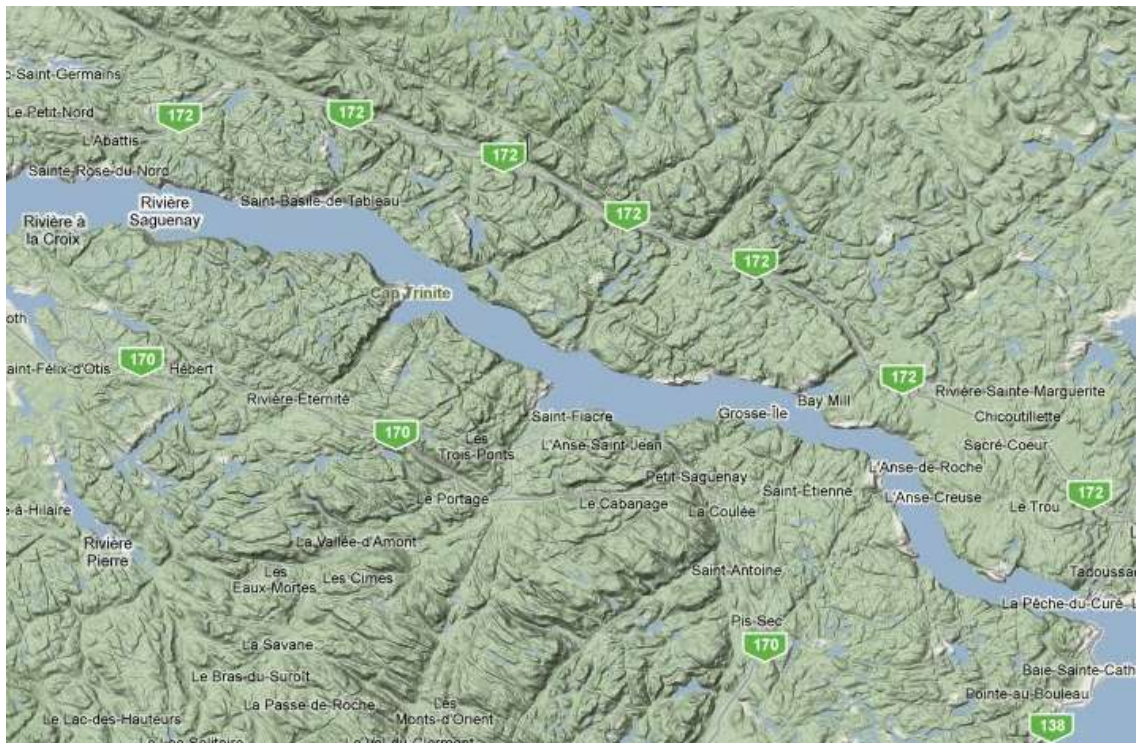


Figure 20 – Image satellite de la rivière Saguenay<sup>19</sup>

La rivière Saguenay a adopté un style rectiligne, étant encastré entre les montagnes elle n'a pas eu le choix.

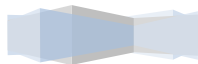
<sup>19</sup> Google Maps, [En ligne], <http://maps.google.ca/html>, (Page consultée le 19 juillet 2010)



Figure 21 – Image satellite de la rivière Restigouche<sup>20</sup>

La rivière Restigouche quant à elle, suit un tracé rectiligne et est divagante jusqu'à sa confluence avec la rivière Matapédia. À partir de ce point, la rivière adopte un style en tresses avant de se déverser dans la Baie des Chaleurs.

<sup>20</sup> Google Maps, [En ligne], <http://maps.google.ca/html>, (Page consultée le 19 juillet 2010)



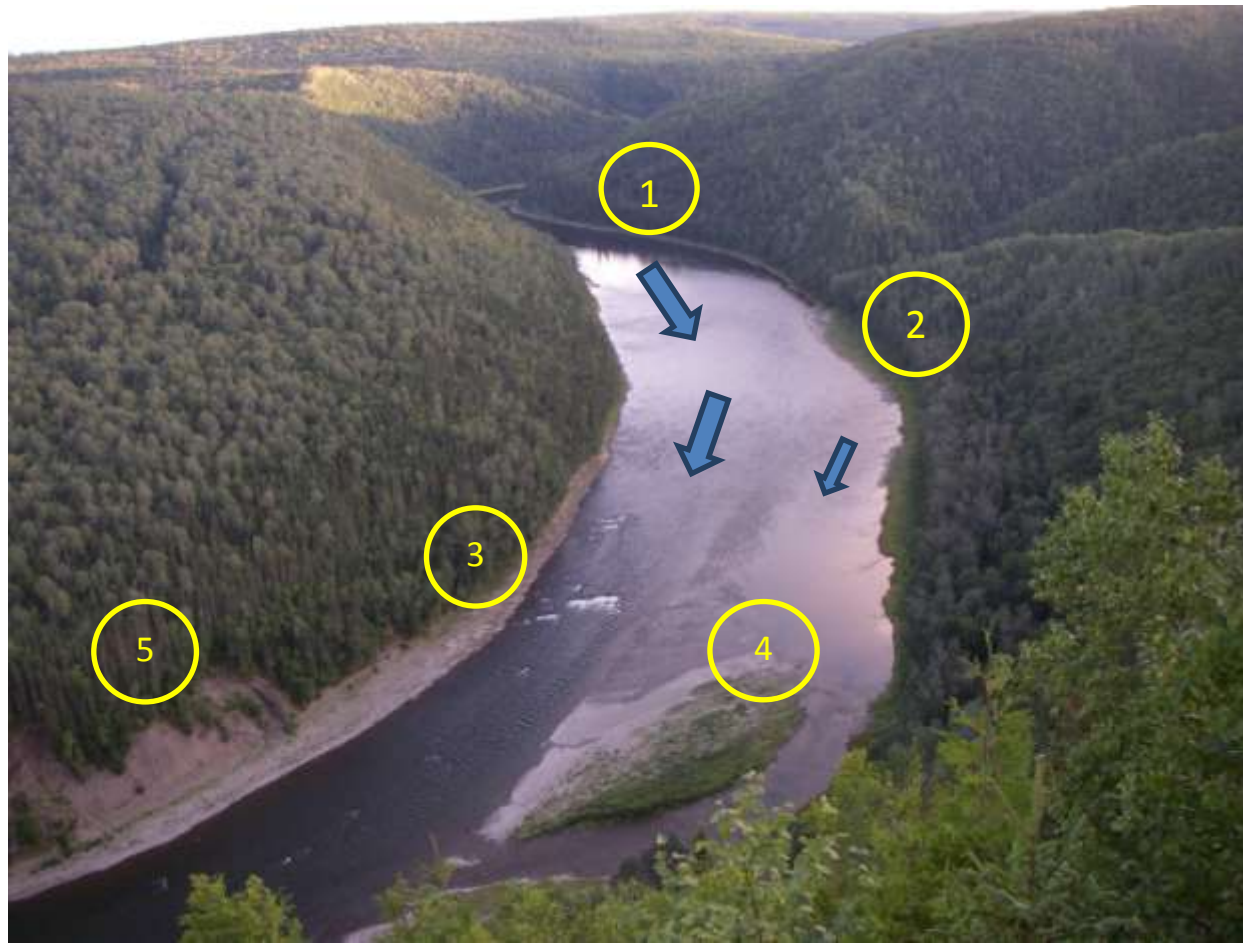


- 1) Diminution du tirant d'eau créant un rapide en augmentant la pente.
- 2) Le socle rocheux de la berge droite fait dévier le courant vers le fond et puis vers l'île.
- 3) L'île est créée par l'accumulation des dépôts provenant des courants. Comme le courant principal passe loin, l'eau entourant l'île est lente favorisant les dépôts.
- 4) Ancien chenal de la rivière enseveli, souvenir d'un style en stresses.
- 5) Fosse caractérisant une rivière au lit en dune. Suivant un socle rocheux.
- 6) Les rapides du Mocklers sont un seuil rocheux exposé, créant ainsi un dépôt régressif, expliquant la formation d'îles en amont.

Source : Jesse Allain, 2007

Figure 22 – Le rapide et les îles du Mockler sur la rivière Restigouche, Canada



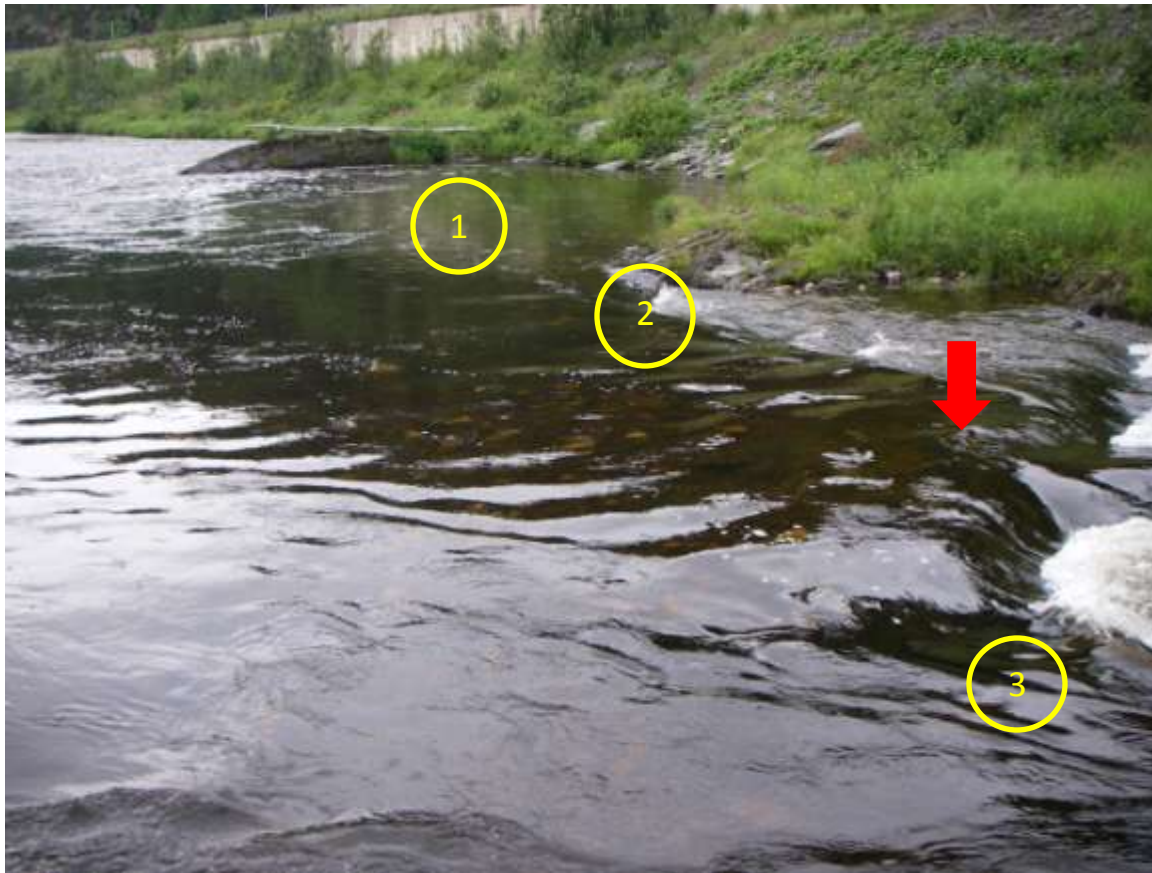


- 1) Planiol indiquant une fosse profonde.
- 2) Diminution de la profondeur d'eau causée par un dépôt régressif sous forme de dune.
- 3) Socle rocheux exposé créant le rapide.
- 4) L'île est créée par le dépôt des sédiments dans l'eau plus lente à l'extérieur de la courbe. La végétation sur celle-ci indique qu'elle a été créée il y a longtemps. De plus, l'herbe stabilise les sédiments contre les crues.
- 5) Érosion des berges par le courant intérieur.

Source : Jesse Allain, 2007

Figure 23 – Le rapide Chamberland sur la rivière Restigouche, Canada





- 1) Eau profonde, surface calme.
- 2) Diminution du tirant d'eau, surface de l'eau devient ridée.
- 3) Le socle rocheux créant le dépôt régressif et l'érosion progressive. Les matériaux déposés sont des rochers de bonnes dimensions, trop gros pour être emportés par le courant.
- 4) La flèche rouge indique le moment où l'eau passe de fluviale à torrentiel. N.B. L'orientation des vaguelettes en 2 indique la direction de la veine de courant principale.

Figure 24 – Bras secondaire du rapide des portes de l'enfer sur la rivière Matapédia, Canada





- 1) La formation des îles en amont du rapide sont dû à un dépôt régressif qui s'explique par la diminution de la vitesse de l'eau.
- 2) Socle rocheux exposé forçant l'eau à passer dans un entonnoir. Le socle traverse la rivière, ce qui crée un seuil.

Figure 25 – Vue amont du rapide des portes de l'enfer sur la rivière Matapédia, Canada





- 1) Socle rocheux traversant la rivière, surélevé à gauche forçant l'eau à circuler à droite, créant une accélération, donc un train de vague.
- 2) Après le rapide, il y a la formation d'un bassin à cause de l'érosion progressive qui dissipe l'énergie accumulée dans le rapide.
- 3) Puis, il y a un dépôt progressif puisque l'eau est lente dans le bassin ce qui favorise la sédimentation.

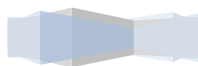
Figure 26 – Vue aval du rapide des portes de l'enfer sur la rivière Matapédia, Canada





## 5. Conclusion

Tout est réglé au quart de tour dans la nature, il n'existe rien pour rien et tout à une raison d'être. Il ne reste qu'à nous de savoir observer pour déceler cette raison d'être. L'hydraulique, la dynamique et la morphologie fluviale font partie d'une famille encore bien plus grande, la mécanique des fluides. À travers ce résumé nous avons pu comprendre quels sont les impacts des types d'écoulement, comment les particules sont déplacés dans les rivières, quelles sont les formes naturelles des rivières et l'évolution des rivières aménagées. Grâce à ces connaissances il nous est permis de mieux comprendre et interpréter la rivière, tant avec une carte que sur le terrain. Satisfait de cette démarche, je crois que ces notions me seront fortes utiles pour être un meilleur payeur car je suis plus conscient de mon environnement. Sans compter que je peux me servir de ces connaissances pour faire de l'interprétation naturelle, ce qui est fort apprécié des clients.





## 6. Références

DEGOUTTE, Gérard, *Notes de cours hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Université de Paris VI, ENGREF, [En ligne], <http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>, (Page consultée le 22 juillet 2010)

