MESURE DE L'IMPACT ÉCONOMIQUE DES BAS NIVEAUX D'EAU SUR LES VALEURS FONCIÈRES LE LONG DU FLEUVE SAINT-LAURENT

Rapport final

Décembre 2015

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada

Canada

Fonds vert

Québec

MESURE DE L'IMPACT ÉCONOMIQUE DES BAS NIVEAUX D'EAU SUR LES VALEURS FONCIÈRES LE LONG DU FLEUVE SAINT-LAURENT

Rapport final
Décembre 2015

Équipe de réalisation :

Ünsal Özdilek, Ph.D., Université du Québec à Montréal

Jean-Pierre Revéret, Ph.D., Université du Québec à Montréal

Rapport présenté à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada, au Gouvernement du Québec et à Ouranos, dans le cadre du volet valeurs foncières de *l'Étude économique des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques sur le fleuve Saint Laurent*, pilotée par Ouranos

Titre de projet Ouranos : Étude économique des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques sur le fleuve Saint Laurent

Numéro de projet Ouranos: 510019-123

Citation suggérée : Özdilek, Ü. et Revéret, J-P. (2015). *Mesure de l'impact économique des bas niveaux d'eau sur les valeurs foncières le long du fleuve Saint-Laurent.* Rapport présenté à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada, au Gouvernement du Québec et à Ouranos. Montréal. 86p.

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs. Toute utilisation de cette publication et de son contenu n'engage pas Ouranos et ses partenaires.

Pour plus d'information sur les impacts et l'adaptation liés aux changements climatiques, nous vous invitons à consulter les sites www.adaptation.rncan.gc.ca et www.ouranos.ca

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un projet piloté par Ouranos avec le soutien de Ressources naturelles Canada et du Gouvernement du Québec.

Nous tenons à remercier pour leur collaboration la Ville de Montréal, le Ministère des Affaires municipales et de l'occupation du territoire ainsi que la société Groupe Immo. et son équipe d'experts.

L'étude a bénéficié aussi de l'aide du Groupe de travail sur l'économie de la Plateforme d'adaptation.

Table des matières

Introduction 1

1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 2

2. BASES CONCEPTUELLES 3

2.1 Rente spatio-structurelle 3

2.2 Rente composite 4

2.3 Rente isolée 5

2.4 Rente capitalisée 6

2.5 Rente immobile 7

3. REVUE DE LA LITTÉRATURE 9

3.1 Qualité de l'eau 10

3.2 Vue sur l'eau 11

3.3 Niveaux d'eaux 13

4. HYPOTHÈSES PRÉLIMINAIRES 18

5. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL 23

5.1 Évaluation classique 24

5.2 Modélisation moderne ou « hédonique » 25

5.3 Modèles d'estimation de l'impact 28

6. ANALYSE DES DONNÉES 36

6.1 Spécification des variables 36

6.2 Spécification du territoire 39

6.3 Statistiques descriptives 42

7. ANALYSE DES RÉSULTATS 48

7.1 Analyse de corrélation 48

7.2 Analyse des résultats 49

8. ANALYSE DE L'IMPACT ÉCONOMIQUE 58

Conclusion 62

Références 66

ANNEXE 1 - Liste et type de codification des variables

ANNEXE 2 - Résultats d'un modèle préliminaire autorégressif

Liste des tableaux, figures et graphiques

Tableau 1. Recensement des études d'impact 19

Tableau 2. Nombre d'unités de la population et de l'échantillon 40

Tableau 3. Propriétés avec vue 44

Tableau 4. Propriétés avec accès 45

Tableau 5. Statistiques descriptives 47

Tableau 6. Analyse de corrélation 49

Tableau 7. Modèle de régression multiple linéaire 51

Tableau 8. Modèle de régression multiple non linéaire 56

Tableau 9. Modèle linéaire et Semi-log – simulation des impacts 59

Tableau 10. Résumé de l'impact 61

Figure 1. Algues et marée verte 21

Figure 2. Propriétés avec accès sur l'eau 28

Figure 3. Impacts d'une vue et d'un accès 29

Figure 4. Formation d'une variable de rang sur l'effet immédiat 30

Figure 5. Territoire de l'étude 39

Figure 6. Territoire de l'échantillon 41

Graphique 1. Variations de débits d'eau (scénario 2) 33

Graphique 2. Courbe normale 46

Introduction

Par leur fréquence, amplitude et divers impacts, les changements climatiques s'imposent comme déterminants de plusieurs phénomènes souvent nouveaux et soulèvent des préoccupations dans la conscience de la population et de différents acteurs du milieu. Dépendamment des régions, on remarque déjà aujourd'hui que certaines conséquences tels que les ouragans/inondations sont intenses et fréquemment plus destructeurs. On note aussi graduellement et de façon moins perceptible des changements dans la qualité et les volumes des cours d'eau.

Le Québec comme certaines provinces canadiennes et particulièrement l'Ontario semble éprouver depuis près de deux décennies ce type d'impacts reliés aux changements climatiques. Selon les données historiques, on constate une baisse visible et progressive de niveaux des cours d'eau, notamment le long du fleuve St-Laurent. Cette réalité, qui nous intéresse particulièrement dans cette étude, pourrait avoir des conséquences multiples sur l'environnement, mais aussi sur plusieurs activités socio-économiques.

Plusieurs secteurs d'activités sont en effet concernés dont le transport maritime, le tourisme (nautisme, activités de croisière, excursions), la production hydroélectrique et l'approvisionnement en eau des municipalités. De même, la valeur foncière, celle des terrains et des bâtiments de diverses catégories, tout comme les potentiels en superficies développables, pourrait se trouver également affectée par ces changements. Le constat sur le terrain et le peu de littérature traitant de ce phénomène suggèrent un certain doute sur la diminution possible des valeurs foncières dans les zones touchées.

La présente étude s'intéresse à cette question particulière, c'est-à-dire à l'évaluation de la diminution probable des valeurs foncières le long des zones côtières du fleuve St-Laurent due à une baisse des niveaux d'eau. Dans cette perspective, l'étude utilisera une approche à la fois conceptuelle et empirique afin de quantifier monétairement l'impact économique probable de cette baisse sur les valeurs foncières.

Ce rapport présente les fondements conceptuels, la revue de la littérature, la méthodologie de travail, les données utilisées, les résultats de différents modèles et l'analyse de l'impact économique total.

1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'évaluation des impacts économiques reliés aux changements climatiques de cette étude se situe sous la thématique des «valeur foncières ». Elle poursuit deux objectifs spécifiques. Le premier f est d'isoler et de quantifier objectivement la contribution ou la dépréciation monétaire sur les valeurs foncières d'un attribut lié aux impacts des variations dans les volumes d'eau ressentis. Le deuxième objectif, à partir de la contribution connue de cet attribut, est d'estimer, à long terme et selon différents scénarios, l'impact économique total des changements climatiques sur les valeurs foncières dans les zones touchées. Les résultats de cette étude permettront, par la suite, d'élaborer des réflexions et stratégies possibles.

Dans son ensemble, mentionnons que ces deux objectifs globaux seront complétés par un nombre de sous-objectifs et de questionnements auxquels il convient de répondre. Par exemple, qu'en est-il des fondements théoriques et conceptuels pour saisir cet impact sur les valeurs foncières ? Existe-t-il des exemples d'expériences connus ailleurs quant à l'impact économique de cet attribut ? Est-ce qu'il existe déjà des procédures et approches pour mesurer les impacts d'un tel attribut ?

Dans cette analyse, il y a lieu de prendre connaissance aussi des impacts indirects et externalités entourant ce phénomène, sans vouloir nécessairement les quantifier empiriquement. Une discussion sur ces aspects éclairera, surtout au niveau des fondements des valeurs foncières, le sujet et permettra mieux de réaliser la portée du phénomène, tout en discernant objectivement la part d'impact de l'attribut-sujet de cette étude.

En effet, l'impact des changements climatiques ne devrait pas s'opérer uniquement sur les propriétés touchées, mais aussi celles dans tout le voisinage, en comprenant diverses activités socio-économiques. Les dynamiques qui découlant de ces changements (comme les effets d'entraînement) seront modulées différemment dans le futur, en affectant et induisant, par exemple, l'apparition de nouveaux environnements et écosystèmes sur les côtes riveraines.

2. BASES CONCEPTUELLES

Dans cette section, nous définissons et passons en revue certains fondements concernés par la mesure de l'impact monétaire de l'attribut-sujet. Les aspects concernés sont relatifs à la rente spatiale, à sa propriété d'être composite (rente du terrain, rente du bâtiment, par exemple) dans la détermination de la valeur globale des propriétés, à la possibilité d'une mesure séparée de sa contribution monétaire, à la considération du marché qui en tient compte dans la capitalisation des bénéfices futurs et à l'immobilité de ces bénéfices associés à une localisation particulière.

2.1 Rente spatio-structurelle

La valeur d'une propriété immobilière provient essentiellement de la rente différentielle en capital structurel (bâtiment) et de localisation (situation ou emplacement) qu'elle procure. Plus ses attributs de bâtiment et de localisation sont de qualité, plus elle promet de rentes potentielles (absorbées comme une « éponge »). Les rentes de localisation, déterminant la valeur d'un emplacement, demeurent potentielles tant et aussi longtemps qu'il n'en est pas fait d'usage.

Le produit du capital « immobilier » naît alors différemment de combinaisons de densités des structures édifiées et du type d'usages. Par exemple, les terrains au centre-ville ont un potentiel en rente élevé, ils sont souvent valorisés par du capital (bâtiments et améliorations) de haute densité à des fins tel que commerces ou bureaux. Pour se prévaloir de cette localisation, la théorie de l'économie spatiale indique que différents usages se livrent concurrence, de laquelle se concrétisent et se modèlent alors certains usages en suivant des volumes de « rentes en cascades », descendant du centre-ville vers sa périphérie.

Les raisons d'une diminution cohérente des valeurs foncières du centre-ville vers la périphérie proviennent de l'attrait de localisation qu'il procure (centralité étant la délimitation et la concentration de plusieurs points d'intérêts autour d'un même lieu). Plus l'attrait pour une localisation donnée est élevé, plus les propriétés se vendent chères sur le marché.

Cette explication était plus plausible il y a plus d'un demi-siècle. Cependant, avec l'amélioration du réseau routier, des modes de transports et de communications, surtout suivant l'année

charnière de 1970, en Amérique du Nord notamment, la notion de centralité, qui déterminait autrefois de façon significative les valeurs foncières, a perdu de son importance. Suivant cette période, des sous-centres se sont développés, en procurant certains des attraits (et non pas tous) du centre-ville. Alors, cette réalité a fait en sorte que l'espace se retrouve à nouveau remodelé, avec des changements multiples et plus complexes sur les valeurs foncières. Ce rappel fournit quelques éléments de réponses au phénomène de localisation particulière, mais différente, qui nous intéresse.

Pour les propriétés en bordure de l'eau, comme nous verrons plus en détail dans la revue de la littérature, leur localisation est originalement recherchée en raison de certains avantages tels qu'une vue, un accès direct à l'eau, une détente ou un environnement plus paisible. Par rapport à d'autres propriétés de même qualité structurelle, construites plus loin de l'eau, la localisation en bordure de l'eau devrait probablement fournir une prime (ou une rente) assez significative.

Avec les changements climatiques l'apport de cet attribut de localisation pourrait être affecté. Dans le cas de cet attribut particulier de localisation, contrairement à celui de la centralité, les possibilités de trouver des localisations semblables (ou substituts) sont moindres. En raison de cette rareté de localisations avec vue et accès de qualité (au lac ou au fleuve), les valeurs foncières seront certainement modifiées si les avantages de la proximité de l'eau sont directement affectés.

En conséquence, les propriétaires qui ont investi sur ces terrains essentiellement pour leurs avantages de localisation, pourraient faire face à une diminution de la valeur de leur propriété. Ce problème est d'autant plus grave dans ce cas qu'il sera impossible de déplacer l'attribut pour lequel les substituts se font de plus en plus rares.

2.2 Rente composite

Le point précédent rappelle que la valeur des propriétés immobilières provient des rentes différentielles des avantages qu'elles procurent. Cette valeur peut être exprimée de différentes manières sur le marché dont les signaux empiriques se lisent dans les différentiels de prix, coûts et revenus. Même s'il s'agit d'un prix payé comme expression de la valeur d'une propriété, il

n'est pas formé par les agents économiques globalement mais est en fait l'expression combinée des valeurs d'une variété d'attributs de propriétés (Lancaster, 1966). C'est le jugement d'utilité porté sur chacun d'entre eux qui concoure à déterminer leur valeur marchande.

Lorsqu'on cherche à mesurer ou estimer la valeur totale, par la considération des prix par exemple, il y a lieu de définir et de recenser ces attributs multiples. L'analyse des différentiels de prix et d'attributs permet alors de dériver une mesure fiable sur l'apport d'utilité que chacun d'entre eux procure aux agents économiques sur le marché.

Les attributs d'utilité varient bien sûr d'un type de propriété par rapport à une autre, mais aussi en fonction de différents usages qu'ils promettent (d'où l'importance de bien segmenter le marché). Parmi ces attributs, pour un type d'usage comme le résidentiel, on différencie habituellement ceux de nature structurelle (dimension, forme, qualité, etc.) et ceux de nature spatiale (proximité du centre-ville, le fait d'être dans un quartier plutôt qu'un autre – le voisinage, la distance des stations de métro ou encore, notamment, la vue sur un lac).

2.3 Rente isolée

Certains attributs procurent des avantages positifs, d'autres négatifs. Dans l'évaluation de la contribution d'un attribut en particulier, il convient d'abord de connaître et de justifier le sens (positif ou négatif de l'impact). Une fois le sens d'impact identifié et justifié, l'étape suivante est normalement la mesure de la contribution monétaire de l'attribut.

Cette mesure implique qu'idéalement tous les attributs déterminant la valeur de la propriété soient identifiés et intégrés dans le processus de calcul. Lorsque certains d'entre eux sont omis dans la mesure, l'estimation de la valeur totale ne serait pas seulement partielle, mais il y a aussi un risque que la contribution de l'attribut omis soit répartie entre les autres attributs considérés dans le calcul. Afin de mieux isoler la contribution d'un attribut quelconque, l'analyste cherchera donc à évaluer le plus possible tous les attributs qui expliquent les différentiels de prix des propriétés sur le marché.

Il se peut que l'analyste satisfasse à cette exigence, mais que le problème de la mesure cause encore des erreurs dans les contributions respectives mesurées des attributs. Il peut s'agir alors d'un problème de définition et/ou de technique (comme l'interaction entre les attributs). Ces difficultés sont mieux traitées lorsque l'analyste connaît bien le marché et les particularités du bien considéré. Le problème d'interaction, notamment, qui sera discuté plus loin dans le rapport, se pose avec des attributs de même nature (ou semblables), introduits dans le même modèle d'estimation.

Par exemple, le prix d'une propriété unifamiliale est habituellement déterminé par le nombre de pièces qu'elle possède. Si l'analyste inclut dans ses calculs le nombre de pièces et la superficie habitable en même temps dans le modèle, il risque d'y introduire ce biais technique d'interaction. Afin de mieux isoler la part contributive de cet attribut, une des solutions reconnues serait de les combiner ou d'exclure l'une d'entre elle (habituellement celle avec moins d'intérêt ou de signification dans l'explication des différentiels de prix).

2.4 Rente capitalisée

La capitalisation de la contribution d'un attribut de prix foncier signifie que les agents économiques considèrent, ou « internalisent », l'utilité totale dérivée durant toute la vie économique de l'attribut. Pour ce calcul de capitalisation, les agents apportent un jugement d'utilité en connaissant l'information sur l'attribut-sujet, en le comparant à ceux des autres cas plus ou moins semblables.

Parfois, pour un attribut donné, l'information est incomplète ou bien l'utilité de l'attribut connaît des changements en cours de route. Il appert également important de voir si la capitalisation est partielle ou complète, tout dépendamment de l'utilité que promet l'attribut. Dans le cas de l'attribut qui nous intéresse, lorsqu'un agent économique se prévaut de l'usage d'une localisation en bordure de l'eau, il est supposé connaître ses utilités futures et avoir payé un prix, dans lequel est capitalisée la prime totale des utilités anticipées.

Dans certaines circonstances, il est possible que l'agent économique ne soit pas en mesure d'estimer correctement divers changements potentiels ayant par conséquent la réduction de

l'attrait par la proximité à l'étendue de l'eau ou bien à la diminution des débits d'eau. Dans ce cas, la capitalisation des utilités de l'attribut sera partielle ou bien, elle contiendra une part d'incertitude plus ou moins élevée, non pas à cause de l'attribut lui-même, mais du fait de sa dépendance à un phénomène externe.

L'incertitude face à l'utilité de l'attribut, qui dépend d'aléas externes comme le climat, engendre des biais de calcul de la capitalisation, qui devrait normalement être partielle. La mesure de l'attribut requiert donc une bonne idée sur le stade et degré de capitalisation qui prévaut. Nous verrons cela plus loin, par exemple, par un effet d'observation directe des débits d'eau (effet immédiat) et d'apprentissage (effet plus à long terme). C'est enfin ce qui est supposé être le cas dans les jugements des agents économiques que l'analyste suivra dans sa démarche d'estimation des impacts.

2.5 Rente immobile

Les attributs de localisation (terrain) sont reconnus comme étant immobiles alors que le capital investi (le bâti) en un emplacement est réputé d'avoir un degré de mobilité. Cette mobilité du capital immobilier se comprend dans le sens qu'il peut être valorisé ailleurs (sur d'autres terrains) ou bien varier dans le temps (par l'absence de rénovations par exemple). Selon les fondements économiques, dans un système libre et en équilibre, le capital flexible/mobile cherche normalement les localisations avec de meilleures rendements.

Lors des changements postérieurs de facteurs externes, la valeur de la localisation, qui est un attribut immobile, est celle qui sera normalement affectée par les impacts indésirables à long terme, à moins que le propriétaire ait la possibilité de faire passer la facture du changement à d'autres (c'est habituellement le cas avec les propriétés à revenus). Par exemple, lorsqu'un montant de taxe plus élevé est introduit sur la valeur des propriétés, le propriétaire pourrait augmenter les loyers du montant de l'augmentation des taxes (en supposant que les locataires soient peu mobiles). Cela signifie enfin que l'augmentation (ou la diminution) de la valeur foncière dépend fortement des changements en cours de route alors que la valeur du capital investi, tout comme le processus décisionnel de son propriétaire, qui est plus mobile et a le choix de se faire valoriser ailleurs (contrairement aux terrains), sera peu affectée.

Pour une région qui perd, par exemple, une usine procurant des emplois à la population locale, l'absence d'investissements en capital et son départ se reflètera durement dans les valeurs foncières. Il est de même pour un attribut déterminant la valeur foncière comme la diminution des débits d'eau. Ainsi, dans le cas de l'attribut qui fait l'objet de notre étude, il n'y a aucune flexibilité d'autant plus qu'il est lié à un usage sans revenu. Les propriétaires occupants sont donc captifs et ne peuvent se soustraire à l'impact.

La mobilité du capital à long terme impose donc des changements d'usage en fonction du contexte et du nouveau potentiel du marché immobilier, qui demeure relativement dynamique.

3. REVUE DE LA LITTÉRATURE

La valeur d'un bâtiment dépend essentiellement de ses caractéristiques structurelles, celle d'un terrain de la localisation. Le facteur de localisation peut être défini de différentes manières, en impliquant des choix variés sur des paramètres multiples. Normalement, la littérature les considère en partant d'un niveau général et descend à ceux plus spécifiques. Dans le niveau général, par exemple, la valeur des propriétés en fonction de l'éloignement par rapport au centre-ville est un des déterminants classiques considéré dans les analyses théoriques. Par la suite, les analyses décortiquent l'effet de la localisation selon des « déterminants » plus spécifiques, comme le fait d'être situé dans un quartier particulier ou d'être à proximité des différents points d'attraction et de répulsion comme le réseau de transports (le métro, les autoroutes ou le chemin de fer), les institutions scolaires, les centres d'achat, etc.

Dans le domaine, les études quantifiant l'effet monétaire de ces déterminants restent d'intérêt général, mais sont surtout utilisées au plan académique/recherche. En pratique d'évaluation, très peu de méthodes intègrent directement les valeurs monétaires de ce genre d'impacts dans l'établissement de la valeur foncière. Une des raisons sous-jacentes est que plus on s'approche dans l'espace d'un endroit particulier, plus la contribution des divers déterminants de la valeur s'atténue au point même d'être négligeable, d'où leur omission dans les calculs pratiques. En partant de cet argument de base, les professionnels se limitent donc à considérer en pratique les propriétés dans un secteur géographique restreint afin de créer les conditions d'homogénéité souhaitée au niveau des attributs. Quand l'impact déborde les limites d'un quartier et s'étend, par exemple, au niveau de la région, les professionnels sont contraints de considérer, dans leurs calculs, les effets probables des déterminants concernés.

Les études de quantification monétaire des déterminants de la valeur foncière sont dites « hédoniques ». Les déterminants de localisation peuvent constituer une liste de choix assez exhaustive d'impacts, allant du plus général (ex. : la distance au centre-ville) au plus spécifique (ex. : la proximité d'un cimetière). Il en est de même pour l'aspect structurel des propriétés comme la superficie habitable, le type d'architecture, la présence/l'absence d'un garage ou d'une piscine, le type de recouvrement extérieur, etc. Comme notre sujet porte sur un déterminant de localisation (c'est-à-dire la proximité des propriétés à des cours d'eau), nous ferons un survol

sélectif des études dans la littérature internationale et locale selon leur degré de pertinence, en considérant les primes associées avec la qualité de l'eau, la vue sur l'eau et les niveaux d'eau.

3.1 Qualité de l'eau

L'analyste conceptualise et quantifie l'impact des bénéfices de la proximité et d'un accès direct à des cours d'eau sur la valeur marchande des propriétés par l'observation des données du marché. L'impact se reflète en fait de différentes manières suivant l'appréciation (ou non) des agents économiques sur le dit marché. Cette perception est articulée en fonction de paramètres interdépendants dans divers contextes, espaces et temps. Notamment, dans la littérature les auteurs se sont intéressés à la qualité de l'eau de consommation, sa clarté, son esthétique, son accès, sa navigabilité ou même, son attrait pour des activités particulières telles que la natation.

La revue de la littérature permet de constater que la proximité des étendues d'eau (canaux, lacs et rivières) procure des avantages significatifs lors de la négociation des prix de vente sur le marché. Selon les résultats de l'étude de Willis et Garrod (1993), les propriétés au bord de cours d'eau commandent une prime additionnelle, par exemple de 2 % à Londres et de 6 % dans les Midlands (l'impact étant légèrement plus bas dans le cas des canaux de navigation). Poor et al. (2001) ont essayé de mesurer directement la qualité/clarté de l'eau sur la valeur des propriétés. Epp et Al-Ani (1979) parviennent à une mesure d'une relation positive entre les niveaux de la clarté d'eau avec la valeur des propriétés. David (1968) a par ailleurs examiné la corrélation entre la valeur des propriétés le long de lacs au Wisconsin et la qualité de l'eau pour trouver un lien positif avec l'augmentation de la valeur des propriétés résidentielles. Au Brésil aussi on a remarqué que l'eutrophisation des eaux pourrait se refléter par une perte moyenne dans la valeur des propriétés résidentielles allant jusqu'à 50 % (Michael et al., 1996 et 2000; UNEP, 1999; Legget et Bockstael, 2002)

Wilman (1984) nous apprend qu'une réduction de 20 % de la valeur des propriétés serait constatée avec la pollution des eaux au bord des plages. Young et Teti (1984) parviennent aux mêmes conclusions pour les propriétés situées à St-Albany, sur le lac Champlain (dans le Vermont). Ils remarquent que les propriétés situées le long d'une baie avec des eaux polluées voient leur valeur affectée négativement d'au moins 20 % par rapport à celles situées dans les

zones d'eaux plus claires. En Angleterre, dans le bassin de la Mersey, Wood et Handley (1999) ont estimé une dépréciation presqu'identique de 20 % de la valeur des propriétés résidentielles pour la même raison qu'est la baisse de la qualité des eaux (due notamment au phénomène de l'eutrophisation des eaux).

Michael et al. (2000) essaient de quantifier une relation entre la clarté de l'eau et la valeur des propriétés. Ils estiment qu'un mètre d'amélioration de la visibilité en profondeur due à la clarté de l'eau, au lac Murky, génère un impact positif. Boyle et al. (1999) procèdent pareillement dans le Maine. Dans la Baie de Chesapeake aux États-Unis, les bénéfices reliés à l'amélioration de la qualité de l'eau (relative, par exemple, à la réduction des nutriments, bactéries coliformes ou contaminants toxiques) se reflètent par une prime positive moyenne de 24 000 $ pour les 494 propriétés retenues dans l'échantillon (Pretty et al., 2002). Par ailleurs, Dumm et al. (2014) remarquent que les propriétés proches de l'eau commandent une prime de 7.2 % de leur valeur par rapport à celles plus éloignées.

En lien toujours avec la qualité et l'usage des eaux, un bon nombre d'autres études font état de résultats positifs semblables au Michigan (Brashares, 1985; Adelaja et al., 2007; Keven, 2008), au Maine (Michael et al, 2000; Boyle et Bouchard, 2003), à Chesapeake Bay (Bouchard et al., 1998; Leggett et Bockstael, 2000), au Mississipi (Boyer et al., 2003; Krysel et al., 2003) et au New Hampshire (Gibbs et al, 2002; Huang et al., 2002).

Les résultats et interprétations des études sur l'appauvrissement de la qualité, l'usage et la clarté de l'eau sont en lien avec la présente étude sur l'effet de la diminution des débits d'eau dans la mesure où les impacts dus à la réduction de la qualité/clarté de l'eau, se reflétant par un impact négatif, parfois très significatif, ne sont pas indépendant de la diminution des débits d'eaux. Lorsque leurs débits baissent, les eaux sont en général moins claires et plus polluées pour les propriétés riveraines.

3.2 Vue sur l'eau

Selon la littérature, comme pour la qualité de l'eau, la vue sur un plan d'eau semble agir dans la composition de la valeur des propriétés. La qualification d'une vue sur l'eau demeure cependant

assez imprécise (et subjective) dans les études empiriques. En effet, la qualité d'une vue peut dépendre de la distance des propriétés, avec ou sans obstacles, tout en considérant la source (lac, fleuve ou océan). Encore, l'apport d'une vue dans la valeur pourrait être confondue avec les diverses avantages/activités par l'accès direct à l'eau. Il peut y exister des variances significatives dans la qualité d'une vue spectaculaire par rapport à d'autres plus modestes.

Une des premières études repérées sur l'analyse de l'impact de la qualité d'une vue sur l'eau a été menée par Plattner et Campbell (1978). Leurs résultats indiquent que les propriétés résidentielles au Massachussetts, avec une proximité et vue sur l'eau, voient leur valeur augmenter entre 4 à 12 %. Plus récemment, dans une autre étude, McLeod (1984) parvient à des mesures plus significatives. Ainsi, selon cette étude, les propriétés bénéficient d'une prime d'environ 28 % lorsqu'elles disposent d'une vue sur le fleuve. Quant à Loomis et Feldman (2003), ils observent qu'une vue sur le lac Almanor (en Californie) ajoute en moyenne 31 000 $ entre 1987 et 2001. Ils notent d'ailleurs que les propriétés résidentielles localisées sur le long du lac se vendent en moyenne 209 000 $ de plus que celles plus éloignées.

En utilisant une base de données de 397 propriétés résidentielles à Point Market (Washington), par le biais d'intégration d'une variable de rang au modèle d'analyse, Benson et Hansen (1998) estiment qu'une vue de qualité dégagée sur l'océan ajoute 142 % de prime à la valeur moyenne des propriétés dans le secteur, suivis de 32 % pour une vue partiellement dégagée et de 10 % lorsqu'elle est bloquée. Cette étude suggère aussi que les primes diminuent avec l'augmentation de la distance des propriétés par rapport à l'eau, par un impact se faisant ressentir jusqu'à une distance de 2.4 km. Les auteurs constatent spécialement que ces primes peuvent changer avec les années, en s'accroissant généralement sur une période projetée de 25 années.

Pour le cas des terrains cette fois, Rinehart et Pomp (1999) ont estimé que les valeurs augmentent près de 113 % pour une vue sur un ruisseau et de 147 % pour une vue sur l'océan à l'île Sherbrooke. Mahan et al. (2000) parviennent à une mesure d'impact positif et significative de la proximité face à un lac alors qu'elle s'avère être presque négligeable lorsqu'il s'agit d'une vue sur le fleuve. En utilisant une variable binaire (pour exprimer l'impact avec ou sans vue), Bond et al. (2002) dégagent de leur analyse qu'une vue sur le lac Érié ajouterait une prime de 115 000 $ (56 %) à la valeur des 1 172 propriétés de l'échantillon.

Dans leurs études semblables, Bourassa et al. (2004) notent qu'une vue de haute qualité sur l'eau commande une prime de 59 % de la valeur des propriétés, en comparaison à une vue de qualité moyenne dont la prime baisse à 33 %. Les primes décroisent rapidement et non linéairement lorsqu'on s'éloigne de la côte. Par exemple, à environ 2 km de la côte, les primes suggérées sont de l'ordre de 12 à 14 %. Ailleurs, Wyman et Sperry (2010) ont trouvé trois degrés de primes en fonction de la proximité, avec une certaine qualité de vue : 287 % pour des lots en forme d'île (avec 360 degrés de visibilité sur l'eau), 219 % pour une vue moins complète et 124 % pour les terrains avec vue, mais sans accès au lac.

3.3 Niveaux d'eaux

Tout comme la qualité physique et la vue sur l'eau, les variations dans les débits d'eau peuvent agir dans la détermination de la valeur des propriétés immobilières. La littérature indique clairement que la qualité et la vue sur l'eau se modulent différemment à travers l'espace, en se reflétant par des degrés de primes commandées sur le marché. Les variations dans les niveaux d'eau devraient concerner d'abord les propriétés localisées sur le bord de l'eau. Bien que d'un impact moins direct, les variations dans les niveaux d'eaux ne devraient pas non plus être indépendantes de la qualité de l'eau et de la vue dont les propriétés bénéficient plus ou moins.

On peut penser intuitivement que les propriétaires de maisons situées le long du littoral ont dû payer une prime, habituellement très significative, par rapport à celles situées, par exemple, dans les rangées de lots plus loin. La qualité structurelle même des propriétés (dont les coûts de construction élevés) peut se justifier par cette prime de localisation en raison d'un accès direct à l'eau. Lorsque les niveaux d'eaux varient, par exemple en raison des changements climatiques, les primes payées sur le marché pour cet accès, s'en trouvent modifiées. Il s'agit évidemment ici d'intuitions liées à la pratique, mais il existe, comme on le verra dans les paragraphes qui suivent, une liste appréciable d'études empiriques s'étant penchées sur ce sujet.

Selon Lansford et Lonnie (1995), qui se basent sur leurs expériences et celles des agents immobiliers au niveau des marchés locaux, les acheteurs semblent vouloir payer une prime additionnelle pour un accès direct à l'eau, qui se situe entre 79 000 $ et 102 000 $. Ces primes varient cependant par type d'accès et d'usages anticipés. Par exemple, en Angleterre, les

propriétés résidentielles se vendent plus chères (jusqu'à 15 % de plus en moyenne); cette prime étant 25 % de la valeur pour les espaces à bureaux et 40 % pour les usages commerciaux (Wood et Handley, 1999).

Une autre étude réalisée par Hanson (1999) montre qu'un recul de 5 pieds de niveau d'eau (par rapport à la limite du terrain) au lac Martin, aux États-Unis, se traduit par un impact négatif allant jusqu'à 47 % de la valeur des propriétés résidentielles. Cette diminution dans les niveaux d'eau appauvrirait l'accès à l'eau en raison des surfaces rocheuses, l'apparition de différents types de plantes ou de végétation, de branches d'arbres ou d'autres types d'obstacles pouvant nuire, par exemple, à la navigation (Brutzman, 2012).

L'étude de Kashian et al. (2006) compare la situation avant et après, au lac Delavan au Wisconsin, avec au début une baisse importante du niveau d'eau du lac qui par la suite fut réhabilité. Ils remarquent que la réhabilitation du lac résulte en une appréciation allant jusqu'à 273 % de la valeur des propriétés du secteur. En comparant ce cas à d'autres lacs non réhabilités de la région, ils mesurent quand même une augmentation d'environ 148 % dans la valeur des propriétés longeant la côte. Retenant en particulier le cas de barrages au Wisconsin, aux lacs Koshkonong et Beaver Dam, ils trouvent que, comparativement à d'autres lacs qui ont perdu 2 pouces dans leur hauteur d'eau, les valeurs des propriétés voient leurs primes augmentées entre 79 et 90 %. Par rapport à une valeur moyenne saisonnière, ces auteurs ajoutent qu'une augmentation d'un pied du niveau d'eau claire ajoute près de 5 207 $ à la valeur des propriétés, à Delavan.

Lansford and Jones (1995a et 1995b) ont réalisé des études hédoniques sur le cas des lacs Austin et Travis qui ont connu des diminutions variables dans leurs débits d'eau à travers les années. Selon leurs résultats, le lac Travis, qui a gardé en moyenne un volume d'eau plus élevé, procure une satisfaction aux habitants des propriétés riveraines dont l'effet se traduit par une prime plus élevée. De la même façon, au Maine cette fois la valeur des propriétés faisant face au lac a perdu entre 340 $ – 6 200 $ en raison des bas niveaux d'eau observés, l'impact étant exprimé par mètre de recul du niveau d'eau par rapport à la rive (Pretty et al., 2002).

D'une ampleur significativement inférieure, en Australie, les évaluations foncières suggèrent également des pertes de valeurs moyennes par année de l'ordre de 2 % en raison de la diminution

des niveaux d'eau. Encore en Australie, cette fois au lac Colac, l'impact s'exprime par une perte annuelle de 1 % de la valeur, impact de plus en plus discuté par les agents immobiliers œuvrant aux marchés locaux (DNRE, 2000).

Dans le cas du lac Lanier aux États-Unis, les chercheurs estiment des pertes économiques de l'ordre de 87 millions de dollars entre 2007-2008, dues à la réduction des niveaux d'eaux. Ils suggèrent que la baisse continue des niveaux d'eaux pourrait causer des pertes de la valeur des propriétés jusqu'à 1.8 milliards de dollars pour les propriétés adjacentes au lac (cela représenterait en plus une perte en revenus de taxes foncières de l'ordre de 6.1 millions). Dans le même ordre d'idée, Allen et al. (2010) ont estimé une décroissance de l'activité économique d'environ 0.1 % pour les six municipalités autour du lac Hartwell en raison des bas niveaux d'eau. Quant à Carey et al. (2011), ils trouvent qu'une baisse d'un pied du niveau d'eau serait corrélée avec une réduction de 12 % dans le nombre de transactions immobilières du comté d'Oconee. Ailleurs, en se basant sur un sondage mené auprès des résidents autour du lac Conroe, Rogers et al. (2012) estiment une perte allant jusqu'à 28 % dans la valeur des propriétés à cause des bas niveaux d'eau. Dans leurs réponses, les résidents indiquent souvent que ce phénomène a engendré des taux de roulement plus élevés dans les ventes, soit trois fois plus élevés, des propriétés influencées par rapport à celles plus loin de l'impact.

D'autres études ont considéré aussi l'impact économique général causé par la baisse importante des niveaux d'eau, sans directement les relier à la valeur foncière. La plupart d'entre elles retiennent l'impact économique général en termes d'activités de tourisme, de loisirs, du nombre de transactions immobilières, des ventes au détail, etc. À ce propos, Wyman et al. (2013) citent les études de Bleakely Advisory Group (2010) sur le lac Lanier, RCLO Company (2011) sur le lac Travis, Rogers et al. (2012) sur le lac Conroe, celle d'Allen et al. (2010) sur le lac Hartwell et Cary et al. (2011) sur le lac Keowee. Dans un autre contexte, les analystes ont essayé d'évaluer l'impact économique des bas niveaux d'eaux, par exemple, sur l'irrigation, la valeur et la rentabilité en production des terres agricoles (Terrel et Johnson, 1999; Wittwer et Griffith, 2011).

Dans ce survol étendu de la littérature, nous avons repéré des impacts variables dans diverses autres études. Par exemple, Parson et Wu (2002) constatent qu'une propriété immobilière perd en moyenne 4 175 $ par l'éloignement d'environ 1.6 km d'un cours d'eau (le prix moyen étant de 181 341 $). Michael et al. (2003) estiment que chaque 100 mètres d'éloignement de la côte fait

perdre la valeur foncière de l'ordre de 3 à 4 % à Maryland et 18 % à Hooper Island. Dans une autre étude, au Tennessee, Murray et al. (2003) ont essayé de mesurer l'impact de la diminution des niveaux d'eau en hiver. Leurs résultats suggèrent que la diminution de volumes d'eaux résulte en des pertes entre 1 et 5 % de la valeur des propriétés. Cet impact négatif s'accroit à mesure que les bas niveaux d'eaux persistent dans l'année; il tend à diminuer lorsque les niveaux d'eaux reviennent à la normale. Hanson et Hatch (2001) trouvent qu'une réduction permanente d'un pied d'eau à l'été fait réduire les valeurs des propriétés entre 4 à 15 %. Lansford et Jones (1995) estiment que les valeurs aux abords de deux lacs au Texas décroissent du montant de 9 492 $ pour six pieds de recul d'eau par rapport à la limite des terrains. Kharari-Chrertri et Hite (1989) enrichissent nos connaissances sur l'impact en rapportant que chaque pied de diminution des niveaux d'eaux à South Carolina réduit la valeur des terrains d'environ 8 454 $ par acre.

Du point de vue de l'approche méthodologique et nature d'impacts sur la valeur foncière (relié à la diminution des niveaux d'eaux), l'étude de Wyman et al. (2013) semble être très proche de notre sujet. Les auteurs utilisent un modèle hédonique de régression spatiale semi-log. Leur étude considère des données sur 1 024 terrains vacants vendus entre 2002 et 2012. Dans leur approche, ils comparent le cas de deux lacs en Caroline du Sud. Le premier, le lac Keowee, conserve un niveau d'eau constant à cause de la régulation nécessaire pour la production de l'énergie nucléaire, alors que le niveau change pour le lac Hartnell. Pour quantifier l'impact, les auteurs introduisent une variable spécifique, formée en fonction du degré de l'impossibilité d'installation d'un quai pour accéder à l'eau, nécessaire aux propriétés riveraines. Le modèle de Wyman et al. (2013) génère des résultats avec une explication de 64 % des variations de prix, en considérant 10 variables indépendantes parmi lesquelles neuf (9) se révèlent statistiquement significatives (en dessous d'un seuil statistique de signification de 10 %).

L'étude de Wyman et al. (2013) trouve, par exemple, une prime de 35 % pour une vue sur le lac et presque 60 % de plus pour les terrains en forme d'îlot, avec accès à l'eau. Parmi leurs résultats, il apparaît qu'un terrain en îlot se vendrait en moyenne avec une prime de 500 000 $. Ceux ayant accès au lac dégageraient une prime de 301 839 $ alors qu'elle se situe à 219 815 $ pour une vue seulement. À noter particulièrement que leur étude établit des impacts négatifs sur la valeur des propriétés lorsque les niveaux d'eau baissent significativement. Dans leur mesure, cet impact total, du à la diminution des niveaux d'eau, serait de 36 $ millions de dollars pour les 1 024 propriétés de l'échantillon, en bordure des lacs. Ainsi, pour toutes les propriétés concernées par

ce phénomène de diminution des niveaux d'eau, les impacts économiques se traduiraient par des pertes variant entre 305 et 686 millions de dollars (sur une valeur foncière totale de 2.1 milliards de dollars).

Une dernière étude que nous avons analysée, portant sur le même phénomène, et encore plus proche de notre sujet, considère les eaux des lacs ontariens. Il s'agit de l'étude menée par *Mowat Centre* (2014) selon laquelle une diminution d'un pied des niveaux d'eau (30.48 cm) s'est reflétée dans une perte moyenne de 14 % dans la valeur des propriétés résidentielles des municipalités ontariennes entre 2003 et 2012. Selon la même étude, une vue ajoute en moyenne 36.5 % à la valeur des propriétés alors qu'un accès direct à l'eau procure 53.5 % de prime. En considérant les résultats du modèle, l'impact économique total estimé par la diminution des niveaux d'eaux serait de 794 M $ jusqu'en 2030 et 976 M$ jusqu'en 2050.

Dans cette étude, l'usage de la méthode de régression multiple est approprié, mais certains questionnements demeurent notamment en ce qui concerne la mesure et les données utilisées. Mise à part la force moyenne d'explication des variations de prix avec 61 % (comme l'étude de Wyman et al., 2013), le tableau montre des résultats différents (avec des signes d'impacts positifs, d'une constante dominante, etc.). L'aspect le plus délicat du modèle demeure clairement le faible nombre d'observations considéré soit 168 pour l'ensemble du territoire.

4. HYPOTHÈSES PRÉLIMINAIRES

La revue de la littérature au point précédent est utile pour apprécier les divers degrés et facteurs d'impacts sur la valeur foncière tels la qualité de l'eau, l'accès des propriétés à l'eau et les variations dans les niveaux d'eau. Les études parcourues confirment de façon claire que l'impact de la proximité et de l'accès à l'eau sur la valeur foncière est positif, sans toutefois mesurer avec certitude son amplitude. L'impact sur la valeur des propriétés y étant nettement mis en évidence, avec cependant certaines imprécisions, ou même parfois, incohérences.

Ce constat s'explique par la diversité des types de propriétés (résidentielles, commerciales, industrielles…), des cours d'eau (océan, ruisseau, fleuve, rivière, lac…), des méthodes utilisées, des unités de mesure employées (par unité de proximité, diminution des volumes d'eaux, niveaux de qualité…), des données, des régions, des périodes d'analyse et les objectifs d'étude des auteurs (par exemple, l'élaboration d'un modèle, l'explication d'un attribut en particulier, l'évolution du marché, l'impact économique…).

Le tableau qui suit résume les constats principaux dérivés de la littérature, regroupés en deux sections : la première portant principalement sur les études d'impacts relatives à la vue et la deuxième traitant des résultats sur l'impact de l'accès direct aux cours d'eau. Il est évident que les résultats des impacts ne sont pas comparables, bien qu'ils donnent une idée générale sur leur sens et ordre de grandeur. Par exemple, en fonction de la qualité d'une vue, les impacts sur les valeurs foncières varient considérablement (approximativement entre 30 et 300 %, avec un cas de figure moyen de 150 %). En plus de cette prime pour le facteur « vue sur l'eau », l'accès direct à l'eau procure une prime additionnelle dont il est encore difficile de fournir des intervalles cohérents à partir de la littérature.

Quant à l'impact dû à la réduction des niveaux d'eaux, bien qu'exprimé par des unités de mesure assez disparates, il apparaît être négatif et significatif. Selon les résultats des analyses, il faudrait donc s'attendre le plus souvent à une baisse des valeurs pouvant varier entre 5 et 15 % en moyenne. Par exemple, pour une propriété de 500 000 $, cet impact capitalisé s'exprimerait par des valeurs entre 25 000 $ et 75 000 $.

Tableau 1. Recensement des études d'impact

Études	Impacts	*Notes*
Plattner et Campbell (1978)	4 à 12 %	*Vue et proximité (à Massachussetts)*
McLeod (1984)	28%	*Vue*
Willis et Garrod (1993)	2 à 6 %	*Proximité (à Londres et Midlands)*
Benson et Hansen (1998)	142 % 32 %	*Vue dégagée (océan)* *Vue partiellement dégagée*
Rinehart et Pomp (1999)	147 % 113 %	*Vue dégagée (océan)* *Vue sur ruisseau (à l'île Sherbrooke)*
Bond et al. (2002)	115 000 $ (56 %)	*Vue sur le lac Erie*
Loomis et Feldman (2003)	31 000 $ 209 000 $	*Vue sur le Lac Almanor (Californie)* *Accès au lac*
Bourassage et al. (2003 & 2004)	59 % 33 %	*Vue dégagée sur l'eau* *Vue partiellement dégagée sur l'eau*
Wyman et Sperry (2010)	287 % 219 % à 124 %	*Vue de 360 degrés (terrain en forme d'un îlot)* *Vue ordinaire sur l'eau (vue moins prenante)*
Dumm et al. (2014)	7.2 %	*Proximité*
Chrertri et Hite (1989)	8 454 $	*Par acre et 1 pieds de moins d'eau (South Carolina)*
Lansford et Jones (1995)	9 492 $	*6 pieds de recul d'eau (2 lacs à Texas)*
Lansford et Lonnie (1995)	79 000 $ à 102 000 $	*Accès à l'eau*
Michael et al. (1996)	50.0 %	*Réduction moyenne des niveaux (Brésil)*
Wood et Handley (1999)	15 % 25 % et 40 %	*Fonction résidentielle (Angleterre)* *Bureau et commerces respectivement*
Hanson (1999)	9.4 %	*Par pied, au Lac Martin*
DNRE (2000)	1 à 2 %	*Réduction moyenne des niveaux (Australie)*
Hanson et Hatch (2001)	4 à 15 %	*1 pieds de moins d'eau*
Parson et Wu (2002)	2.3 %	*1.6 km d'éloignement*
Pretty et al. (2002)	340 $ - 6 200 $	*1 m. de recul/1 m frontage (Maine)*
Loomis et Feldman (2003)	209 000 $	*Accès (Lac Almanor, Californie)*
Michael et al. (2003)	3-4 % 18 %	*100 m. d'éloignement (à Maryland)* *100 m. d'éloignement (à Hooper Island)*
Murray et al. (2003)	1 à 5 %	*Diminution des eaux à l'hiver (Tennesse)*
Kashian et al. (2006)	79 à 90 %	*Par 2 pieds, Lacs Koshkonong et Beaver Dam (Wisconsin)*
Carey et al. (2011)	12.0 %	*nombre de ventes, 1 pied de réduction d'eau (Comté Oconee)*
Rogers et al. (2012)	28.0 %	*Réduction générale des niveaux (Lac Conroe)*
Wyman et al. (2013)	35 % 60 %	*Vue (Lacs Keowee et Hartnell, South Carolina)* *Accès*
Mowat Centre (2014)	36 % 53.5 %	*Vue (Lacs ontariens)* *Accès*

D'abord, en ce qui a trait aux facteurs positifs, les terrains localisés le long des cours d'eaux sont recherchés pour l'utilité esthétique qu'ils procurent. Dans le cas des propriétés résidentielles, cette utilité provient surtout de la vue sur le plan d'eau et de tout ce qu'elle promet comme moments de détente, de proximité à la nature, de faible densité urbaine et d'accès aux activités multiples. Bien sûr, l''utilité fournie par les terrains qui bénéficient de cette localisation changera, non pas seulement en fonction de la vue elle-même, mais aussi en fonction de sa qualité. Une vue dégagée sur un plan d'eau propre, par rapport à celle perturbée par un pont, des constructions, des obstructions partielles comme des arbres ou encore la pollution de l'eau, ne procure pas le même degré d'utilité et, par conséquent, les mêmes primes sur le marché. Certains propriétaires en bénéficient de façon permanente et d'autres de façon plus temporaire comme dans le cas des propriétés secondaires ou bien saisonnières.

La prime commandée par l'attrait de ces localisations s'exprime aussi par des retombées économiques significatives pour les municipalités et divers secteurs socio-économiques. En effet, l'augmentation des activités socio-économiques et la croissance des valeurs foncières dues à cet attribut de localisation contribuent à l'enrichissement de l'assiette foncière des municipalités. Cette augmentation de l'assiette foncière retourne dans la communauté sous forme de services, qui, en contrepartie, renforcent les attraits locaux pour créer, ensemble, une certaine synergie positive de localisation à long terme.

La baisse des niveaux d'eau est un phénomène résultant des changements climatiques à long terme, mais aussi des variations saisonnières. Comme le suggère la littérature, les fluctuations significatives des niveaux d'eaux et, en particulier leur diminution, engendrent des coûts importants pour assurer l'accès à l'eau (par exemple par le prolongement ou l'ajout de quais), pour en corriger les dommages causés de différentes façons (par exemple, moisissures, bris d'embarcations ou d'autres structures). L'augmentation des coûts se reflète par conséquent sur les prix négociés et observés du marché immobilier. Ces risques dépriment souvent la valeur des propriétés résidentielles, en augmentant alors leurs frais d'assurances.

Le phénomène de l'« eutrophisation » est un résultat connu de la diminution progressive des niveaux d'eaux. « *L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques* » (Lewis et al., 2011; Andersen

et Patterson, 2014). La poussée et le volume des algues s'accélèrent avec la densité des activités humaines sur les lieux. Les algues se développent de plus en plus et perturbent alors l'écosystème tout comme la vue et l'attrait esthétique de la localisation recherchée. Selon le milieu concerné et le type d'algue (macroscopique ou microscopique), il se présente, par exemple, en marée verte ou en mousse sur la plage, comme en témoigne la photo suivante. La présence des algues s'accompagne alors d'autres plantes aquatiques, avec lesquelles augmentent l'odeur dans l'eau et la présence d'insectes divers (Boyle, 2002; Bouska et al., 2008). Selon Andersen et Patterson (2014), « *L'eutrophisation accélérée pose un problème non seulement aux écosystèmes mais aussi aux êtres humains (pertes d'usages et problèmes de santé en raison de la dégradation de la qualité de l'eau)* ».

Figure 1. Algues et marée verte

** Source: www.revue-ein.com*

Ce ne sont pas seulement les coûts tangibles de ces changements à assumer qui réduiront la valeur des propriétés, mais aussi les pertes d'utilité dues aux facteurs tels que la pollution de la vue par

une végétation accrue, la boue, ou encore l'odeur dégagée par les superficies couvertes. L'esthétique à la base de l'attrait de ces terrains s'en trouvera donc significativement détériorée par ces facteurs. En effet, les nouveaux acheteurs, tout comme les propriétaires vendeurs, en tiendront compte et capitaliseront négativement leurs effets dans les prix de vente.

Comme conséquence de la présence de ces effets nuisibles, nous anticipons que les valeurs des propriétés se trouveront affectées à la baisse. Cette réduction des valeurs aura des conséquences aussi sur l'assiette fiscale des localités, avec les effets d'entraînement négatifs dans la communauté. Enfin, le marché est habituellement sensible à la perception et l'internalisation non seulement des impacts directement ressentis, mais aussi aux croyances et à l'information véhiculée.

À ces effets négatifs sur les valeurs foncières, s'ajoutent la possibilité de changements de divers usages dans le secteur, mais aussi dans les zones libérées par l'eau. Enfin, à long terme, les superficies libres peuvent accueillir d'autres structures et équipements qui peuvent, non seulement bloquer la vue et l'accès à l'eau des propriétés présentes déjà le long de la côte , mais affecter aussi la valeur des plus éloignées. Ce type de changement d'usages peut être une des conséquences à long terme de la diminution des niveaux d'eaux, et par conséquent, de la valeur des propriétés.

Il convient de noter que l'impact du phénomène de réduction des niveaux d'eau est plus important dans certaines régions ayant de graves problèmes de sécheresse par rapport à d'autres comme le Québec dont l'enjeu demeure principalement esthétique.

Au Québec, ce phénomène n'est pas bien connu, à part dans quelques régions isolées. En plus de la faible connaissance du phénomène, très peu d'analyses, sinon aucune, à notre connaissance, ne se sont penchée sur la quantification économique des effets de la réduction du niveau d'eau sur la valeur des propriétés riveraines. Cela fait en sorte que nos connaissances sont limitées et souvent confondues avec d'autres types d'impacts.

5. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Les constats à partir de la revue de la littérature et les hypothèses posées plus hauts requièrent d'être validées empiriquement par l'usage des données en provenance de la zone qui nous intéresse dans cette étude. En fait, bien que les enseignements sur l'ampleur (et la nature) des impacts monétaires de l'attribut d'intérêt soient utiles à nos réflexions, il demeure qu'il s'agit de méthodes, régions, contextes, temps, objectifs, etc. fort différents dont les résultats ne sont pas directement applicables au Québec. Il y a donc lieu de les vérifier et valider par des données telles qu'elles sont sur le terrain, au niveau des marchés locaux.

Une première étape consiste à élaborer un modèle d'explication et de mesure de 'impact de l'attribut. Dans ce sens, la littérature et la pratique offrent déjà des enseignements utiles sur les approches et techniques possibles. Cependant, par rapport à l'attribut étudié, le choix des méthodes demeure assez limité et les analyses-types ne font que commencer dans le domaine puisque le phénomène de baisse des niveaux d'eau ne s'observe que depuis environ une décennie dans le domaine des valeurs foncières. Afin qu'il se reflète pleinement sur la « conscience du marché », plus de temps serait requis habituellement. Néanmoins, selon la littérature, les effets se reflétant déjà sur le marché, il y a lieu de procéder à de telles mesures, avec les données disponibles.

Le choix des méthodes que nous décrivons dans cette section repose sur la connaissance du phénomène, de la nature de l'impact et des variables déterminantes, et plus spécialement sur la disponibilité des données de bonne qualité quant à l'attribut. En guise d'une première réflexion, nous effectuons comme suit une revue des approches disponibles dans le domaine, avec les données/techniques suggérées.

Dans la pratique d'évaluation foncière, il convient de distinguer deux approches concurrentes : l'évaluation par les méthodes dites « classiques » et l'évaluation par la modélisation (version moderne).

5.1 Évaluation classique

L'évaluation foncière fait usage, de façon systématique (et organisée), depuis plus d'un siècle, de trois méthodes reconnues, maintenant, comme étant classiques :

- ***la méthode des prix***
- ***la méthode des coûts***
- ***la méthode des revenus***

Dans le cas des propriétés résidentielles unifamiliales, celles qui sont étudiées dans ce rapport, la méthode la plus appropriée demeure celle des prix. En effet les méthodes des coûts et des revenus sont moins applicables étant donné qu'elles concernent respectivement le cas des propriétés rares/complexes et avec revenus notamment dans les secteurs commercial et industriel.

La méthode des prix convient lorsqu'il existe un nombre suffisant de transactions dans le secteur d'étude. L'expert ou le professionnel, reconnu au Québec comme « évaluateur », identifie les ventes d'habitation similaires à la propriété évaluée (les comparables), dans un délai raisonnable (idéalement moins de 6 mois) et de délimitation géographique homogène (idéalement dans le même quartier). Habituellement, lorsque les ventes identifiées sont validées et s'avèrent être de bons comparables (en ce qui a trait à leurs caractéristiques structurelles et spatiales multiples), 3 à 5 comparables suffisent à l'avancement d'une opinion justifiée sur la valeur marchande du sujet.

Dans l'application de cette méthode, l'aspect primordial (et quelque peu subtil) repose sur les montants des ajustements qu'il faut envisager lorsque les comparables diffèrent du sujet. Le processus d'ajustement entre alors en ligne de compte et vise à créer les conditions et caractéristiques identiques (ou très semblables) des comparables par rapport à celles du sujet. Par la convergence de la ressemblance des comparables au sujet, les prix rajustés (à la hausse et/ou à la baisse, selon le cas) offrent alors une idée habituellement suffisante sur la valeur marchande du sujet. La difficulté avec cette méthode est notamment le calcul objectif et adéquat du montant des rajustements (ou impacts) pour divers déterminants de prix fonciers. Il convient de noter que c'est à ce niveau que se situe tout le défi de cette méthode classique des prix.

Concernant la mesure de l'ajustement (ou de la contribution) monétaire de l'attribut en lien avec la baisse des niveaux d'eaux, les professionnels sur le terrain ne le considèrent pas dans leur rapport d'évaluation. Lorsque le secteur éprouve un tel impact, le professionnel peut parfois noter la présence d'effets probables sans en quantifier l'impact. Même si les clients leur demandent un montant chiffré de l'attribut en question, ils ne sont pas en mesure de le faire étant donné la limite de la méthode classique, qui fonctionne avec très peu de ventes, notamment par l'usage des grilles d'ajustement.

Parmi les quelques ventes considérées, probablement aucune d'entre elles ne serait affectée par la présence de tels impacts (en assumant que le sujet est à l'intérieur ou dans le voisinage de la zone riveraine). Le peu de ventes considérées fait en sorte que le montant estimé de l'ajustement relié à la réduction des niveaux d'eau serait très subjectif et même impossible à justifier. En raison de son expérience locale, bien que l'opinion de l'expert puisse compter, la meilleure approche demeure alors l'usage de plus de ventes pour l'évaluation du phénomène à mesurer. C'est ce que permet de réaliser l'approche dite moderne (ou hédonique), décrite au prochain point.

5.2 Modélisation moderne ou « hédonique »

L'approche par la modélisation « hédonique », définie comme étant la version moderne de la méthode classique d'évaluation, repose sur les mêmes fondements et concepts. La différence spécifique provient du fait que l'approche moderne permet le calcul du montant de la contribution monétaire de divers attributs (ou les rajustements) des propriétés par différents procédés plus élaborés, notamment statistiques, en faisant usage d'un nombre plus élevés de références sur le marché. Par ailleurs, le terme « modernité » souligne aussi l'usage d'équipements informatiques, d'outils géostatistiques (tels que les systèmes d'information géographiques – SIG), de bases de données et de programmes intégrant, par exemple, des algorithmes automatisés de calculs. Par ailleurs, par rapport aux méthodes classiques, la méthode moderne justifie plus objectivement les montants des ajustements, accompagnés habituellement par une batterie de tests reconnus.

Quant aux limites de cette méthode, elles proviennent principalement de l'accès et de la disponibilité des données, qui doivent être suffisantes pour l'application des méthodes statistiques. Par rapport au marché qui nous intéresse, les données peuvent porter sur les ventes

des propriétés de toute catégorie, comme le résidentiel. Plus le nombre de ventes est élevé pour les types de propriétés à l'étude, plus les résultats de cette méthode s'avèrent concluants.

Dans l'application de cette méthode, à part la disponibilité des données, une autre considération importante pour l'analyste est de se faire une bonne idée du comportement du marché par rapport à la nature du phénomène analysé et aux recettes de la modélisation. Le plus souvent, le processus de modélisation pour le calcul de l'impact du phénomène d'intérêt peut se faire par la lecture des prix, coûts et revenus en fonction d'un ensemble d'attributs explicatifs des propriétés.

L'identification de cette méthode avec le qualificatif « hédonique » est reliée à la recherche d'utilité subjective des agents; cette subjectivité dans les utilités étant exprimée objectivement dans les prix observés en montants importants (tout comme le coût et le revenu). La lecture appropriée de différentiels de prix et des caractéristiques composant le bien analysé permet alors de dériver une mesure « moyenne » des utilités promises par l'attribut, capitalisées dans le prix total. Plus nombreux sont les agents économiques sur le marché exprimant leur préférence pour l'utilité de cet attribut, plus fiable et objective devient donc l'opinion de l'expert sur la mesure de sa contribution. L'usage, par exemple, des statistiques et d'algorithmes mathématiques permettent de réaliser cette opération, tout en contrôlant l'impact croisé d'autres attributs explicatifs et en « isolant » la part de contribution respective de l'attribut (Rosen, 1974).

Dans la quantification de la contribution et/ou dévalorisation de l'attribut à mesurer dans cette étude, la modélisation dans le cadre de référence de l'approche hédonique s'offre comme possibilité intéressante. À cet égard, ce cadre rend déjà disponible une variété de techniques statistiques (et autres), avec des procédés plus ou moins complexes de conceptualisation et de la formation de l'attribut dans le but de quantifier son impact économique.

Le choix du type de formation de l'attribut s'accompagne alors de plusieurs formes fonctionnelles des modèles (ex. : linéaire ou non linéaire). Ce choix est souvent facilité par l'expérience et la conceptualisation du type d'effet, combiné et isolé, des attributs multiples de la valeur foncière. Cette connaissance mène enfin aux formes et types d'équations à élaborer afin de bien mesurer la nature de l'impact de l'attribut considéré.

A priori, le modèle de base convenant au sujet de l'étude est la régression linéaire multiple. Cette forme a l'avantage de quantifier monétairement, en valeur absolue, la part d'impact de l'attribut et permet d'interpréter directement les résultats. Des formes semi-log (comme celle de l'étude de Wyman et al., 2013) ou encore log-log peuvent être utilisées. Le modèle de régression logistique offre une autre possibilité dans la mesure où l'on considèrerait une variable dépendante de type binaire, en fonction de plusieurs autres variables explicatives. Étant donné le facteur de variations des impacts dans le temps et dans l'espace, le modèle de base peut être calibré en y intégrant, par exemple, des spécifications d'autocorrélations spatiale et temporelle.

Le modèle conventionnel, reposant sur les fondements de l'approche hédonique, suppose donc une relation entre le prix observé (le phénomène expliqué et/ou à prévoir) et la contribution marginale en prix de chacune des caractéristiques explicatives comme l'impact de la baisse des débits d'eaux qui nous intéresse ici. Dans le modèle hédonique moderne de mesure d'impact de l'attribut qui nous intéresse, défini et identifié par l'acronyme *ImpEau* plus bas, le type et la forme du modèle retenu est déterminant.

Ce modèle hédonique demeure donc un choix courant dans le domaine. Cependant, en raison de la complexité et du peu de connaissances que nous avons à ce jour sur le marché local, il y a lieu d'élaborer une conception appropriée de son impact à l'intérieur du modèle. A priori, il y a différentes manières pour former cette variable, que nous préciserons plus bas dans la spécification du modèle.

Si l'usage de l'approche hédonique demeure une bonne option, et généralement préférée dans les analyses semblables, il faut tenir compte de certaines contraintes. Il s'agit notamment de la vérification du comportement normal du phénomène étudié, du choix du nombre et de type d'attributs, des problèmes d'interaction entre les variables explicatives, de la segmentation appropriée du marché (pour former le même type d'usages), de la forme fonctionnelle des variables, etc. Ces contraintes requièrent d'être traitées et discutées en temps et lieu opportuns, notamment lors des étapes du calcul de l'impact.

5.3 Modèles d'estimation de l'impact

Selon la littérature, la proximité aux cours d'eau procure différents types et degrés d'avantages. L'avantage le plus évident est celui d'être localisé ou non face à l'eau. Cet impact sera exprimé par le terme *Accès* dans le modèle d'estimation. Les propriétés localisées face à l'eau semblent bénéficier continuellement de plusieurs facteurs selon la littérature relatifs à l'aspect esthétique, à la vue, à la navigation ou même à la natation. Le fait d'être localisé ou non face à l'eau détermine aussi le type de bâtiment.

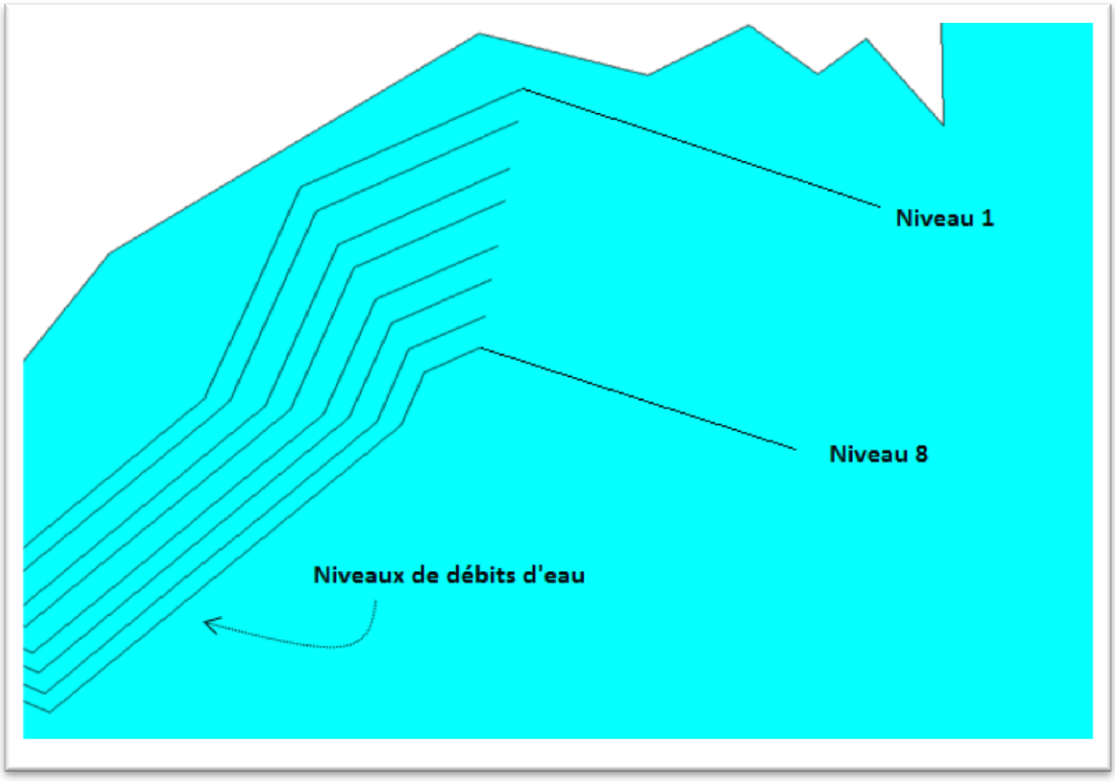
Figure 2. Propriétés avec accès sur l'eau

Dans l'approche de quantification de l'impact, nous allons également distinguer de ces propriétés celles sans accès, mais avec une vue sur le cours d'eau. Les propriétés avec vue, identifiées dans la base de données, bénéficient aussi d'un avantage de localisation du fait d'être proche à l'eau, mais différent par rapport à l'avantage d'un accès direct (voir Figure 3). Par ailleurs, il existe des propriétés proches de l'eau, mais sans accès, ni avec une vue. Nous les considérons dans la catégorie des propriétés sans impact. À remarquer que la littérature distingue parfois la vue selon différents degrés de qualité. Dans notre modèle, nous n'avons pas fait un tel exercice comme cette précision n'était pas fournie dans les données obtenues et traitées.

Figure 3. Impacts d'une vue et d'un accès

Finalement, en plus de ces deux variables importantes, nous avons exprimé l'impact relié à la baisse d'eau sur les prix fonciers par l'entremise de la variable *ImpEau*. À cet égard, sur un plan plus technique, nous avions le choix d'exprimer l'impact en considérant, soit le débit d'eau connus au moment des transactions ou le niveau produit par le débit d'eau (le débit se mesure en mètre cube par seconde alors que le niveau d'eau se mesure en mètre ou au pied linéaire). Dans le premier cas, le débit d'eau nous offrait une mesure métrique directe et plus précise avec laquelle il était possible d'associer chaque vente à une date donnée. Dans le deuxième cas, il aurait fallu opérer des estimations de débits par 8 niveaux pour former finalement une variable de rang. Il s'agit donc d'une approximation par corridors d'impacts, comme en témoigne la Figure 4. Selon cette expression de l'impact, nous avions fait l'hypothèse que la valeur des propriétés vendues serait moins touchée lorsque le niveau d'eau était le plus proche (Niveau 1) par rapport à celles vendues au moment où les niveaux d'eaux étaient le plus reculés sur le terrain (Niveau 8).

Figure 4. Formation d'une variable de rang sur l'effet immédiat



Lors des tests avec les premiers modèles de régression, l'utilisation de la variable de rang ne permettait pas d'obtenir un coefficient significatif pour l'explication du phénomène qui nous intéresse ici. C'est pourquoi nous avons retenu la mesure du débit d'eau pour exprimer la variation de niveau d'eau tel qu'observé par les acheteurs et vendeurs au moment de la vente (ou quelque jours/semaines avant).

En fonction de ces hypothèses, nous avons utilisé un modèle de régression linéaire, intégrant la liste des variables retenues comme déterminants (voir la liste sur la définition et le type de codifications opérées des variables mise en Annexe 1). Ce modèle de régression se spécifie comme suit :

$$P = \beta_0 + (\beta_k * X_k) + (\beta_a * A) + (\beta_v * V) + (\beta_i * \text{ImpEau}) + (\beta_{iv} * \text{ImpEauV}) + \varepsilon$$

P	prix de vente observés (testé aussi en log)
β_0	constante de l'équation
β_k	coefficients du bâtiment et de localisation à estimer
$\beta_a, \beta_v\ \beta_i, \beta_{iv}$	coefficients d'impact sur l'accès, la vue, l'*ImpEau* et l'*ImpEauV*
X_k	caractéristiques multiples du bâtiment et de la localisation
A	accès à l'eau
V	vue sur l'eau
$ImpEau$	débit d'eau associé aux propriétés avec accès à l'eau
$ImpEauV$	débit d'eau associé aux propriétés voisines
ε	terme d'erreur du modèle

Sous sa forme habituelle de $y = f(x)$, le modèle par régression cherche une relation (affine ou linéaire) pouvant exister entre les x_i (les variables explicatives comme X, A, V, ImpEau et ImpEauV) et le y_i (la variable dépendante comme le prix de vente). Les données $\{(x_i, P_i), i = 1, \dots, n\}$ observées sur le marché peuvent être représentées par un nuage de n points dans le plan (x, y). Le centre de gravité du nuage de points se calcule comme il s'agit du point de coordonnées $\big(\mu(X), \mu(Y)\big) = (\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i)$. Rechercher une relation entre les variables x et y est à toute fins pratiques tracer une ligne droite à travers le nuage de points (cas) observés. Parmi les droites possibles, on utilise habituellement le principe des moindres carrées ordinaires, soit celle qui rend minimale la somme des carrés des écarts des valeurs observées y_i à la droite $\hat{y} = ax_i + b$ recherchée. Si l'erreur ε (résidu) est cet écart sur un cas donné, le principe propose de retenir les valeurs de a et b qui minimisent la somme des carrés des écarts :

$$\sum_{i=0}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=0}^{n} (y_i - (ax_i + b))^2.$$

Ces valeurs, notées $\hat{a}$ et $\hat{b}$, s'estiment au moyen de la variance $Var\ (X) = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu\ (X))^2$ et de la covariance $Cov\ (X, Y) = \frac{1}{n}\ \sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu\ (X))(y_i - \ \mu\ (Y))$ des variables x et y.

La performance de ce type de modèle est habituellement jugée par une batterie de tests qui sont joints aux modèles d'estimation des résultats présentés plus bas.

Il convient de noter ici que dans cette équation, la variable qui nous intéresse particulièrement est *lmpEau*. Comme indiqué plus haut, celle-ci est formée directement en considérant les niveaux de débits d'eaux observés au moment de la vente pour les propriétés concernées. À cet égard, plus bas dans les résultats, nous avons scindé en deux catégories les propriétés immédiatement adjacentes à l'eau et celles voisines (en rangée, une rue à l'arrière). Par l'ajout de la variable *ImpEauV*, l'idée était de distinguer l'impact que pourrait avoir les débits d'eaux à la fois sur les propriétés immédiatement au bord de l'eau et celles un peu plus loin (voisines).

Les résultats que nous obtenons plus bas découlent donc de ce modèle de régression, en considérant les débits d'eaux. En plus du modèle de régression linéaire, nous avons aussi conçu un modèle semi-log pour le calcul des résultats. Dans ce deuxième modèle, les prix y sont transformés en logarithme naturel et régressés par des valeurs des mêmes paramètres explicatifs de la version linéaire selon l'équation suivante :

$$\ln(y) = \beta_0 + (\beta_k * X_k) + (\beta_a * A) + (\beta_v * V) + (\beta_i * \text{ImpEau}) + (\beta_{iv} * \text{ImpEauV}) + \varepsilon$$

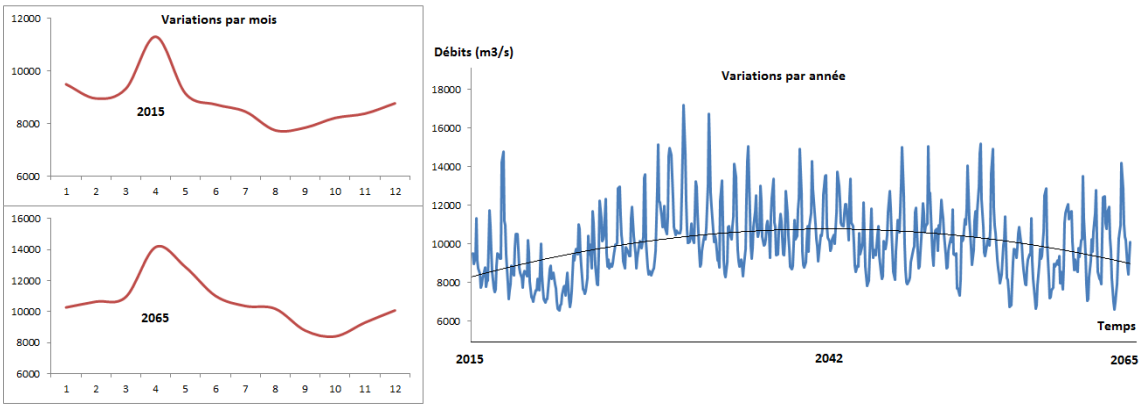
Nous nous intéressons à cette forme de spécification en raison d'une croissance dans les variables explicatives x qui mène à un changement en pourcentage dans la variable dépendante y. Les résultats sur les contributions marginales des coefficients β sont estimés par l'équation suivante :

$$y = e^{\beta_0 + (\beta_k * X_k) + (\beta_a * A) + (\beta_v * V) + (\beta_i * \text{ImpEau}) + (\beta_{iv} * \text{ImpEauV}) + \varepsilon}$$

Avant la présentation de ces deux modèles, nous nous sommes intéressés à d'autres spécifications proposées par la littérature, notamment par Pace et al. (1998). L'idée était de tester une hypothèse sur un double effet que nous avions imaginé en lien avec l'impact de la proximité à l'eau. Au lieu de considérer seulement la variable *ImpEau* dans sa forme d'impact direct, que nous appelons *effet immédiat* des débits d'eaux sur le marché, nous avons aussi testé la possibilité d'un autre type d'impact qui était celui d'un « effet d'apprentissage » (*impact latent*). En effet, même si les agents économiques peuvent être influencés par la proximité à l'eau en s'exprimant par des niveaux de prix différents, ils peuvent aussi capitaliser l'effet dans les prix même en n'observant pas les débits d'eaux différents comme ils sont conscients du phénomène à plus long terme. Ils agiront plus rationnellement, avec un effet moyen qui pourrait même s'annuler en bout de ligne (les niveaux d'eaux diminuent et reviennent semblablement à la normale à chaque cycle annuel,

possiblement avec des légères différences) ou s'aggraver en supposant une diminution progressive des débits d'eaux d'année après année.

Graphique 1. Variations de débits d'eau (scénario 2)



Le Graphique 1 illustre les variations de débits d'eau annuelles et interannuelles. L'effet immédiat reflète les débits qui varient annuellement (par mois/semaine) et l'effet d'apprentissage se forme par une connaissance progressive du phénomène par le cumul du nombre d'années à long terme. L'hypothèse sur les variations interannuelles est importante si le marché devient de plus en plus conscient de l'impact, qui pourrait augmenter avec la possibilité d'une décroissance progressive des débits d'eaux (ce qui n'est pas évident avec les deux scénarios de projections disponibles). Supposons de toute façon que cet effet soit vraisemblable. Avant de générer les résultats, nous avons voulu tester l'effet par deux coefficients de mesure additionnelle, en recourant aux principes reconnus d'autocorrélation spatiale et temporelle.

L'idée ici n'est pas de fournir une mesure monétaire sur l'impact de l'ImpEau, mais plutôt de vérifier l'existence d'un phénomène d'apprentissage. En considérant la spécification de base en régression linéaire, il s'agit ici d'introduire deux coefficients additionnels au modèle de régression pour tenir compte de l'autocorrélation spatiale et temporelle, s'il y a lieu.

$$P = \beta_0 + \beta X + \rho W_P + \gamma W_P + \varepsilon$$

P	prix observés
X	variables explicatives
β_0	constante de l'équation
β	coefficients des variables explicatives à estimer
W	matrices de poids (spatial et temporel)
ρ	coefficient autorégressif spatial à estimer
γ	coefficient autorégressif temporel à estimer
ε	terme d'erreur du modèle.

Dans ce modèle, c'est la formation de la matrice de contiguïté spatiale W_{ij}, entre une localisation i et j, qui constitue en quelque sorte l'expression de l'effet spatial (et temporel). Par exemple, si la zone j est adjacente à la zone i (dans le temps et l'espace), l'interaction reçoit un poids 1 (sinon zéro). Une autre manière de faire varier le poids W_{ij} serait de calculer et de considérer l'inverse des distances $(\frac{1}{d_{ij}})$ entre chaque propriété. Cette deuxième méthode de variations de poids, que nous avons utilisée, est basée sur cinq propriétés les plus proches dans l'espace et dans le temps. Le terme autocorrélation signifie l'explication du prix par le prix pondéré des propriétés voisins (comparables). Ainsi, sur les propriétés voisines, le W_{ij} formé donne un plus grand poids à celle plus proche du sujet (à l'intérieur de cercles de rayons différents pour chercher toujours les cinq propriétés voisines dans le temps et l'espace). À la manière de la proximité spatiale, dans la formation du W_{ij}, nous avons considérant des périodes (*lags*) de cinq années, en accordant un plus grand poids aux ventes les plus rapprochée au sujet dans le temps.

Lorsque les deux variables ont été bâties suivant les contiguïtés tant spatiales que temporelles (par l'usage d'outils existant dans le logiciel Matlab), le modèle de régression parvient aux estimations des coefficients ρ et γ. Les deux statistiques les plus utilisées pour évaluer les forces d'autocorrélation spatiales et temporelles sont le I de Moran et le C de Geary. Le I de Moran (une mesure inverse de Geary), que nous avons utilisé se spécifie ainsi :

$$I = \frac{N}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

où N est le nombre d'unités spatiales indexées par le i et le j; X étant la variable d'intérêt, $\bar{X}$ une moyenne de X et le w_{ij} étant la matrice de poids. L'espérance de la valeur I de Moran est $E(I) = \frac{-1}{N-1}$. À la manière du test de corrélation, si cette valeur est plus grande que 0, nous nous attendons donc à une autocorrelation (positive), avec l'augmentation de sa valeur étant signe de sa robustesse. Dans le cas où cette valeur équivaut à 1, il s'agit d'une autocorrélation parfaite, suggérant une explication à elle-seule de toutes les variations de prix.

Nous avions supposé que la variable sur l'autocorrélation spatiale (par le coefficient ρ) nous indiquerait un effet immédiat par la proximité, celle sur l'autocorrélation temporelle γ fournirait, quant à elle, une première impression sur l'effet d'apprentissage. En considérant l'ensemble des mêmes variables décrivant la structure et la localisation des propriétés, avec ces deux dernières, nous avons obtenu des résultats qui en disent autrement.

Même si plusieurs modèles-essais ont été conçus (en essayant chacun à la fois, avec différentes variables structurelles), les résultats sur l'effet des deux variables-tests par rapport à l'autocorrélation spatiale et temporelle étaient négligeables (un modèle typique est présenté en Annexe 2). Par ailleurs, les autres variables des modèles devenaient instables, en présentant des problèmes de multicollinéarité importantes.

Nous avions aussi le dilemme de retirer plusieurs des variables explicatives de localisation (comme les différents secteurs) pour chercher une signification plus élevée des deux variables-test et réduire le degré d'autocorrelation. Ce qui n'a pas aidé et nous a amené à croire que l'effet immédiat et latent de l'impact ne peut pas être directement capté par ces variables globales et « composites ». Les résultats des essais signifiaient qu'il s'agit d'un impact plus subtil et délicat, approchable par des variables métriques telles que considérées par le marché. C'est ce qu'on réussit à faire par l'intermédiaire de trois variables intégrées aux deux modèles de régression, présentés plus bas dans la section sur les résultats.

6. ANALYSE DES DONNÉES

La qualité des données demeure inévitablement une condition prépondérante dans l'obtention de résultats fiables. Afin de ressortir objectivement la part d'impact économique de l'attribut *ImpEau*, la disponibilité d'un nombre suffisant de transactions de propriétés dans chacun des secteurs du territoire considéré est essentielle pour permettre de bien mesurer l'impact économique sur les propriétés concernées.

Dans cette étude, l'univers de l'échantillon considéré est celui des propriétés résidentielles unifamiliales. Les données à l'étude portent essentiellement sur quatre types d'informations sur les caractéristiques :

- *temporelles et financières;*
- *structurelles des propriétés;*
- *de localisation du territoire;*
- *des changements de niveaux d'eau.*

La validation et l'appariement de différentes sources d'information à chacune des propriétés dans une base de données brute est la première étape avant la modélisation. Cette étape rend opérationnelle les données sur les variables retenues pour les calculs statistiques. Elle passe par l'analyse de la nature des variables et leur codification numérique appropriée, en fonction du degré de précision et de détail dans la base (binaire, par rang ou métrique).

6.1 Spécification des variables

Les données traitées et codifiées sur chacune des propriétés contiennent des informations sur 41 caractéristiques différentes relatives aux quatre catégories indiquées. Le tableau des variables mis en Annexe 1 présente leurs définitions et types de codifications opérées, avec les sources d'accès. Ce niveau de détail des informations par propriété permet de mieux isoler la contribution de l'attribut *ImpEau* qui nous intéresse.

Les caractéristiques temporelles et financières sont relatives aux prix de vente et dates observées entre les années 2000 et 2015. Ces informations, provenant initialement de différents arrondissements de Montréal, étaient dans un format brut qui a nécessité des opérations de validation et d'épuration. Par exemple, certaines ventes hors marché devaient être retirées de la base (par exemple les ventes forcées, entre proches, la période de vente trop courte ou longue). D'autres informations ont requis des ajustements pour tenir compte, par exemple, des ventes avec ou sans taxes, au comptant ou par financement hypothécaire, comprenant parfois du capital autre que la propriété elle-même (par exemple les équipements, meubles ou autres types d'annexes). Comme les ventes sont survenues entre 2000 et 2015, il a aussi été nécessaire d'ajuster les valeurs pour tenir compte de l'évolution des prix, toute autre chose étant égale par ailleurs.

Le deuxième bloc important d'information concerne les caractéristiques structurelles des propriétés. Il s'agit notamment du nombre, de la grandeur, de la qualité et du degré de dépréciation des composantes de construction. Les caractéristiques du terrain comme sa dimension et sa qualité en font partie. À remarquer qu'une bonne partie de ces informations brutes étaient déjà prêtes pour les étapes de calcul du montant des ajustements monétaires. La base contenait cependant certaines informations non pertinentes, incomplètes ou même manquantes. Des étapes de vérifications, de validation et d'épuration étaient aussi nécessaires avec celles-ci.

Concernant les caractéristiques de localisation des propriétés, une étape laborieuse de calcul des positionnements géographiques a été réalisée par l'usage du système d'information géographique (SIG). Grâce aux coordonnées spatiales x-y, il a été possible de localiser toutes les propriétés de l'échantillon sur le territoire (avec une erreur de moins d'un mètre) afin d'enrichir la base de données fonctionnelle en prélevant le positionnement des propriétés dans différents secteurs, leurs distances par rapport à différents points d'intérêt comme les stations de métro, les chemins-de-fer ou les parcs urbains.

Il convient d'indiquer que cette opération a requis l'usage des cartes thématiques numérisées par rapport aux différents attributs (comme la carte d'utilisation du sol, de stations de métro, de parcs, délimitation des cours d'eau, des points d'attraction ou de répulsion). Le calcul des positions et distances de chacune des propriétés de la base par rapport aux points d'intérêt par l'application du

SIG a permis d'augmenter la qualité des données dans le but de mieux isoler la part d'impact des paramètres étudiés dans différents modèles.

Les données détaillées sur les changements de débits d'eau ont été obtenues du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et d'Ouranos, également en format numérique et géocodé. Ces données fournissent les niveaux d'eau et les débits d'eau observés et projetés (1953 et 2069) en tenant compte de différents scénarios. L'usage du SIG est encore utile à cette étape d'appariement géographique des propriétés par rapport aux débits d'eau observés (par semaine et m^3/seconde).

À noter qu'il faut ajouter à cette liste quatre autres variables dont deux tiennent compte de la vue et d'un accès direct à l'eau. Les deux dernières de la liste ont été particulièrement formulées pour tenir compte des effets d'autocorrélation temporelle et spatiale des prix observés.

En lien avec la proximité spatiale, un ensemble de 10 facteurs de localisation des propriétés, en plus des 19 secteurs (arrondissements) sur l'île de Montréal, comprenant l'île des Sœurs et l'île Bizard, ont été considérés. Cet ensemble de facteurs de localisation explique par ailleurs la réduction de l'explication par les variables d'autocorrélation spatio-temporelle testées dans les modèles préliminaires (discutés plus haut).

La multiplication de variables risque par ailleurs d'introduire un problème de multicolinéarité qu'il convient de surveiller dans les modèles retenus, surtout en ce qui a trait à l'autocorrélation temporelle avec la variable « inflation » dans le marché immobilier. Cette dernière a été formée en considérant le nombre de jours écoulés pour chaque transaction par rapport à la date la plus récente dans la base de données. À cet égard, différentes options peuvent être envisagées, notamment le retrait des variables en cause (moins importantes), un changement dans le type de codification opéré ou bien une combinaison des variables problématiques. Afin d'amenuiser le problème de multicollinéarité, dans le traitement et le choix des variables retenues, nous avons fait usage de l'ensemble de ces solutions lors des tests préliminaires des modèles.

6.2 Spécification du territoire

Le territoire élargi dans cette étude est celui des berges du fleuve St-Laurent, entre la limite de l'Ontario et la ville de Trois-Rivières. Toutes les propriétés résidentielles unifamiliales longeant ce territoire (représentées en petits points) sont identifiées et localisées sur la carte suivante.

Figure 5. Territoire de l'étude

Sur ce territoire, on retrouve 150 272 propriétés qui entrent dans le corridor de 1km de chaque côté du cours d'eau. Il s'agit de la population entière des propriétés unifamiliales faisant partie du

rôle foncier municipal et dont la valeur marchande est évaluée à chaque trois années (rôle triennal).

Tableau 2. Nombre d'unités de la population et de l'échantillon

VALEURS MUNICIPALES ESTIMÉES

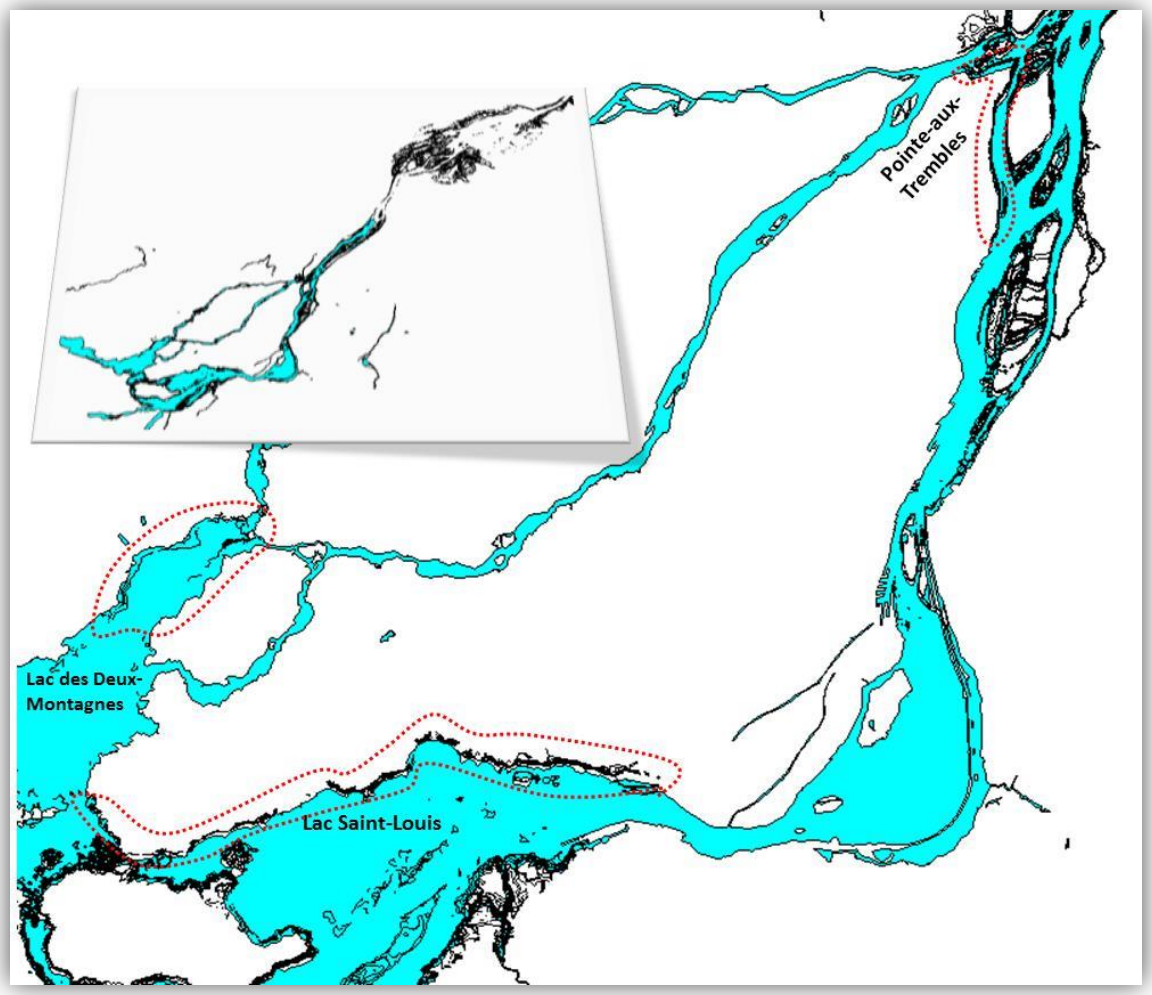
	Valeur moyenne	Nombre d'unités	Mediane	Min	Max	Total
Sans effet	250 972	136 088	231 090	36 600	5 100 000	34 154 234 439
Avec vue	346 391	9 893	265 930	50 000	6 090 000	3 426 842 870
Avec accès	817 306	4 291	593 010	67 000	9 570 000	3 507 058 608
	471 556	**150 272**	**395 000**	**36 000**	**9 570 000**	**41 088 135 917**

VENTES OBSERVÉES

	Prix moyen	Nombre de ventes	Mediane	Min	Max	Total
Sans effet	266 991	52 367	235 750	50 000	4 900 000	13 981 525 681
Avec vue	380 649	802	297 500	50 000	1 900 000	305 280 566
Avec accès	851 360	652	650 000	50 000	5 000 000	555 086 764
	499 667	**53 821**	**410 000**	**50 000**	**5 000 000**	**14 841 893 011**

Il y a deux aspects importants qu'il faudrait nuancer ici par rapport à cette population. En premier lieu, parmi ces unités d'évaluation, il y a lieu d'identifier les propriétés touchées par le phénomène de la baisse des niveaux d'eau. Une fois chacune de ces propriétés identifiées individuellement, l'exercice d'estimation de l'impact économique total sera grandement facilité. En effet, l'estimation de l'impact économique total pourra s'appuyer sur les valeurs unitaires estimées par les professionnels. Il faudrait davantage préciser ici qu'il ne faut pas confondre la mesure de la contribution/nuisance marginale de l'attribut (ce faisant par l'analyse des différentiels de prix), qui sera appliquée sur les valeurs municipales estimées par les professionnels (afin de dégager une estimation de l'impact économique total). Les valeurs estimées s'avèrent donc utiles comme une base comparative pour cet exercice de calcul de l'impact économique total, sans être considérées dans l'estimation de l'impact monétaire de l'attribut *ImpEau* qui nous intéresse. En effet, les évaluateurs considèrent un ensemble de paramètres financiers, structuraux et spatiaux qui n'incluent pas la part d'impact de cet attribut *ImpEau* (que l'on cherche à estimer dans ce rapport).

Figure 6. Territoire de l'échantillon



En deuxième lieu, l'estimation de l'impact monétaire de l'attribut *ImpEau* utilisera plutôt un échantillon de 53 821 propriétés provenant d'une base de données de ventes sur un territoire correspondant principalement au contour de l'île de Montréal. La carte illustre les ventes de l'échantillon observées essentiellement dans les trois zones de l'île de Montréal : à l'est, à l'ouest et au nord-ouest, entourées par des lignes pointillées. Le choix de ces zones découle de la disponibilité simultanée des ventes réalisées et des données sur les variations des débits d'eaux à des dates précises (chaque semaine).

6.3 Statistiques descriptives

Avant d'élaborer le modèle et d'estimer les résultats de la régression, nous analysons ici les statistiques descriptives des données à la fois sur les valeurs marchandes estimées et les prix de vente observés de notre échantillon. Nous aurons déjà quelques éléments de réponse indicatifs au niveau de l'impact moyen de l'attribut, avant même de passer aux mesures par unité de propriétés.

Considérons d'abord les valeurs estimées des propriétés de la population de 136 088 unités. Ces propriétés sont proches du cours d'eau, mais hors de l'impact de l'attribut que nous tentons de mesurer. La valeur moyenne estimée de ces propriétés non affectées est de 250 972 $. Dans le même corridor (plus rétréci cependant), on retrouve 9 893 propriétés, non-affectées par l'attribut *ImpEau*, mais avec vue sur le plan d'eau. La valeur moyenne de celles-ci se situe à 346 391 $.

Sans avoir la mesure par unité de l'impact de la vue, c'est-à-dire en omettant les différences de prix explicables par les caractéristiques multiples des propriétés en fonction des 4 catégories de sources d'information, on peut déjà remarquer une différence moyenne d'environ 95 000 $ dans les valeurs estimées (346 391 $ - 250 972 $). Cela exprime donc une différence en valeur marchande d'environ 38 % de plus par rapport aux propriétés sans vue selon les données du rôle. Ce montant reflète d'ailleurs assez bien la prime moyenne du marché selon les évaluations municipales, en prenant en compte toutes les variations possibles des multiples facteurs. La pertinence de cette prime sur le marché est confirmée par le nombre élevé de données provenant de l'ensemble des unités (la population entière). Les coefficients que nous estimerons plus loin permettront notamment d'ajuster la situation pour les caractéristiques détaillées des propriétés s'éloignant de cette moyenne, vers les deux extrémités opposées des marchés de haut et de bas de gamme.

Lorsque les propriétés bénéficient d'un accès direct à l'eau (contigüe à l'eau), nous remarquons des différences importantes dans les évaluations. Sur le territoire de l'étude d'impact, elles sont au nombre de 4 291 unités. Ces propriétés ont été visitées une par une par les professionnels qui ont saisi l'information précisément sur le terrain, selon qu'elles jouxtent ou non l'eau. Cette information est très pertinente pour nous puisqu'elle distingue les propriétés sans possibilité d'erreur, l'usage des SIG n'aurait pas fourni cette précision, nécessaire à la mesure délicate de l'impact par propriété. En effet, contrairement à une observation directe sur le terrain au cas par

cas, les distances ou positionnements estimées au moyen du SIG, en utilisant différentes cartes thématiques, ne permettrait pas de savoir si les propriétés bénéficient réellement de l'accès (considérant, par exemple, les altitudes topographiques, barrières physiques ou les limites des terrains par rapport aux limites des eaux).

La valeur moyenne estimée par les professionnels de ces 4 291 unités avec accès est de 817 306 $, comparativement à une valeur médiane de 650 000 $. La différence de la valeur par rapport à celles avec vue seulement est en moyenne de 470 915 $ (136 %) et de 327 000 $ pour la médiane; elle est respectivement de 566 334 $ (226 %) et 361 920 $ pour celles sans vue et accès. Par ces différences de valeurs nous comprenons donc qu'une localisation avec accès à l'eau est un facteur de premier ordre sur le marché, plus important même que plusieurs autres facteurs considérés ensemble. Cette observation nous incline à penser que la valeur de ces propriétés sur le bord de l'eau sera probablement fragilisée par la baisse des niveaux d'eau.

En plus de ces valeurs estimées, nous pouvons aussi nous pencher sur les statistiques descriptives des prix observés de l'échantillon de 53 821 ventes retenues à Montréal. Dans cet échantillon, les professionnels ont distingués 802 ventes avec vue et 652 autres avec accès direct à l'eau. Il s'agit d'un échantillon unique et avantageux pour la mesure de l'impact. Il serait difficile, par exemple, de conclure sur un impact probable dû au recul des eaux avec 3 ou 4 ventes (comme cela se fait dans la pratique d'évaluation). Notons que, comparativement à notre échantillon de 53 821 ventes, l'étude de Wyman et al. (2013) ne considère que 1 024 ventes (comprenant les propriétés avec et sans influence) et que celle du *Mowat Centre* (2014) ne porte que sur 168 ventes au total parmi lesquelles probablement un nombre très limité bénéficie de l'accès à l'eau.

En comparant les prix de vente moyens aux estimations moyennes du rôle d'évaluation, nous observons des ordres de grandeurs très semblables sur l'impact moyen d'une vue et d'un accès (dont la part de contribution de toutes les variables multiples est confondue). Par exemple, la différence moyenne des prix de 802 ventes avec vue par rapport aux 52 367 ventes sans vue se chiffre à 113 658 $ (42,6 %). Pour ce qui en est de la différence de prix pour l'accès, les 652 ventes avec accès par rapport à celles avec vue suggèrent une autre différence de 470 711 $ (124 %), qui se situe à 584 369 $ (219 %) comparativement aux 52 367 propriétés sans accès (ventes situées principalement au centre de l'Île de Montréal). Sur le plan technique, il faut noter que lors de la modélisation, les ventes pour lesquelles les informations sur le débit d'eau était non-

disponible n'ont pas été utilisées (certaines zones de Roxboro, Sainte-Geneviève, Pierrefonds et l'île Bizard).

Le tableau suivant présente la distribution des 802 ventes dans les 12 arrondissements du territoire de l'échantillon. Il convient de remarquer l'importance d'une occurrence suffisante en nombre de ventes par secteur ou arrondissement pour isoler à la fois la contribution de ce dernier, de tous les autres paramètres déterminant les prix de vente ainsi que la part d'impact des attributs *vue* et *ImpEau*. Ce tableau fait ressortir de plus l'importance de la variation du prix moyen par arrondissement et secteurs, qui va de 197 792 $ à 665 845 $ même si toutes les propriétés bénéficient d'une localisation avec vue sur le fleuve.

Tableau 3. Propriétés avec vue

Villes	Prix moyen	Ventes	Mediane	Min	Max	SUM
Ville de Roxboro	197 792	12	182 000	89 000	350 000	2 373 500
Ville de Montréal	223 972	170	196 000	55 000	642 000	38 075 277
Ville de Sainte-Genevieve	228 633	44	215 176	60 000	495 000	10 059 852
Ville de L'Île-Bizard	269 882	135	230 000	50 000	1 050 000	36 434 005
Ville de Pierrefonds	283 768	112	238 508	88 000	785 000	31 781 979
Ville Lasalle	287 013	15	300 000	73 000	515 900	4 305 200
Ville de Sainte-Anne-de-Bellevue	388 625	4	399 500	308 000	447 500	1 554 500
Ville de Pointe-Claire	431 600	38	391 500	125 000	1 125 000	16 400 800
Ville de Verdun	515 684	33	540 000	282 500	770 000	17 017 571
Cité de Dorval	521 531	48	436 975	98 850	1 537 000	25 033 469
Village de Senneville	620 597	36	451 000	115 000	1 875 000	22 341 500
Ville de Beaconsfield	636 871	114	600 000	135 000	1 900 000	72 603 263
Ville de Baie-D'Urfé	665 845	41	513 650	190 000	1 850 000	27 299 650
Total	**380 649**	**802**	**297 500**	**50 000**	**1 900 000**	**305 280 566**

Les données du prochain tableau sont aussi très utiles puisqu'elles détaillent l'échantillon pour l'attribut d'intérêt pour lequel l'impact est à mesurer. Il en ressort également des différences de prix importantes, mais aussi le nombre appréciable de ventes affectées par l'accès à l'eau. Ainsi, il est intéressant de noter qu'à Senneville, par exemple, le prix moyen des 30 propriétés avec

accès à l'eau est de plus de 1,6 M $, par rapport au prix moyen de 330 607 $ pour les 11 propriétés à Roxboro. Le modèle considérant ces 652 ventes, touchées par l'effet de la variable *ImpEau*, permettra de dégager une appréciation/dépréciation relative aux variations dans les débits d'eau en moyenne.

Tableau 4. Propriétés avec accès

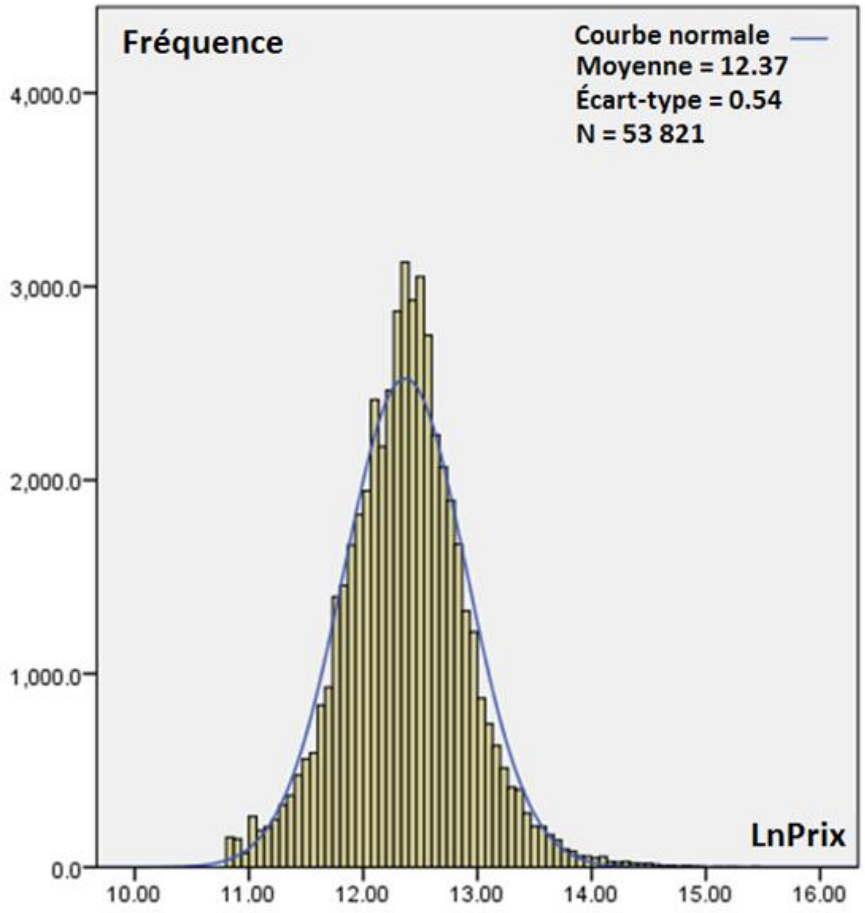
Villes	Prix moyen	Ventes	Mediane	Min	Max	SUM
Ville de Roxboro	330 607	11	260 000	127 676	630 000	3 636 676
Ville de Montréal	375 624	127	315 000	50 000	1 800 000	47 704 211
Ville de Sainte-Anne-de-Bellevue	400 000	1	400 000	400 000	400 000	400 000
Ville Lasalle	445 414	7	229 900	140 000	1 238 000	3 117 900
Ville de Sainte-Genevieve	465 032	37	458 681	50 000	980 000	17 206 201
Ville de Pierrefonds	616 855	103	570 000	50 000	1 800 000	63 536 072
Ville de L'Île-Bizard	725 855	117	535 000	85 000	2 875 000	84 925 000
Ville de Verdun	870 035	34	830 000	60 200	1 850 000	29 581 200
Ville de Pointe-Claire	948 717	23	850 000	160 000	2 700 000	21 820 500
Ville de Baie-D'Urfé	1 344 790	43	1 325 000	50 000	3 650 000	57 825 979
Ville de Beaconsfield	1 449 690	73	1 200 000	100 000	4 500 000	105 827 400
Cité de Dorval	1 519 451	46	1 311 000	440 000	4 080 000	69 894 725
Village de Senneville	1 653 697	30	1 500 000	140 000	5 000 000	49 610 900
Total	**851 360**	**652**	**650 000**	**50 000**	**5 000 000**	**555 086 764**

Le prochain graphique montre la distribution des ventes dans le marché des 53 821 propriétés unifamiliales; celle-ci présente une courbe de distribution de forme gaussienne presque symétrique. Dans tout effort de modélisation des variations de prix fonciers, en fonction de différents types de variables explicatifs, cette forme est souhaitée pour faciliter l'usage d'outils et de tests statistiques.

En considérant ce graphique de la courbe normale et des statistiques descriptives des prix du tableau qui suit, nous pouvons ajouter d'autres commentaires sur l'allure du comportement du marché. Bien que les données de vente suggèrent un bon coefficient de symétrie ou de *Skewness* d'environ 1.2 (pour une symétrie parfaite, ce coefficient serait nul), le coefficient d'aplatissement (ou de *Kurtosis*) de 2.2 suggère un marché dont un grand nombre de prix des 53 821 ventes se concentrent autour de la moyenne. Cette forme d'aplatissement *Leptokurtique* fait en sorte, par

exemple, de tendre plus les estimations des valeurs totales (ainsi que celles des facteurs d'ajustement ou d'impact) vers celles moyennes du marché. Autrement dit, pour les propriétés de grandes ou de basses valeurs, par rapport à celles de valeurs moyennes, les valeurs seront en général sous ou surestimées.

Graphique 2. Courbe normale



Par ailleurs, d'autres statistiques descriptives suggèrent qu'on est en présence d'un marché quand même hétérogène. Il y a une différence importante entre les prix les plus élevés et les plus bas (étendue de 4.95 M $). Le coefficient de variation de 36 %, avec un écart-type de 181 938 $, par rapport à la moyenne de 499 967 $, va dans le même sens d'un marché hétérogène.

Tableau 5. Statistiques descriptives

Prix de vente	
Moyenne	499 967
Médiane	410 000
Écart-type	181 938
Coefficient de variation	0,36
Kurtosis	2,2
Skewness	1,1
Plage	4 950 000
Minimum	50 000
Maximum	5 000 000
Échantillon	53 821

Cette hétérogénéité du marché des 53 821 ventes jouera sans doute sur la performance explicative et prédictive du modèle dont les résultats sont décrits dans la prochaine section. Enfin, lorsque les prix varient dans des intervalles élevés, le modèle devient plus exigeant à la fois sur le nombre de transactions et de variables explicatives à intégrer pour mieux redresser les différences de prix. Dans notre cas, cette hétérogénéité, sensiblement élevée, est cependant contrôlée en raison du grand nombre de ventes, mais aussi de paramètres explicatifs pertinents.

Considérant l'objectif de mesure de l'impact de l'attribut, il est même conseillé d'augmenter cette variabilité des paramètres et l'étendue du territoire pour créer une condition primordiale dans le modèle, soit une variation suffisante des prix et des paramètres d'intérêt. Enfin, lorsque le marché est très homogène, même en présence d'un grand nombre de ventes, très peu de variables ressortent explicatives, du même coup rendant moins sensible l'attribut, déjà assez subtile, sur le plan de l'impact qui nous intéresse ici.

7. ANALYSE DES RÉSULTATS

Comme noté plus haut, il existe plusieurs modèles et approches pour mesurer la part de l'impact des attributs ou d'un attribut en particulier (attribut-sujet) des propriétés. Il est d'usage dans le domaine de l'analyse immobilière d'utiliser un modèle hédonique de type linéaire ou de semi-log (prix mis en log), intégrant les variables d'intérêt.

Analyser l'impact des variations dans les débits d'eau sur la valeur des propriétés n'est pas une chose familière et, *a priori*, l'exercice ne sera pas direct comme c'est le cas avec certains attributs familiers. Il convient donc de cerner de façon appropriée la nature spécifique de ce phénomène, au point suivant, avant de procéder aux calculs.

7.1 Analyse de corrélation

Les résultats du tableau de corrélation suivant permettent déjà d'anticiper le sens et l'ampleur d'explication des variables considérées sur les prix observés. À noter qu'il s'agit ici d'une corrélation par paire de variables dont les significations statistiques (test de *Pearson*) sont toutes en dessous du seuil de 5 %.

Afin de ne pas alourdir l'interprétation de ce tableau, nous n'avons retenu que les variables d'intérêt dont deux variables structurelles partout sur l'âge et la superficie habitable des propriétés. Lorsqu'on analyse la corrélation de ces variables retenues avec le prix, il n'est pas étonnant de constater que l'augmentation de l'âge réduit les prix, avec un degré de corrélation de 37 % et qu'elle est encore plus forte pour la superficie avec 65 % de corrélation. Considérant les résultats dans d'autres études et les estimations des praticiens, de tels degrés de corrélation n'étonnent pas.

Par contre, pour le praticien, ce qui est étonnant dans le tableau, c'est la forte corrélation positive relative à la vue sur l'eau (79 %), plus forte que même la superficie habitable. Le fait que les propriétés soient au bord de l'eau (avec accès) semble aussi être une corrélation élevée avec les prix tout comme c'est le cas avec notre variable d'intérêt *ImpEau*. La corrélation entre les prix et les débits d'eau est également positive, avec un degré de signification élevé de 33 %. La corrélation est positive, mais reste plutôt faible en ce qui a trait aux propriétés voisines.

Tableau 6. Analyse de corrélation

	Prix	age	airehabit	Accès	Vue	ImpEau	ImpEauV
Prix	1	-0,37	0,65	0,45	0,79	0,33	0,15
age	-0,37	1	0,26	0,18	0,21	0,03	0,04
airehabit	0,65	0,26	1	0,56	0,47	0,27	0,39
Accès	0,45	0,18	0,56	1	0,36	0,23	-0,07
Vue	0,79	0,21	0,47	0,36	1	0,52	0,18
ImpEau	0,33	0,03	0,27	0,23	0,52	1	0,22
ImpEauV	0,15	0,04	0,39	-0,07	0,18	0,22	1

Ces résultats proposent évidemment des analyses de corrélation en considérant deux variables à la fois, dont la part d'explication de toutes les autres variables en même temps est omise; ce qui sera couvert dans le modèle au prochain point. Mais avant, remarquons les corrélations entre les variables explicatives elles-mêmes dans ce tableau de corrélation. Enfin, il y apparaît certaines corrélations fortes, notamment entre l'aire habitable et l'accès (56 %), ce qui veut dire qu'on a tendance à construire de grandes demeures sur le bord de l'eau, tout comme la vue et l'*ImpEau* (52 %). Ce genre d'interactions élevées pourrait nuire à la mesure appropriée (la recherche de contributions « pures ») des attributs du modèle en raison du problème de multicolinéarité. Idéalement, on cherche dans ce genre de modèles de faibles corrélations entre les variables explicatives afin de statuer sur leur contribution propre, chose à diagnostiquer au prochain point par l'intégration d'un autre indice statistique VIF aux résultats (soit le facteur d'inflation de la variance).

7.2 Analyse des résultats

En pratique d'évaluation, l'usage des modèles de régression sous sa forme moderne est de plus en plus répandu, surtout dans le domaine de l'évaluation de masse des villes et municipalités. C'est souvent la forme linéaire additive qui est retenue puisque les résultats sont directement interprétables, tout en confrontant les contributions isolées des attributs des propriétés par rapport à ce que l'on observe en pratique. Comme noté plus haut, les modèles de régression performent beaucoup mieux pour plusieurs raisons, notamment en permettant l'utilisation d'un plus grand nombre d'observations (références ou preuves directes par les prix observés), mais surtout d'une batterie de tests statistiques qui permettent de se prononcer sur la pertinence des ajustements (chose négligée dans la pratique qui n'utilise souvent que 3 à 4 ventes).

À noter aussi, qu'une version linéaire semble tout à fait appropriée, dans la mesure où l'offre et la demande réagissent en quelque sorte « linéairement » par rapport aux unités additives sur le marché. Ainsi, par exemple, pour un type de propriété donné, le constructeur (ou le promoteur) connaît habituellement le marché local pour offrir tel nombre de pièces ou de superficie habitable, en sachant que les unités additionnelles au-delà d'un point de saturation rapportent moins. Autrement dit, la « linéarité » dans les contributions des paramètres explicatifs se vérifie dans l'observation des prix, ce qui justifie le travail de mesure par un modèle de régression ordinaire. Pour certaines variables cependant, cette explication perd sa pertinence comme par exemple, l'âge dont la fonction de quantification suggère parfois une forme quadratique ou logarithmique. Cela requiert alors une transformation appropriée sur la variable âge qui ne se reflète pas toujours par une amélioration du modèle, ainsi que par des résultats souvent difficiles à interpréter.

Dans cette perspective, le modèle linéaire fournit habituellement une moyenne des appréciations, sans être « collé » aux comportements de l'échantillon (le phénomène d'*Overfitting*, en anglais).. Dans le domaine qui nous intéresse ici, la mesure de l'impact moyen de la baisse des niveaux d'eaux par l'utilisation d'un modèle linéaire apparait suffisante d'autant plus que le marché ne serait pas encore « conscientisé » pour s'approcher du phénomène d'intérêt d'une façon complexe. Il s'agit ici de dégager plutôt une mesure moyenne de l'impact, s'il en existe un évidemment. Mais, pour vérifier la possibilité d'un impact non linéaire, nous présenteront quand même les résultats par un modèle de régression semi-log, comme élaboré dans l'étude de Wyman et al. (2013).

Dans l'interprétation des résultats, nous allons nous référer donc à un ensemble de tests statistiques, mais aussi à la pertinence des résultats du modèle dans son ensemble, en ce qui a trait, par exemple, au montant en dollars des ajustements obtenus, avec leur signes d'impacts respectifs. Considérons d'abord les résultats du modèle linéaire suivant.

Tableau 7. Modèle de régression multiple linéaire

R	78,3%	**F**	2 638
R-carré	61,3%	**Signif. F**	0,000
R-carré ajusté	61,2%	**Nombre de variables**	32
Erreur du modèle	118 646	**Base utilisée**	53 821

Modèle*	Coefficients	Erreur type coeff.	Test t.	Sig T.	VIF
Constante	**252 683,3**	*3 833,3*	*65,9*	0,00	
bungalow	**5 518,0**	*1 375,3*	*4,0*	0,00	1.9
splittlevel	**-35 680,5**	*2 048,6*	*-17,4*	0,00	1.5
detache	**15 869,4**	*1 351,1*	*11,7*	0,00	1.9
age	**-674,8**	*24,1*	*-28,0*	0,00	1.3
inflation	**-52,5**	*0,4*	*-127,9*	0,00	1.2
terrain	**6,5**	*0,3*	*21,9*	0,00	1.3
airehabit	**1 022,7**	*10,1*	*101,2*	0,00	1.5
foyer	**15 887,4**	*815,4*	*19,5*	0,00	1.4
piscexc	**321,1**	*20,2*	*15,9*	0,00	1.4
climatise	**12 279,4**	*641,6*	*19,1*	0,00	1.1
garage	**443,0**	*46,8*	*9,5*	0,00	1.0
dorval	**33 954,2**	*2 691,8*	*12,6*	0,00	1.0
senneville	**142 155,8**	*9 789,8*	*14,5*	0,00	1.1
baieurfe	**99 596,7**	*4 650,9*	*21,4*	0,00	1.4
beaconsfield	**56 693,4**	*2 345,2*	*24,2*	0,00	1.7
hampstead	**395 389,6**	*4 848,4*	*81,6*	0,00	1.4
kirkland	**5 436,2**	*2 398,8*	*2,3*	0,02	1.2
lachine	**26 381,4**	*2 514,3*	*10,5*	0,00	1.2
montrealest	**-22 767,9**	*6 271,2*	*-3,6*	0,00	1.0
montrealouest	**195 642,4**	*4 980,2*	*39,3*	0,00	1.0
pierrefonds	**-8 935,4**	*1 599,4*	*-5,6*	0,00	1.2
pointeclaire	**19 165,0**	*1 976,8*	*9,7*	0,00	1.3
roxboro	**-11 428,2**	*3 840,6*	*-3,0*	0,00	1.6
bellevue	**4 851,1**	*5 101,2*	*1,0*	0,34	1.6
staitegen	**-53 977,2**	*7 930,6*	*-6,8*	0,00	1.4
verdun	**192 252,7**	*2 885,0*	*66,6*	0,00	1.6
lasalle	**50 098,7**	*3 157,3*	*15,9*	0,00	1.8
ilebizard	**-10 803,4**	*2 527,8*	*-4,3*	0,00	1.8
Accès	**226 532,6**	*29 790,1*	*7,6*	0,00	1,7
Vue	**63 014,7**	*24 441,6*	*2,6*	0,01	1.3
ImpEau	**15,2**	*3,0*	*5,0*	0,00	1.5
ImpEauV	**2,6**	*2,5*	*1,1*	0,30	2.3

** Variable dépendante : prix de transaction en $ ajustés*

En intégrant les 32 variables explicatives et en utilisant l'échantillon de 53 821 ventes, ce modèle parvient à une explication des variations de prix avec un R^2 de 61,2 %. La partie non expliquée des variations se reflète par une erreur globale assez élevée du modèle, soit de 118 646 $ ou 23,7% du prix moyen de 499 677 $. En pratique d'évaluation, selon l'International Association of Assessing Officers (IAAO, 1999), pour que ce genre modèle hédonique soit applicable à l'ensemble des propriétés du territoire, en estimation de la valeur par unité, l'erreur tolérée serait d'environ 12 %.

Sur ce point, comme l'objectif du modèle n'est pas une estimation de la valeur précise, unité par unité, le degré d'explication des variations de 61,2 % apparait être moyennement satisfaisant. Ce degré de performance devrait augmenter notamment lorsqu'il s'agit d'un marché assez homogène, bien segmenté, avec un seul secteur d'analyse dont l'objectif principal est essentiellement de prévoir (estimer) une valeur marchande totale. Dans notre cas, dont le territoire de l'échantillon couvre l'ensemble de l'île de Montréal (incluant l'île Bizard et l'île des Sœurs), l'objectif du modèle était plutôt d'isoler le mieux possible la part d'explication moyenne des variables (le but étant d'élaborer un modèle explicatif).

Pour juger de la performance du modèle, lorsqu'on s'attarde aux autres tests statistiques, en particulier à ceux de la robustesse des contributions estimées par attribut, on remarque que le modèle est très performant. Après plusieurs tests et essais, avec les différentes combinaisons de variables, mises en codifications multiples (par exemple, passer d'une forme métrique à celle de rang ou binaire), les parts d'explication des variables retenues étaient très stables. Dans ce modèle, parmi la liste des variables considérées, seules deux variables se sont avérées statistiquement non significatives. Il s'agit du secteur Sainte-Anne-de-Bellevue (en raison du peu de ventes) et de l'impact de l'attribut *ImpEauV*. Toutes les autres variables passent le test de signification statistique, largement en dessous du seuil sévère de 1 %. Habituellement, les analyses tolèrent jusqu'à un seuil de 5 %, parfois 10 % (ce test valide ou non l'hypothèse d'une relation entre une variable explicative et dépendante). En plus de cette performance remarquable sur le degré de contribution des variables, il ne semble pas y avoir le problème de multicolinéarité si l'on se réfère à l'indice VIF. Selon ce test, on douterait de ce problème d'interaction entre les variables lorsqu'elles ont une valeur de 5 ou plus (en terme absolu et non en pourcentage).

Une bonne partie de la part non explicative des variations de prix s'est ajoutée à la constante, qui s'avère être une limite de départ des prix de propriétés quand même importante. À cette constante, il convient d'ajouter la contribution de toutes les autres variables pour la constitution d'une valeur globale estimée. La variable exprimant l'autocorrélation spatiale des propriétés est par ailleurs rejetée par le modèle pour la même raison que les variables détaillées de localisation. Celle sur l'autocorrélation temporelle est aussi écartée puisque l'inflation était corrigée pour la période de temps écoulé depuis la première transaction jusqu'à celle plus récente, soit entre 2000 et 2015.

Considérant les montants de contributions estimées par le modèle (reconnus communément comme des ajustements en pratique d'évaluation), nous remarquons qu'elles sont fiables, à part certaines d'entre elles. En plus de la force de leur signification statistique, ces montants sont en cohérence avec ceux utilisés par les professionnels en pratique. Par exemple, la dépréciation par année de vieillissement des propriétés sur l'île de Montréal est estimée à -675 $. Le prix moyen par pied carré de terrain est de 6,5 $ et celui par mètre carré d'aire habitable est de 1 022,7 $ (avec une erreur associée de 10 $). Parmi toutes les variables explicatives, l'inflation (le facteur temps), l'aire habitable et la plupart des secteurs de localisation s'avèrent être les plus fiables dans l'explication des prix si l'on s'en tient à la signification de leur *test t*. qui indique habituellement la pertinence statistique des variables dans les modèles.

Sans entrer dans le détail de l'explication de chacun des facteurs de localisation et du bâtiment, attardons-nous maintenant sur notre sujet d'intérêt avec les quatre facteurs explicatifs de la liste du modèle. D'abord, la variable sur l'accès ou non à l'eau ressort très significative sur le plan statistique et du comportement général du marché. Une propriété résidentielle unifamiliale commande une prime de 226 533 $ pour l'accès qu'elle procure, en plus de tous les autres facteurs retenus par le marché.

Par ailleurs, la force de signification statistique de cette variable d'accès direct à l'eau est aussi grande que la plupart des variables classiquement retenues sur le marché et par les professionnels d'évaluation. Il s'agit, par exemple, du prix au pi^2 du terrain ou de l'aire habitable, de la présence ou non d'un garage ou du recouvrement structurel extérieur. Lorsqu'on se réfère aux valeurs moyennes estimées dans les statistiques descriptives analysées plus haut, en ignorant tous les facteurs de variations possibles, l'écart suggéré par le marché pour l'accès se trouve à être assez

loin de celui suggéré par le modèle, soit 471 000 $ (817 306 $ – 346 391 $). Cet écart est presque de même montant pour l'univers des ventes observées. L'estimation de l'accès dans le modèle est d'ailleurs proche de celui de 209 000 $ suggéré par l'étude de Loomis et Feldman (2003) qui avaient considéré un accès direct au lac Almanor, en Californie.

Une localisation sans accès, mais avec vue sur l'eau, procure également une prime importante aux propriétés, soit de 63 015 $ sur le marché. Tout comme l'accès, d'une ampleur moindre cependant, la signification statistique de cette variable est à souligner. Comparativement à cette prime, la valeur moyenne suggérée par les professionnels est de 95 419 $ dans les statistiques descriptives; quant à l'écart moyen des prix de l'échantillon, il est de 113 658 $. Pour une vue, selon la littérature, par exemple, l'étude de Bond et al. (2002) propose 115 000 $ pour le Lac Erie et celle de Loomis et Feldman (2003) de 31 000 $.

Dans la mesure de l'impact de la diminution des débits d'eaux sur la valeur des propriétés, le modèle intègre les variables *ImpEau* et *ImpEauV*. Basé sur les 652 cas observés, dans les 13 secteurs considérés, le marché déprécie nettement la valeur des propriétés lorsque les débits d'eaux sont plus faibles. Toute chose étant égale par ailleurs, lorsqu'une propriété sur le bord de la rive se vend, elle tend à commander une prime de l'ordre de 15,2 $ pour chaque m^3/s de débit d'eau supplémentaire. Ce résultat indique tout simplement qu'un débit d'eau élevé lors de la vente d'une propriété au bord de l'eau, par rapport à une autre identique vendue avec un débit d'eau plus faible, commande une prime additionnelle.

Ce qui est notable dans le cas de cette variable d'intérêt est son test statistique significatif. Sa robustesse statistique comme facteur déterminant se classerait au même degré que par exemple, l'accès, le garage ou le type de recouvrement extérieur donné. On peut se poser alors la question, par exemple, est-ce que cet attribut est systématiquement négocié sur le marché, au même chapitre que certains paramètres habituels de la structure et de la localisation ? C'est ce que donne le modèle pour les secteurs longeant le fleuve. Peut-être que le marché ne précise pas cet attribut explicitement lors de la négociation, mais selon le résultat du modèle, un débit élevé contribue à la valeur d'une propriété au bord de l'eau.

Chose inattendue, mais peut-être explicable, l'impact de la variation du débit d'eau n'est pas ressenti pour les propriétés placées derrières celles avec l'accès direct à l'eau. Lorsque que l'on

met ensemble les propriétés ayant accès à l'eau avec celles un peu plus loin, l'impact mesuré de l'*ImpEau* s'amenuise clairement tant en ampleur qu'en signification statistique. Le fait de séparer les propriétés au bord de l'eau de celles plus loin (i.e., les propriétés voisines), a fait en sorte que l'*ImpEau* s'est montrée être plus robuste dans le modèle, contrairement à l'*ImpEauV* qui a perdu de sa force d'explication. Cette dernière n'est pas statistiquement significative.

Selon ce résultat, nous pouvons retenir, avec confiance, que l'impact des variations de niveaux d'eau se ferait sentir uniquement sur les propriétés sur le bord de l'eau. L'impact économique total se ferait ressentir avec ces propriétés seulement. Par rapport à cette mesure de l'impact, il convient de souligner qu'elle demeure très stable avec l'essai de quelques modèles, par l'introduction et le retrait de différentes formes de variables. Par ailleurs, nous avons contrôlé l'effet d'interaction entre les variables importantes, en minimisant la multicollinéarité. Nous avons testé l'effet sur les prix de l'accès et de la vue lorsque les débits d'eau étaient élevés versus plus bas. L'interaction entre la variable *ImpEau*, avec les variables *ImpEauV*, accès et vue est à un seuil minimum, c'est ce qu'indique le test VIF du modèle.

En essayant l'usage d'une version non linéaire de l'impact, nous présentons au tableau suivant le résultat du modèle semi-log (similaire à celui de l'étude de Wyman et al., 2013). Dans ce modèle dont les prix sont exprimés en log, les mêmes variables étaient forcées dans le calcul des résultats. Bien que ce modèle offre une meilleure performance globale prédictive, il fournit des résultats avec des coefficients qu'on ne peut pas directement interpréter. Pour avoir une idée, considérons le montant de 0,0000112 estimé pour la variable *ImpEau*. Selon ce résultat, une augmentation d'une unité en débit d'eau résulte en une augmentation approximative de 0,00112 % dans le prix. Pour le prix moyen de 851 360 $ par exemple, une diminution d'un m^3 par seconde serait de 9,54 $ ($\$851\,360 - e^{13.65459-0.0000112*1} = \$9.53$).

Tableau 8. Modèle de régression multiple non linéaire

R	81,3%	**F**	3 240
R-carré	66,1%	**Signif. F**	0,000
R-carré ajusté	66,0%	**Nombre de variables**	32
Erreur du modèle	0,311	**Base utilisée**	53 821

Modèle*	Coefficients	Erreur type coeff.	Test t.	Sig T.	VIF
Constante	**12,5280000**	*0,007*	*1 902,119*	0,000	
bungalow	**-0,0197205**	*0,004*	*-5,320*	0,000	1.7
splittlevel	**-0,0648566**	*0,005*	*-11,919*	0,000	1.7
detache	**0,0992649**	*0,004*	*27,461*	0,000	2.1
age	**-0,0034074**	*0,000*	*-52,463*	0,000	2.3
inflation	**-0,0002067**	*0,000*	*-188,628*	0,000	3.2
terrain	**0,0000085**	*0,000*	*10,732*	0,000	4.3
airehabit	**0,0025433**	*0,000*	*91,286*	0,000	2.5
foyer	**0,0580432**	*0,002*	*26,917*	0,000	1.1
piscexc	**0,0006281**	*0,000*	*11,808*	0,000	1.2
climatise	**0,0416365**	*0,002*	*24,417*	0,000	1.4
garage	**0,0019152**	*0,000*	*15,220*	0,000	1.6
dorval	**0,1211910**	*0,007*	*16,777*	0,000	1.6
senneville	**0,3919615**	*0,026*	*14,916*	0,000	1.5
baieurfe	**0,3011161**	*0,012*	*24,372*	0,000	1.5
beaconsfield	**0,2307478**	*0,006*	*36,992*	0,000	1.4
hampstead	**0,8285973**	*0,013*	*64,683*	0,000	1.6
kirkland	**0,1028470**	*0,006*	*16,158*	0,000	1.2
lachine	**0,1163810**	*0,007*	*17,284*	0,000	1.1
montrealest	**-0,2077921**	*0,017*	*-12,159*	0,000	1.4
montrealouest	**0,6713255**	*0,013*	*51,090*	0,000	1.5
pierrefonds	**0,0208108**	*0,004*	*4,876*	0,000	1.2
pointeclaire	**0,1135043**	*0,005*	*21,580*	0,000	1.5
roxboro	**-0,0266459**	*0,010*	*-2,599*	0,090	1.5
bellevue	**0,0539010**	*0,014*	*3,981*	0,000	1.3
staitegen	**-0,0646755**	*0,022*	*-3,005*	0,003	1.4
verdun	**0,5267368**	*0,008*	*68,504*	0,000	1.6
lasalle	**0,2148575**	*0,008*	*25,499*	0,000	3.1
ilebizard	**0,0085285**	*0,007*	*1,262*	0,207	2.8
Accès	**0,3886020**	*0,0810664*	*4,794*	0,000	2,2
Vue	**0,1016274**	*0,0352853*	*2,880*	0,006	2.1
ImpEau	**0,0000112**	*0,0000042*	*2,667*	0,009	2.3
ImpEauV	**0,0000012**	*0,0000055*	*0,218*	0,852	1.3

** Variable dépendante : logarithme du prix de transaction en $ ajustés*

Dans ce modèle semi-log, il convient de remarquer que toutes les variables s'avèrent être significatives, à part le secteur de l'île-Bizard et la dernière variable, soit l'*ImpEauV*. La part d'impact des variables change légèrement, avec des signes parfois contradictoires et parfois non conformes à ce qu'on a l'habitude d'observer en pratique (ex. le bungalow est une variable dont le signe est négatif). Nous pouvons également noter ici que la force statistique des variables d'intérêt sur la *Vue* et l'*ImpEau* s'affaiblit légèrement, en comparaison au modèle linéaire. Mais, celles-ci passent quand même significativement les tests statistiques (avec un seuil de signification en dessous de 1 %).

Afin d'avoir une idée sur l'impact de l'attribut *ImpEau*, nous avons considéré une propriété avec des caractéristiques semblables à celles du modèle linéaire. L'impact mesuré par le modèle non-linéaire est légèrement plus élevé de celui du modèle linéaire. Dans cette perspective, une idée de l'impact économique total est fournie au point qui suit.

8. ANALYSE DE L'IMPACT ÉCONOMIQUE

Les débits d'eau connus sont fournis entre 1953 et 2014 (Scénario de référence). À partir de ces informations, il a été possible de réaliser des projections par deux scénarios (Scénario 1 et Scénario 2) sur les variations de débits d'eaux entre 2015-2064. Dans l'estimation de l'impact économique, nous allons considérer les projections du Scénario 1 qui se traduit globalement par une diminution des débits d'eau de 6 % en moyenne par rapport au scénario de référence.

Le Scénario 1 tient compte des augmentations dans les premières années, suivies de diminutions des débits d'eau significatives dans les années plus lointaines, par exemple 2040 et suivantes. En considérant ce scénario et les résultats des deux modèles plus bas, nous avons donc actualisé les impacts variantes en fonction de l'année où ceux-ci surviennent à un taux de 4%, avec des analyses de sensibilité de 2 et 6%. Il serait aussi intéressant d'y tenir compte d'un taux annuel moyen de croissance des valeurs, qui se situe à environ 2 % en moyenne par année en fonction d'une tendance à long terme.

En général, par rapport à la moyenne des débits d'eau sur toute la période du Scénario 1, la tendance générale suggère une diminution des débits d'eaux, contrairement au Scénario 2 qui propose une accentuation des fluctuations mais sans diminution globale des niveaux d'eau avec l'augmentation et la diminution cyclique des débits d'eau suivant la fonte de la neige et des glaces au printemps et sa diminution systématique vers les mois les plus chauds de l'année. Comme les variations des débits d'eau ont tendance à s'annuler sur l'ensemble de la période, nous proposons que l'impact économique suive le même type de dynamique, soit un effet qui s'annule en fin de compte.

En considérant les variations annuelles dans les débits d'eau du Scénario 1 et en fonction des hypothèses posées, l'impact économique total estimé est résumé au tableau suivant. Dans ce tableau, l'impact est d'abord calculé par unité de propriété et variations annuelles dans les débits d'eau projetées pour l'échantillon de 634 propriétés. L'impact moyen par propriété est retenu pour le calcul de l'impact économique total en considérant l'univers des propriétés concernées (4 291 cas).

Selon le modèle linéaire, en considérant un taux d'actualisation de 4 %, l'impact économique négatif serait de -10,7 M$ pour les 634 propriétés de l'échantillon. Pour l'ensemble des 4 291

propriétés au bord de l'eau, sur tout le territoire, la perte totale projetée est de -72,5 M$, avec le même taux d'actualisation. Ce qui représente donc un impact négatif de -2 % dans la valeur totale de cette population de propriétés existantes.

Tableau 9. Modèle linéaire et Semi-log – simulation des impacts

Modèle Linéaire						
	Échantillon			Population		
	Cap. 6 %	Cap. 4 %	Cap. 2 %	Cap. 6 %	Cap. 4 %	Cap. 2 %
Nombre	634	634	634	4 291	4 291	4 291
Valeur	536 203 114	536 203 114	536 203 114	3 653 186 050	3 653 186 050	3 653 186 050
Moyenne	845 746	845 746	845 746	851 360	851 360	851 360
Perte total ($)	-7 850 142	-10 712 939	-15 121 299	-53 130 851	-72 506 655	-102 343 047
Perte moy. par propriété ($)	-12 382	-16 897	-23 851	-12 382	-16 897	-23 851
Perte/gain total (%)	-1,5%	-2,0%	-2,8%	-1,5%	-2,0%	-2,8%
Modèle Semi-log						
Nombre	634	634	634	4 291	4 291	4 291
Valeur	536 203 114	536 203 114	536 203 114	3 653 186 050	3 653 186 050	3 653 186 050
Moyenne	845 746	845 746	845 746	851 360	851 360	851 360
Perte total ($)	-4 667 223	-6 328 027	-8 845 162	-31 588 412	-42 828 962	-59 865 281
Perte moy. par propriété ($)	-7 362	-9 981	-13 951	-7 362	-9 981	-13 951
Perte/gain total (%)	-0,9%	-1,2%	-1,6%	-0,9%	-1,2%	-1,6%

Quant au modèle Semi-log, en considérant un taux d'actualisation de 4 %, l'impact économique négatif est un peu moindre, soit de -6,3 M$ pour les 634 propriétés de l'échantillon. Cet impact se situe à -42,8 M$ pour l'ensemble des 4 291 propriétés. Ce qui représente donc un impact négatif moyen de -1,2 % dans la valeur totale. L'impact négatif moyen par propriété est de -16 897 $ selon le modèle linéaire, quant au modèle Semi-log, elle est de -9 981 $. La différence de pertes moyennes et totales dans les deux versions des modèles s'explique simplement par le fait que le résultat du modèle linéaire ne change pas avec le prix original alors que c'est le cas avec le modèle non-linéaire.

Lorsqu'une analyse de sensibilité est effectuée en considérant différents taux d'actualisation, les résultats changent légèrement. En considérant les mêmes paramètres telle qu'une diminution de 6 % des débits d'eau et de l'augmentation des prix de 2 % par année, avec un taux d'actualisation de 2 %, selon le modèle linéaire, l'impact total se chiffre à -15,1 M $ pour l'échantillon (-2,8 %), qui diminue à -8,8 M$ (1,6 %) dans le cas du modèle Semi-log. Ces impacts sont de l'ordre de -102,3 M$ pour le modèle linéaire et de -59,8 M$ en fonction du modèle Semi-log. Inversement, le fait d'augmenter le taux d'actualisation à 6 % réduit les impacts totaux quant aux deux modèles

(-53,1 M$ ou -1,5 % pour le modèle linéaire et -31,6 M$ ou -0,9 % dans le cas du modèle Semi-log).

Il convient de noter ici que l'impact économique total omet ici certains détails. Par exemple, le nombre de propriétés pourrait augmenter avec le développement de nouveaux projets le long du trajet susceptible de connaître des variations dans les débits d'eau. Cependant, en considérant le parc immobilier résidentiel actuel de 4 291 unités, qui s'est consolidé à travers les années, l'augmentation du nombre d'unités additionnelles ne devrait pas être importante. Il s'agit souvent de types de terrains recherchés sur le marché pour le développement de projets le long de la côte, avec accès direct à l'eau.

Les rénovations peuvent aussi changer les valeurs des propriétés, mais encore dans cette situation, nous pouvons rester dans un cas de figure d'impact général. La rénovation aurait pour conséquence, dans la majorité des cas, d'entretenir les propriétés et de redresser la partie de la valeur dépréciée avec le temps. Autrement dit, les rénovations n'augmenteront pas souvent la valeur des propriétés en moyenne; elles auront plutôt l'effet de garder la structure des propriétés au même état sur le marché contre les dépréciations structurelles et fonctionnelles.

Un autre facteur négligé ici est la perte de l'impôt municipal due à la diminution de 6 % des débits d'eau. Considérant un pourcentage de 2 % d'impôt moyen, la perte économique totale pourrait légèrement augmenter. Ainsi, en considérant un taux d'actualisation de 4 %, selon le modèle linéaire, cet impact total atteindrait -73,9 M $; il serait de -43,7 M $ dans le cas du modèle en Semi-log pour l'ensemble des propriétés touchées.

Si l'on ajoute à cette perte d'impôt la part d'impact possible par l'augmentation du nombre d'unités avec accès à l'eau et de la valeur marchande par les rénovations, nous pouvons supposer que l'impact économique total, dû à la diminution des débits d'eau, pourrait se situer en moyenne autour de - 2 % selon les deux modèles présentés.

Le Tableau 10 suivant présente une synthèse les résultats clefs de l'étude. En résumé, nous avons utilisé trois sources d'analyse d'impacts, qui concordent en général sur le niveau et la nature de l'impact : la littérature, les évaluations foncières et les ventes de propriétés sur le marché. En plus de ces trois types de sources, nous avons procédé à la mesure de trois types d'impact, soit en

fonction d'une vue, d'un accès et de la diminution des niveaux d'eau (*ImpEau*). Selon les résultats, l'impact économique probable total est certainement négatif pour la période de prévision, soit entre 2015 et 2064, mais d'une ampleur non significative (entre 1,2 et 2 % des valeurs).

Tableau 10. Résumé de l'impact

Stats. descriptives (moyennes du marché)		
Unités d'évaluation foncière (estimations)		
Avec vue	95 000 $	9 893
Avec accès	470 915 $	4 291
Échantillon (ventes)		
Avec vue	113 658 $	801
Avec accès	470 711 $	652

Mesure avec les modèles (par unité)		
Modèle linéaire		
Avec vue	63 015 $	801
Avec accès	226 533 $	
ImpEau	15,2$/m^3	634
	Impact économique négatif	**72,5 M $ (2,0 %)**
Modèle log		
Avec vue	0,10160 $	801
Avec accès	0,38860 $	
ImpEau	0,0000112$/m^3	534
	Impact économique négatif	**42,8 M $ (1,2 %)**

Conclusion

Cette étude mesure l'impact économique des bas niveaux d'eau sur les valeurs foncières le long des lacs et du fleuve St-Laurent. Les principales étapes menant à la mesure de l'impact dans ce rapport ont consisté à : l'analyse des fondements conceptuels, la revue de la littérature relative, la méthodologie de travail, l'analyse des données détaillées, l'obtention des résultats et leur interprétation ainsi qu'à la projection des impacts économiques possibles.

Comme première démarche, étant donné la complexité et le peu de connaissances que nous avions du phénomène, un éclaircissement et rappel des fondements de détermination des valeurs foncières s'est avéré nécessaire. Cette analyse a permis d'insérer dans le cadre théorique et analytique le phénomène de l'impact que pourraient avoir les bas niveaux d'eau sur les valeurs foncières.

Peu connue par les praticiens dans le domaine, la nature de l'impact de notre sujet se situe dans le raisonnement fourni par l'attrait d'une localisation particulière avec des avantages de nature esthétique, par la spécificité des activités procurés par l'accès immédiat à l'eau, par la faible densité urbaine qu'elle fournit (avec d'autres avantages reliés comme la détente, moins de bruits et de pollution) et, probablement, par le sentiment d'avoir un meilleur standing social. Comme ces avantages associés à ce genre de localisations rares, les concepts théoriques prévoient une concurrence sur le marché entre les agents économiques de laquelle adviennent des possibilités en rentes. Pour prévoir ces rentes, le marché s'exprime par les prix fonciers, pouvant significativement augmenter.

Évidemment, c'est ce que nous enseigne le cadre théorique, notamment de l'économie spatiale, pour cet attribut particulier dans le domaine de l'immobilier résidentiel unifamilial. Il convient cependant d'analyser empiriquement la pertinence et la signification de ces hypothèses, avec des données provenant sur le terrain. Comme cette préoccupation intéresse d'autres professionnels et chercheurs ailleurs, il nous a d'abord paru utile d'effectuer une revue de la littérature sur le sujet au niveau international.

Le parcours de la littérature nous fournit de précieuses informations sur la nature des impacts relatifs au facteur de la proximité des résidences à l'eau. Un premier constat est la disponibilité

d'analyses et de résultats empiriques avec une bonne couverture internationale, cependant d'une utilité moins directe pour notre sujet. Enfin, les analyses disponibles suggèrent une grande hétérogénéité dans les différentes dimensions à considérer : les objectifs, le type de cours d'eau analysés (fleuve, rivière, lac, océan, etc.), les données utilisées, la localisation, les périodes d'analyses, les méthodes et modèles retenus, etc. Il en ressort que les mesures des impacts probables connus varient considérablement d'une étude à une autre, rendant presqu'impossible une base comparative pour notre étude. Par ailleurs, les résultats ne convergent pas nécessairement sur l'ampleur et le sens des impacts (positif ou négatif) et, souvent, des divergences sont notées sur les conclusions.

De cette analyse de la littérature, il apparaît que les efforts de mesure empirique de l'impact datent environ d'une décennie dans la plupart des cas. Ensuite, les données empiriques utilisées sont souvent insuffisantes, avec peu de développement dans les approches conceptuelles dans le but de mieux appréhender la portée du phénomène. Malgré ces quelques observations sur nos connaissances limitées et assez hétérogènes du phénomène, nous pouvons quand même retenir qu'il s'agit d'un phénomène complexe dont une approche directe ne sera pas possible. Par exemple, la localisation par rapport à l'eau devrait considérer, et par conséquent mesurer, distinctement l'impact de la qualité d'un accès, d'une vue et le débit de l'eau.

La mesure de ces niveaux d'impacts requiert des données précises et détaillées par unité de propriété, dans un marché bien segmenté. Dans cette perspective, contrairement aux études disponibles, notre approche a eu le privilège d'utiliser des données en nombre suffisant par secteur retenu, une localisation précise des propriétés telle qu'observés et validées en réalité (au cas par cas) et le détail des renseignements sur les paramètres structuraux, financiers et spatiaux. Il en est également de même avec les mesures métriques disponibles sur les débits d'eau tant observés que projetés.

Les données validées ont été codifiées et organisées selon une méthodologie reconnue dans le domaine de l'évaluation foncière de masse et de cas par cas. La formation des variables multiples, avec celles que nous avons particulièrement étudiées, a suivi une procédure méthodologique d'appariement temporelle et géographique au cas des 53 821 propriétés, distinguées par impacts spécifiques, notamment les propriétés sans accès (52 367 unités), avec vue (802 unités) et avec accès direct (652 unités).

C’est à partir de cette base opérationnelle que nous avons procédé à la mesure de l’impact par l’usage d’un modèle hédonique, dans sa version à la fois linéaire et semi-log. Les résultats obtenus sont satisfaisants sur les plans explicatifs et prédictifs pour la plupart des attributs retenus. En ce qui concerne les attributs formés spécifiquement dans cette étude, leur montant et signification statistique suggèrent des impacts très significatifs.

D’abord, toutes choses étant égales par ailleurs, les propriétés bénéficiant d’un accès direct à l’eau, par rapport à celles plus éloignées, commandent une prime moyenne de 226 532 $ sur le marché de l’unifamiliale à Montréal. La prime pour la vue est également significative, soit de l’ordre de 63 015 $. En plus de ces primes de localisation, le marché favorise significativement et positivement de hauts débits d’eau, en considérant en perspective qu’il y aurait une limite au-delà de laquelle les primes peuvent cesser et même devenir négatif (comme dans le cas des inondations). Ainsi, à chaque augmentation de débits d’eau par m^3/s, la valeur s’accroît de 15,2 $ en moyenne. Cette prime est validée seulement pour les propriétés résidentielles unifamiliales au bord de l’eau; celles proches mais sans accès demeurent insensibles face à ce facteur, selon les résultats des modèles testés.

Connaissant ces mesures, nous sommes alors en mesurer de projeter les impacts économiques probables pour les propriétés concernées par le phénomène. Selon un scénario de diminution de 6 % dans les débits d’eau, en considérant un taux d’actualisation de 4 %, la perte économique totale, entre 2015 et 2064, serait de l’ordre d’environ 2 % selon le résultat du modèle linéaire, soit de -72,5 M $ en valeur absolue pour les 4 291 propriétés concernées. Cet impact est d’une ampleur moindre en fonction de la version Semi-log du modèle, soit dans l’ordre de 1,2 % (ou -42,8 M $). En conclusion, comparativement aux analyses repérées dans la littérature, notamment celle de *Mowat Center*, l’impact économique, avec un scénario de 6 % de réduction des débits d’eau, serait d’une ampleur relativement moindre.

Ces résultats alimentent alors nos réflexions par rapport à des stratégies et actions possibles à envisager. Les changements dans les débits d’eaux auront des conséquences par la diminution de l’attrait de localisation à certains endroits les plus touchés sur le trajet de l’étude. Le marché immobilier de la revente pourrait s’accroître à ces endroits, en ayant comme conséquences la réduction des valeurs. D’autres localisations ayant des débits d’eau plus élevées pourraient

connaître alors un attrait plus élevé, faisant pression sur l'augmentation des valeurs (en supposant que l'augmentation des débits ne conduit pas à des inondations).

Par ailleurs, pour les secteurs dont l'attrait a diminué, le capital immobilier peut connaître une fuite sous forme de manque d'intérêt pour l'entretien et les rénovations, entre autres. Il y a donc matière à réflexion et des stratégies sont à élaborer pour les municipalités susceptibles de connaître ce genre de phénomènes avec des conséquences différentes.

Finalement, si l'on revient aux hypothèses de départ par rapport aux effets instantané et réfléchis, les résultats indiquent un net impact immédiat des variations des débits d'eau sur les valeurs immobilières, sans toutefois offrir la possibilité d'une mesure cohérente sur les effets réfléchis (apprentissage à long terme par le marché). Cette difficulté de mesure d'un impact à long terme par l'apprentissage pourrait être indicatrice d'une capitalisation entière dans les prix au moment des négociations par l'effet immédiat, ou bien, d'un phénomène qui débute, sans toutefois offrir la possibilité d'une mesure précise de l'effet d'apprentissage via un modèle par unité de propriété. Par ailleurs, ce phénomène étant nouveau sur le marché, la mesure empirique des effets dans ce rapport a requis d'éclairer ses fondements conceptuels.

Références

Adelaja, S., Hailu, Y. J., Kuntzsch, R., Lake, M. B., Fulkerson, M., McKeown, C., Racevskis, L. et Griswold, N. (2007) Economic valuation of natural resource amenities: A hedonic analysis of Hillsdale and Oakland counties, Rapport no. 2007-09, Université de Michigan State.

Allen, J. S., Carey, R. T., Dickes, L. A., Saltzman, E. W. et Allen, C. N. (2010) An economic analysis of low water levels in Hartwell Lake, Rapport preparé pour l'armée U.S., Savannah District, Franklin County. Strom Thurmond Institute of Government and Public Affairs, Université de Clemson U.

Andersen, B. et Patterson, D. J. (2014) Information system on the eutrophhyication of our coastal areas, National Center for Marine Algae and Microbiota (NCMA), Lettre d'info no. 5.

Benson, E. D. (1998) Pricing residential amenities: the value of a view, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 16 (1), 55-73.

Benson, E. D., Hanson, J. L. et Schwartz, A. L. (2000) Water views and residential property values, *Appraisal Journal*, 260-271.

Bleakely Advisory Group (2010) Lake Sidney Lanier economic impact analysis, Document accédé au: www.lakelanier.org/wp-c.

Bond, M. T. Seiler, V. L. et Seiler, M. J. (2002) Residential Real Estate Prices: A Room with a View, *Journal of Real Estate Research*, 23(1/2), 130-137.

Born, S. M., Genskow, K. D., Filbert, T. L., Hernandez-Mora, N., Keefer, M. L. et White, K. A. (1988) Socioeconomic and institutional dimensions of dam removals - The Wisconsin experience, *Environmental Management,* 22(3), 359-370.

Bouchard, R., Boyle, K. J., Lawson, S. R. et Michael, H. J. B. (1998) Lakefront property owners' economic demand for water clarity in Maine Lakes. Rapport d'étude no. 410, Maine Agricultural and Forest Experiment Station, University of Maine, Orono.

Bourassa, S. C., Hoesli, M. et Sun, J. (2004) What's in a View ? *Environment and Planning*, A 36, 1427-1450.

Bouska, W. (2009) Eutrophication of U.S. freshwaters: analysis of potential economic damages. *Environmental science technology*, 43(1), 12-19.

Boyer, E., Krysel, C. M., Parson, C. et Welle, P. (2003) Lakeshore property values and water quality: evidence from property sales in the Mississippi headwaters region. Submitted to the Legislative Commission on Minnesota Resources: St. Paul, MN, 1-59.

Boyle, K. J. et Bouchard, R. (2003) Water quality effects on property prices in Northern New England, *Lake Line*, 23(3), 24-27.

Brashares, E. N. (1985) Estimating the instream value of lake water quality in Southeast Michigan, Dissertation non publiée, Université de Michigan.

Brutzman, A. B. (2012) Hartwell's 2012 celebrated history as drought lingered: 50-year-old lake's receding waters provided the year's biggest headlines.

Bytnerowicz, G. A. (2006) Local air pollutants threaten Lake Tahoe's clarity, California Agriculture, 60(2), 53-58.

Carey, R. T., Dickes, L. Saltzman, E. et Allen, J. (2011) Regional economic analysis of changing lake levels in Lake Keowee, Report prepared for Duke Energy, Stom Thurmond Institute.

Cordell K., et Bergstrom, J. (1993) Comparison of recreation use values among alternative reservoir water level management scenarios, *Water Resources Research,* 29, 247– 258.

David, E. (1968) Lake shore values: a guide to public investment in recreation, Water Resources Research, University of Wisconsin-Madison, 4 (4), 697-707.

Dils, R. Hine, R. E., Leaf, S., Mason, C. F., Nedwell, D. B. et Pretty, J. N. (2003) Environmental Costs of Freshwater Eutrophication in England and Wales, *Environmental Science & Technology*, 37(2), 201.

DNRE - Department of Natural Resource and the Environment (2000) Rapid Appraisal of the Economic Benefits and Costs of Nutrient Management. Report by RSA (Read Sturgess and Associates) for The State of Victoria, Department of Natural Resources and Environment. National Library of Australia.

Dumm, R., Sirmans, G. S. et Smersh, G. T (2014) Price Variation in Waterfront Properties Over the Economic Cycle, document de travail.

Gibbs, J. P., Halstead, J. M. Boyle, K. J. et Huang, J. (2002) An hedonic analysis of the effects of lake water clarity on New Hampshire lakefront properties, *Agricultural and Resource Economics Review*, 31(1), 39-46.

Hansen, J. L., et Benson, E. D. (2013) The value of a water view: variability over 25 years in a coastal housing market, *Coast. Bus. J.*, 12 (1), 76-99.

Hanson, L. U. et Hatch, T. R. (2001) Change and Conflict in Land and Water Use: Resource Valuation in conflict Resolution Among Competing Users, *Journal of Agricultural and Allied Economics*, 33(2), 297-306.

Hanson, T. R. (1999) Department of Agricultural Economics, Mississippi State University and L. Upton Hatch Department of Agricultural Economics, Auburn University, Impact of Reservoir Water Level Changes on Lakefront Property and Recreational Values (on Lake Martin in Georgia).

Hasler, A. D. (1969) Cultural Eutrophication is Reversible, *Bioscience*, 19(5), 425.

Kashian, R., Eiswerth, M. E. et Skidmore, M. (2006) Lake rehabilitation and the value of shoreline real estate: evidence from Delavan, Wisconsin, *Review of Regional Studies*, 36 (2), 221-38.

Kevern, N. (2008) Project Report - Value of riparian property on Michigan's inland lakes. Lake Effect Newsletter, Michigan Chapter of the North American Lake Management Society.

Khatari-Chhetri, J. B. et Hite, J. C. (1989) Impact of an Interbasin Water Transfer on the Market Values of Lakeshore Properties, Working Paper, Strom Thurmond Institute, Université de Clemson.

Krysel, C., Boyer, E. M., Parson, C. et Welle, P. (2003) Lakeshore property values and water quality: evidence from property sales in the Mississippi Headwaters Region, Mississippi Headwaters Board.

IAAO (1999). Standard on Ratio Studies; International Association of Assessing Officers, Chicago, Illinois; July 1999; pp 34

Lancaster, K. J. (1966) A New Approach to Consumer Theory, *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.

Lansford, N. H. et Jones, L. L. (1995) Marginal Price of Lake Recreation and Aesthesis: An Hedonic Approach, *Journal of Agricultural and Allied Economics*, 27(1), 212-223.

Lansford, N. H. et Jones, L. L. (1995b) Recreational and aesthetic value of water using hedonic price analysis, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 20 (2), 341-55.

Leggett, C. G. et Bockstael, N. E. (2000) Evidence of the effects of water quality on residential land prices. *Journal of Environmental Economics and Management*, 39 (2), 121–144.

Lewis, W. M., Wurtsbaugh, W.A. et Paerl, H. W. (2011) Rational for control of anthropogenic nitrogen and phosphorus to reduce eutrophication of inland waters, *Environmental Science and Technology*, 45, 1300-1305.

Loomis, J. et Feldman, M. (2003) Estimating the Benefits of Maintaining Adequate Lake Levels to Homeowners Using the Hedonic Property Method, Water Resources Research.

Mazumder A. et Taylor W. D. (1994). Thermal structure of lakes varying in size and water clarity, Limnol, *Oceanography*, 39, 968-976.

Michael, B. T., Seiler, L. V. et Seiler, J. M. (2002) Residential real estate prices: a room with a view, *Journal of Real Estate Research*, 23(1), 129-138.

Michael, H. J., Biyle, K. J. et Bouchard, R. (2000) Does the measurement of environmental quality affect implicit prices estimated from hedonic models? *Land Economics*, 76(2), 283-298.

Michael, H. J., Boyle, K. J. et Bouchard, R. (1996) Water Quality Affects Property Prices: A Case Study of Selected Maine Lakes. Maine Agricultural and Forest Experiment. Station Miscellaneous Report 398, University of Maine, Orono, Maine, U.S.A.

Michael, J. A., Sides, D. A. et Sullivan, T. E. (2003) The economic Cost of Sea Level Rise to Three Chesapeake Bay Communities, The Maryland Coastal Zone Management Program.

Mowat Centre (2014) Low Water Blues,Council of the Great Lakes Region.

Murray, M. N. (2003) Economic Effects of TVA Lake Management Policy in East Tennessee, Center for Business and Economic Research, Université de Tennessee.

Pace, K., Barry, R., Sirmans, C. (1998) Spatial statistics and real estate, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17, 5-13.

Parsons, G. R. et Wu, Y. (1991) The Opportunity Cost of Coastal and Use Controls: An Empirical Analysis, *Land Economics*, 67(3), 308-316.

Plattner, R. H. et Campbell, T. J. (1978) A study of the effect of water view on site value, *Appraisal Journal*, 46 (1), 20-26.

Pompe, J. (2008) The Effect of a Gated Community on Property and Beach Amenity Valuation, *Land Economics*, 84, 423-433.

Poor, P. J., Boyle, K. J. Taylor, L. O. et Bouchard, R. (2001) Objective versus subjective measures of water clarity in hedonic property value models. *Land Economics*, 77 (4), 482-493.

Pretty, J. N., Mason, C. F., Nedwell, D. B. et Hine, R. E. (2002) A Preliminary Assessment of the Environmental Costs of the Eutrophication of Fresh Waters in England and Wales, Document de recherche, Université de Essex.

RCLOCO (2011) Lake Travis Economic Impact Report, Lake Travis Coalition.

Revéret, J. - P., Dupras, J. et He, J. (2013) L'évaluation économique des biens et services non écosystémiques dans un contexte de changements climatiques - Un guide pour une augmentation de la capacité à prendre des décisions d'adaptation.

Rinehart, J. R. et Pompe, J. (1999) Estimating the effect of a view on undeveloped property values, *Appraisal Journal*, 57-61.

Rogers, G. O., Moore, W., Saginor, J. et Brody, S. (2012) Impact of lake-level reductions on Lake Conroe Area: lake area property values, property tax revenues and sales tax revenues, Montgomery County.

Rosen, S. (1974) Hedonic Prices and Implicit Markets : Product Differentiation in Pure Competition, *Journal of Political Economy*, pp. 34-55.

Sirmans, S., Macpherson, D. A. et Zeitz, E. N. (2005) The Composition of Hedonic Pricing Models, *Journal of Real Estate Literature*, 13, 3–43.

Southwick Associates (2013) Potential Impacts to Property Values from Long-term Changes in Water Levels on the Colorado River and Its Tributaries: A Delphi Approach.

Terrel B. et Johnson, P. (1999) Economic Impact of the Depletion of the Ogallala Aquifer: A case Study of the Southern High Plains of Texas, Papier présenté au congrès annuel de American Agricultural Economics Association, Nashville, TN.

UNEP - United Nations Environment Programme (1999) Planning and Management of Lakes and Reservoirs: An Integrated Approach to Eutrophication.

Willis K. G. et Garrod G. D. (1993) Not from experience: a comparison of experts' opinions and hedonic price estimates of the incremental value of property attributable to an environmental feature, *Journal of Property Research*, 10, 193-216.

Wittwer, G. et Griffith, M. (2011) Modelling draught and recovery in the southern Murraydarling basin. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 55(3), 342-359.

Wyman, D. et Sperry, S. (2010) The million dollar view: a study of golf course, mountain, and lake lots. *Appraisal Journal*, 78(2), 159-168.

Wyman, D., Chris P. et Worzala, E. (2013) The Impact of Climate Change on Property Value: A Tale of Two Lakes. Papier présenté au congrès annuel d'ARES 2013, à Kohala Coast, Big Island of Hawaii.

ANNEXE 1

Liste et type de codification des variables

LISTE DES VARIABLES Type de variables : "B" = variable binaire ou dichotomique;"M" = variable métrique					
Codes	**Noms**	**Définitions opérationnelles**	**Type**	**Source**	**Précisions**
prixdecl	Prix de transaction déclaré et validé	Prix en $ CAN. non ajustés	M	V. Mtl.	Les ventes invalides sont éliminées (ex.: liens de parenté, liquidation forcée, vente entre filiales, vente sous restrictions, ...)
inflation	Indice d'ajustement temporel	Nombre de jours	M	V. Mtl.	Jour écoulés par rapport à la date de vente la plus récente
airehabit	Aire habitable de la propriété	En m^2	M	V. Mtl.	
terrain	Superficie totale du terrain	En p^2	M	V. Mtl.	
terainform	Forme du terrain	1 = forme du terrain est régulière; 0 = autre	B	V. Mtl.	
qualtsupr	Qualité de construction supérieure	1 = qualité de construction est supérieure; 0 = autre	B	V. Mtl.	Qualité de construction (complexité, matériaux, main-d'oeuvre...)
ageeffect	Âge effectif de la propriété	Nombre	M	V. Mtl.	"ageffect" tient compte des rénovations (âge réel et non chronologique)
ssolameng	Superficie du sous-sol aménagé	En m^2	M	V. Mtl.	Elle n'est pas comprise dans "airehabit"
attache	Type de propriété	1 = propriété attachée; 0 = autre	B	V. Mtl.	
detache	Type de propriété	1 = propriété détachée; 0 = autre	B	V. Mtl.	
semideta	Type de propriété	1 = c'est une propriété semi-détachée; 0 = autre	B	V. Mtl.	
bungalow	Modèle de propriété	1 = c'est un "Bungalow"; 0 = autre	B	V. Mtl.	
cottage	Modèle de propriété	1 = c'est un "Cottage"; 0 = autre	B	V. Mtl.	Catégorie regroupant l'ensemble des modèles de propriétés "Cottages"
splitlevl	Modèle de propriété	1 = c'est un "Split Level"; 0 = autre	B	V. Mtl.	
standard	Modèle de propriété	1 = c'est un modèle "Standard"; 0 = autre	B	V. Mtl.	
recvrbriq	Parement extérieur dominant est en brique	1 = brique; 0 = autre	B	V. Mtl.	
pieces	Nombre de pièces disponibles dans la propriété	Nombre	M	V. Mtl.	
salbain	Salle de bains	Nombre	M	V. Mtl.	
garage	Taille du garage extérieur	En m^2	B	V. Mtl.	

LISTE DES VARIABLES (suite) Type de variables : "B" = variable binaire ou dichotomique;"M" = variable métrique					
Codes	**Noms**	**Définitions opérationnelles**	**Type**	**Source**	**Précisions**
foyer	Foyer	Nombre	M	V. Mtl.	
piscexc	Piscine excavée ou creusée	En p^2	M	V. Mtl.	
pishorst	Piscine hors-terre	En m^2	M	V. Mtl.	
chfelectr	Système de chauffage principal à l'électricité	1 = chauffage électrique; 0 = autre	B	V. Mtl.	
climatise	Système de climatisation central	1 = climatisation centrale présent; 0 = non	B	V. Mtl.	
dcentrevil	Distance au centre-villle de Montréal	Distance métrique à vol-d'oiseau	M	V. Mtl.	Distances des propriétés tiennent compte des barrières physiques comme la montagne
demplois	Distance aux centres d'emplois	Distance métrique à vol-d'oiseau	M	Multiple	Variable calculée à partir de la carte d'utilisation du sol et des photos aériennes
dmetros	Distance aux stations de métro	Distance métrique à vol-d'oiseau	M	SIG	Distance des propriétés est calculée à la station de métro la plus proche (65 stations de métro montréalais)
chemf100	Proximité aux chemins de fer sur l'île de Montréal	1 = propriété est à moins de 100 mètres; 0 = autre	B	Gouv. Qué.	Positions aux chemins de fer sont calculées à l'aide de la carte topographique
centrcom	Distances aux centres commerciaux régionaux	Distances métriques à vol-d'oiseau	M	SIG	Distances aux centres commerciaux sont calculées à partir des polygones d'utilisation du sol
indstrlr25m	Proximité aux industries lourdes	1 = moins de 25 m. des indust. lourd.; 0 = autre	B	V. Mtl.	Il s'agit d'immeubles industriels présentant un niveau de bruit, poussière, chaleur et de vibrations élevés
parcurb50m	Priximité aux parcs urbains	1 = moins de 50 mètres des parcs urb.; 0 = autre	B	SIG	Parcs avec un rayonnement de niveau régional, sous-régional ou de quartier
hopital	Distance aux hopitaux	Distance métrique à vol-d'oiseau	M	Major. M.	Lieux repérés et localisés sur la carte thématique de "Major Market"
colegunivers	Distance aux institutions collégiales et universitaires	Distance métrique à vol-d'oiseau	M	Major. M.	Institutions repérées et localisés sur la carte thématique de "Major Market"
ecolinf9	Scolarité	En %	M	Stat. Can.	Il s'agit de la proportion d'individus de 18 ans et plus ayant une scolarité inférieure à 9 années.
Secteurs	Arrondissements		B	SIG	L'ensemble des arrondissement de l'île de Montréal
Acces	Propriété est collée sur l'eau (accèes direct)	1 = avec accès; 0 = sans accès	B	Ville	Information recueillie par la ville sur le terrain
Vue	Propriété avec vue	1 = avec vue; 0 = sans vue	B	SIG	Calculs géospatiaux
ImpEau	Niveau de débit d'eau pourles propriétés avec accès direct	en m^3	M	Calculs	Ouranos, ville et SIG
ImpEau	Niveau de débit d'eau distingué pour les propriétés voisines	en m^3		Calculs	Ouranos, ville et SIG
AutoSpat	Autocorrelation spatiale	En indice	M	Calculs	Indice d'autocorrélation spatiale
AutoTemp	Autocorrelation temporelle	En indice	M	Calculs	Indice d'autocorrélation temporelle

ANNEXE 2

Résultats d'un modèle préliminaire autorégressif

Résultats d'un modèle préliminaire autorégressif

R	69,3%	**F**	1 347
R-carré	59,0%	**Signif. F**	0,000
R-carré ajusté	57.3%	**Nombre de variables**	30
Erreur du modèle	137 646	**Base utilisée**	53 821

Modèle*	Coefficients	Erreur type coeff.	Test t.	Sig T.	VIF
Constante	**287 683,3**	*7 654,3*	*37,6*	0,00	
bungalow	**6 312,0**	*1 375,3*	*4,6*	0,00	3,1
splittlevel	**-27 880,5**	*13 448,6*	*-2,1*	0,00	1,4
detache	**11 324,0**	*1 351,1*	*8,4*	0,00	2.7
age	**-764,0**	*234,1*	*-3,3*	0,00	3,2
inflation	**-23,5**	*0,6*	*-42,0*	0,00	9.8
terrain	**7,5**	*0,3*	*26,6*	0,00	4,5
airehabit	**1 047,0**	*11,2*	*93,5*	0,00	1.8
foyer	**1 507,0**	*1 002,0*	*1,5*	0,02	2.5
piscexc	**412,0**	*33,0*	*12,5*	0,00	1.3
climatise	**13 744,0**	*713,0*	*19,3*	0,00	1.6
garage	**476,0**	*52,0*	*9,2*	0,00	4.8
dorval	**31 300,0**	*3 200,0*	*9,8*	0,00	6.1
senneville	**157 012,0**	*11 234,0*	*14,0*	0,00	6.7
baieurfe	**101 001,0**	*5 477,0*	*18,4*	0,00	7.2
beaconsfield	**58 788,0**	*22 009,0*	*2,7*	0,00	8.3
hampstead	**378 088,0**	*5 678,0*	*66,6*	0,00	8.4
kirkland	**7 808,0**	*4 766,0*	*1,6*	0,02	5.1
lachine	**21 833,0**	*3 483,0*	*6,3*	0,00	6.2
montrealest	**-25 788,0**	*8 766,0*	*-2,9*	0,00	15.2
montrealouest	**238 777,0**	*7 781,0*	*30,7*	0,00	13.1
pierrefonds	**-11 088,0**	*2 388,0*	*-4,6*	0,00	12.1
pointeclaire	**17 888,0**	*2 388,0*	*7,5*	0,00	11.4
roxboro	**-13 487,0**	*4 576,0*	*-2,9*	0,00	9.8
bellevue	**345,0**	*3 433,0*	*0,1*	0,34	4.4
staitegen	**-45 778,0**	*8 764,0*	*-5,2*	0,00	5.4
verdun	**176 889,0**	*4 578,0*	*38,6*	0,00	5.4
lasalle	**69 889,0**	*4 588,0*	*15,2*	0,00	7.3
ilebizard	**13 488,0**	*2 348,0*	*5,7*	0,00	11.3
γ	**0,012**	*0,2*	*0,1*	0,27	12.7
ρ	**0,220**	*0,1*	*1,8*	0,01	16.8

** Variable dépendante : prix de transaction en $ ajustés*