

# THESE DE DOCTORAT DE

## L'UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE

ECOLE DOCTORALE N° 598

*Sciences de la Mer et du Littoral*

Spécialité : *Sciences Economiques*

Par

**Akoh Fabien YAO**

**Les déterminants des dépenses des communes littorales : le rôle de l'étalement urbain, de la densité démographique et des aléas côtiers**

Thèse présentée et soutenue à Brest, le 27/11/2024

Unité de recherche : UMR 6308 - AMURE

### Composition du Jury :

Présidente du jury : Aurélie CASSETTE

Professeure – Université de Lille

Rapporteuses : Marie BREUILLE  
Hélène REY-VALETTE

Directrice de Recherche – INRAE  
Maître de conférences – Université de Montpellier

Examinatrice : Marie-Estelle BINET

Professeure – Université de Bretagne Occidentale

Dir. de thèse : Matthieu LEPRINCE  
Co-dir. de thèse : Jean BONCOEUR

Professeur – Université de Bretagne Occidentale  
Professeur – Université de Bretagne Occidentale

### Invitée

Frédérique ALBAN

Maître de conférences – Université de Bretagne Occidentale



A ma Mère,

## Remerciements

« [Cette thèse] n'est pas un aboutissement, mais une parenthèse exaltée dans une vie ordinaire : la mienne, et celle de [tous ceux] qui m'ont accompagné »<sup>a</sup> de près ou de loin dans cette belle aventure.

<sup>a</sup> Youssoupha (4h37 – *Outro*).

Je tiens tout d'abord à remercier mes directeurs de thèse, Matthieu LEPRINCE et Jean BONCOEUR, qui m'ont fait confiance sur ce projet de thèse et auprès de qui j'ai grandement appris au cours de ces six dernières années. Je remercie les membres du jury, notamment Madame Marie BREUILLE et Madame Hélène REY-VALETTE d'avoir accepté d'évaluer mes travaux en tant que rapporteurs, ainsi que Madame Marie-Estelle BINET, Madame Aurélie CASSETTE et Madame Frédérique ALBAN qui ont suivi l'évolution de mes travaux tout au long de la thèse. Mes remerciements s'adressent également à tous les *Amuriens*, en particulier à l'équipe de direction, l'équipe administrative ainsi qu'aux autres doctorants, qui ont contribué chacun à leur façon à mon intégration au sein de cette belle unité de recherche. Merci aux institutions ayant permis le financement de ma thèse, notamment la Région Bretagne et l'Université de Bretagne Occidentale. Je remercie chaleureusement Monsieur François HEDOU du Cerema pour les traitements et la mise à disposition des données sur les aléas côtiers et la géomorphologie du trait de côte.

Je suis très reconnaissant envers mes proches, qui m'ont soutenu et avec qui j'ai longuement discuté des aspects transversaux et enrichissant de cette expérience. Un clin d'œil à Housni et à Zack pour toutes nos discussions philosophiques. Non, Housni, toutes tes idées révolutionnaires ne changeront peut-être pas le monde mais nombre d'entre elles m'ont permis d'aborder certains questionnements avec beaucoup d'originalité. Merci à mes *Barlev* : à Cyril, à Eyo, à Saïd, à notre regretté Didou, et à toute la team. L'opiniâtreté développée pendant nos entraînements m'a beaucoup servi dans ce travail de longue haleine. Big Up à Etienne et à Yosef !

Un très grand merci à ma famille pour son soutien, sous toutes ses formes. Merci à mon Père, Marcel YAO, pour tous les sacrifices effectués pour notre éducation. Merci à mes frères et sœurs, Yannick, Jérémie, Sara, Désirée et Kady, pour la force et la patience. Merci à la famille BECANTY pour les encouragements. Il serait inconcevable de mentionner la famille sans remercier explicitement Tata Yolande qui, depuis mon arrivée en France, joue le rôle d'une mère pour moi. Avec la même émotion, je remercie les GNOHON, les KESSEIN, Annick SOUCHIER, ainsi que Monsieur et Madame POULIQUEN.

Ma gratitude s'adresse également à la famille THEODULE, surtout à Mami Marie-Noëlle qui me porte toujours dans ses prières et à Papi Gaëtan qui croit plus en moi que je ne crois en moi-même. Merci pour cette bénédiction que vous m'offrez en la personne de Wendy. Merci à Wendy, qui égaie ma vie depuis

près d'une décennie, et dont la combativité me sert de modèle au quotidien. Merci aussi de m'apporter de la sérénité dans les moments de tourmente.

Enfin, j'exprime la plus grande des gratitudes à ma Mère, Clémence YAO, qui nous a quittés avant l'achèvement de ce travail. Merci pour l'éducation, merci pour les sacrifices, merci pour tout. J'aurais tellement aimé voir ta réaction pendant la soutenance ; mais ce n'est que partie remise. Je te raconterai tout cela quand on se reverra.

## Résumé

L'attractivité des communes littorales témoigne de la qualité de vie qu'offrent leurs aménités. Cette attractivité, qui se traduit par une forte pression urbaine et une consommation importante des espaces naturels, agricoles ou forestiers, est contrainte par la limite que représente le bord de mer et par la menace des aléas côtiers d'érosion et de submersion marine.

Si les travaux en sciences économiques se sont depuis longtemps intéressés aux enjeux économiques de l'urbanisation et de l'exposition aux aléas naturels, peu de travaux en finances locales ont été consacrés aux communes littorales. À notre connaissance, les travaux dédiés aux communes littorales portaient principalement sur leur dynamique d'urbanisation ou sur la capitalisation de leurs aménités géographiques sur les marchés fonciers mais, si le prisme des finances de ces collectivités est adopté, seul l'enjeu de leurs richesses fiscales semble avoir été analysé, en omettant l'autre composante principale de leurs budgets que sont leurs dépenses.

L'étude des dépenses des communes littorales a un double intérêt pour les politiques publiques en France. D'une part, dans le contexte actuel de lutte contre l'artificialisation des sols, définie dans cette thèse comme la consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers, l'étude des relations entre les dimensions de l'étalement urbain et les dépenses communales permettrait d'objectiver les incitations budgétaires pour les communes littorales à privilégier une plus grande sobriété foncière. D'autre part, les communes littorales font partie des territoires les plus menacés par les effets à venir du changement climatique et la hausse du niveau de la mer. Dans le cadre du financement de leurs stratégies d'adaptation, l'un des enjeux pour les politiques publiques est d'anticiper les besoins de financement futurs. Il convient ainsi, dès à présent, d'évaluer l'impact de l'ampleur et la sévérité des aléas côtiers sur les dépenses communales afin de poser les bases rigoureuses des trajectoires futures des besoins de financement.

C'est dans ce cadre que la présente thèse contribue à une meilleure compréhension des spécificités des dépenses des communes littorales. Plus précisément, la thèse s'intéresse à l'étalement urbain, à la densité démographique et aux aléas côtiers (érosion et submersion marine) comme déterminants des dépenses des communes littorales. Chaque déterminant fait l'objet d'un chapitre dans lequel des estimations économétriques permettent de tester leur incidence sur les dépenses des communes littorales.

Premièrement, la thèse montre que certaines dimensions de l'étalement urbain, à savoir une hausse de la part artificialisée du territoire et du taux de croissance des surfaces artificialisées, tendent à accroître les dépenses de fonctionnement par habitant des communes littorales (dépenses récurrentes telles que les frais de personnel, les achats de stocks et prestations entrant dans la fourniture des services publics locaux). Les

effets sur les dépenses d'investissement par habitant (essentiellement les dépenses d'équipement) sont moins robustes.

Deuxièmement, une hausse de la densité démographique à l'échelle communale (mesurée par le ratio de la population résidente sur la superficie communale artificialisée) permet, toutes choses égales par ailleurs, de réduire les dépenses communales : la fourniture de biens et services publics locaux comporte donc des économies d'échelle liées à la densité. Ces économies d'échelles sont plus importantes (en valeur absolue) pour les communes littorales que pour les autres communes. Cela peut être expliqué par le stade plus avancé de l'urbanisation au sein des communes littorales, leur permettant de s'appuyer sur une centralité et un stock d'équipements déjà existants. L'étude de la densité démographique à l'échelle infra-communale (indice de Gini de la population) révèle toutefois un impact non-linéaire sur les dépenses de fonctionnement, avec un minimum de dépenses correspondant à un indice de Gini égal à 0,4. Ainsi, bien qu'une hausse de la densité démographique moyenne, à l'échelle communale, pourrait permettre aux communes littorales de réaliser des économies d'échelle, il conviendrait pour les décideurs locaux de promouvoir une distribution infra-communale de la densité plus vertueuse sur les dépenses (c'est-à-dire proche d'un indice de Gini de 0,4).

Finalement, concernant les aléas côtiers et les caractéristiques géomorphologiques du trait de côte, il ressort de la thèse que le trait de côte constitue un facteur de charges récurrentes pour les communes littorales. Un long trait de côte est associé à des dépenses de fonctionnement par habitant plus élevées, notamment en frais de personnel et en achats et charges externes. À longueur de trait de côte constant, les achats et charges externes augmentent avec la proportion du littoral en érosion, tandis que les frais de personnel augmentent avec la part artificialisée du trait de côte (c'est-à-dire, selon le Cerema, le trait de côte aménagé par la présence d'ouvrages littoraux). Concernant l'aléa de submersion marine (mesuré par la part des superficies en zones basses dans la superficie communale), les travaux ne concluent pas à une relation robuste avec les dépenses des communes littorales.

Au final, tout en contrôlant les effets des facteurs de dépenses communales déjà mis en évidence dans la littérature, cette thèse démontre le rôle spécifique que jouent, dans la compréhension des dépenses des communes littorales, l'artificialisation des sols, la densité démographique, l'érosion côtière et la longueur du trait de côte. Les résultats de cette thèse fournissent ainsi un argument supplémentaire aux politiques publiques de maîtrise de l'artificialisation des sols et d'adaptation aux aléas côtiers.

**Mots-clés :** Communes littorales, finances locales, artificialisation des sols, trait de côte, érosion, submersion marine.

## Table des matières

Remerciements.....	4
Résumé .....	6
Table des matières.....	8
Liste des tableaux .....	11
Liste des figures .....	12
Liste des tableaux en annexe .....	13
Liste des figures en annexe .....	14
Introduction générale.....	15
<b>Chapter 1: The impacts of land take and urban sprawl in French coastal municipalities on local public expenditures .....</b>	<b>21</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>21</b>
<b>2. Data and methodology .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Data description.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Empirical strategy: a semiparametric random effect model.....</b>	<b>27</b>
<b>3. Results of estimations .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. The linear model.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. The non-linear model.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3. Robustness check: strict exogeneity.....</b>	<b>35</b>
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>39</b>
Appendix for chapter 1 .....	40
Appendix 1: Supplementary information on the Moran index .....	40
Appendix 2: Estimation results with full variables: The linear model .....	44
Appendix 3: Estimation results with full variables: The non-linear model .....	47
<b>Chapitre 2 : Les communes littorales sont-elles, plus que les autres, incitées à densifier leur territoire ? Une approche par la décomposition d’Oaxaca-Blinder .....</b>	<b>50</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>50</b>
<b>2. Stratégie empirique .....</b>	<b>52</b>

2.1.	La décomposition d'Oaxaca-Blinder .....	53
2.2.	Données.....	57
2.3.	Méthodologie économétrique .....	59
3.	Résultats .....	61
3.1.	Régressions des dépenses par habitant pour les communes littorales et les communes non-littorales .....	61
3.2.	Résultats de la décomposition d'Oaxaca-Blinder appliquée aux communes littorales ...	64
3.3.	Analyses de robustesse .....	69
4.	Conclusion.....	77
Annexes du chapitre 2.....		78
Annexe 1 : Le modèle de demande.....		78
Annexe 2 : Régressions variables instrumentales (fonctionnement et investissement), contrôles complets.....		81
Annexe 3 : Synthèse des tests de robustesse.....		88
Annexe 4 : Résultats des régressions et décompositions quantiles.....		94
<b>Chapitre 3 : Les aléas côtiers constituent-ils des facteurs de charges pour les communes littorales ?</b>		
.....		104
1.	Introduction .....	104
2.	Le rôle des collectivités locales dans la stratégie française d'adaptation aux évolutions du littoral .....	106
2.1.	La nature des mesures d'adaptation.....	106
2.2.	L'adaptation aux aléas côtiers : un bien public local ? .....	107
2.3.	Contexte français de l'adaptation aux aléas côtiers .....	111
3.	Estimation de l'incidence des aléas littoraux sur les dépenses communales.....	116
3.1.	Hypothèses sur les effets des aléas et des caractéristiques du trait de côte sur les dépenses communales.....	119
3.2.	Données et stratégie empirique .....	121
4.	Résultats et discussions .....	139
4.1.	Des effets différenciés entre communes de montagne et communes littorales touristiques	

4.2. La longueur et la nature du trait de côte comme facteurs explicatifs des dépenses de fonctionnement .....	143
4.3. Les dépenses intercommunales sont également affectées par la nature du trait de côte 146	
4.4. Un long trait de côte est associé à un surplus de dépenses en frais de personnel et achats et charges externes ( <i>Résultat H2</i> ) .....	148
4.5. Les dépenses induites par l'érosion des côtes sont significatives ( <i>Résultat H1</i> ), quand l'exposition à la submersion marine n'a pas d'impact budgétaire .....	152
4.6. Suggestions pour les futurs travaux.....	162
5. Conclusion et implications de politiques publiques.....	162
Annexes du chapitre 3.....	165
Annexe 1 : Liens entre l'exposition aux zones basses, la nature et l'évolution du trait de côte	165
Annexe 2 : Régressions supplémentaires.....	168
Conclusion générale .....	173
1. Principales conclusions de la thèse.....	173
2. Limites et perspectives .....	176
Références .....	178

## Liste des tableaux

Tableau 1: Summary statistics of population density and urban sprawl variables .....	26
Tableau 2: The linear REWB model (Main variables), 2013-2018.....	31
Tableau 3: Statistiques descriptives.....	60
Tableau 4: Régressions par la méthode des variables instrumentales .....	63
Tableau 5 : Décompositions agrégée détaillée des écarts de dépenses de fonctionnement.....	67
Tableau 6: Décompositions agrégée et détaillée des écarts de dépenses d'investissement.....	68
Tableau 7: Attributs d'un bien public évalués pour les diverses stratégies d'adaptation aux aléas côtiers	110
Tableau 8: Moyenne de la longueur des types de trait de côte selon les clusters, en km.....	124
Tableau 9: Régressions des dépenses de fonctionnement .....	141
Tableau 10: Régressions des dépenses d'investissement par habitant .....	142
Tableau 11: Régressions des dépenses de fonctionnement et d'investissement, selon la longueur et nature du trait de côte .....	145
Tableau 12: Régressions des dépenses consolidées du bloc communes et EPCI.....	147
Tableau 13: Régressions des dépenses par nature par habitant (communes métropolitaines) .....	149
Tableau 14: Régressions des dépenses par nature par habitant (communes littorales) .....	150
Tableau 15: Recul du trait de côte (dépenses de fonctionnement) .....	154
Tableau 16: Recul du trait de côte (dépenses d'investissement).....	156
Tableau 17: Ampleur des zones basses (dépenses de fonctionnement) .....	158
Tableau 18: Ampleur des zones basses (dépenses d'investissement) .....	160

## Liste des figures

Figure 1. Partial effect of the dimensions of urban sprawl on the municipalities' current expenditures (left column) and capital expenditures (right column). Confidence bands at 95%.....	36
Figure 2. Décomposition (agrégée) de l'écart de dépenses de fonctionnement/habitant entre communes littorales et non-littorales, selon les déciles.....	72
Figure 3. Décomposition (agrégée) de l'écart de dépenses d'investissement/habitant entre communes littorales et non-littorales, selon les déciles.....	73
Figure 4. Contribution de la densité et du revenu moyen à l'effet de structure des dépenses de fonctionnement, selon les déciles.....	74
Figure 5. Contribution des densités de résidences secondaires et autres hébergements touristiques à l'effet de composition des dépenses de fonctionnement, selon les déciles.....	75
Figure 6. Contribution de la densité et du revenu moyen à l'effet de structure des dépenses d'investissement, selon les déciles.....	76
Figure 7. Contribution des densités de résidences secondaires et autres hébergements touristiques à l'effet de composition des dépenses d'investissement, selon les déciles.....	77
Figure 8. La gouvernance de la gestion du trait de côte.....	116
Figure 9. Histogramme de la longueur du trait de côte.....	123
Figure 10. Partitionnement des communes littorales d'après la longueur et la nature du trait de côte.....	124
Figure 11. Nature du trait de côte des communes du cluster 1.....	127
Figure 12. Nature du trait de côte des communes du cluster 2.....	128
Figure 13. Nature du trait de côte des communes du cluster 3.....	129
Figure 14. Evolution du trait de côte selon les groupes de communes identifiés supra.....	131
Figure 15. Evolution du trait de côte (observable) selon les groupes de communes identifiés supra.....	132
Figure 16. Distribution statistique des zones basses, en part de la superficie communale.....	133
Figure 17. Etendue des zones basses sur les côtes du Nord et du Pas-de-Calais.....	134
Figure 18. Etendue des zones basses sur les côtes méditerranéennes : cas des communes camarguaises.....	136

## Liste des tableaux en annexe

Tableau A. 1: Linear REWB model (full set of variables), 2013-2018.....	44
Tableau A. 2: Non-linear REWB model (parametric part, full set of variables), 2013-2018 .....	47
Tableau A. 3 : Régressions variables instrumentales (fonctionnement et investissement), contrôles complets .....	82
Tableau A. 4: Décomposition détaillée des écarts de dépenses de fonctionnement, contrôles complets....	84
Tableau A. 5 : Décomposition détaillée de l'effet de composition de dépenses d'investissement, contrôles complets .....	86
Tableau A. 6: Synthèse des tests de robustesse.....	89
Tableau A. 7: Régressions de première étape des variables instrumentales.....	91
Tableau A. 8: Régressions quantiles inconditionnelles : Coefficients estimés pour les dépenses de fonctionnement.....	94
Tableau A. 9: Régressions quantiles inconditionnelles : Coefficients estimés pour les dépenses d'investissement .....	95
Tableau A. 10 : Décomposition détaillée de l'effet de structure, dépenses de fonctionnement, avec les intervalles de confiance .....	100
Tableau A. 11: Décomposition détaillée de l'effet de composition, dépenses de fonctionnement, avec les intervalles de confiance .....	101
Tableau A. 12 : Décomposition détaillée de l'effet de structure, dépenses d'investissement, avec les intervalles de confiance .....	102
Tableau A. 13 : Décomposition détaillée de l'effet de composition, dépenses d'investissement, avec les intervalles de confiance .....	103
Tableau A. 14: Matrice de corrélation de Pearson entre les niveaux de sévérité de l'érosion du trait de côte (longueur en mètres) et l'étendue des zones basses (superficie en m <sup>2</sup> ).....	167
Tableau A. 15: Matrice de corrélation de Spearman entre les niveaux de sévérité de l'érosion du trait de côte (longueur en mètres) et l'étendue des zones basses (superficie en m <sup>2</sup> ) .....	167
Tableau A. 16: Régression des dépenses d'équipement et des frais de personnel avec et sans le contrôle par la base permanente des équipements.....	168
Tableau A. 17: Régression des achats et charges externes et des dépenses d'intervention avec et sans le contrôle par la base permanente des équipements.....	170
Tableau A. 18: Achats et charges externes et dépenses d'intervention sur l'aléa érosion .....	172

## Liste des figures en annexe

Figure A. 1. New land development pattern in the municipalities of Brest Métropole (the EPCI of Brest) .....	41
Figure A. 2. New land development pattern in the municipalities of Communauté d'agglomération Sophia Antipolis (the EPCI of Antibes) .....	42
Figure A. 3. New land development pattern in the municipalities of Communauté de communes Médoc Atlantique (the EPCI of Lacanau) .....	43
Figure A. 4: Distribution conditionnelle des résidus des régressions sur les échantillons des communes littorales et non-littorales : Test d'ignorabilité du traitement « être une commune littorale » .....	93
Figure A. 5. Impacts de la densité démographique et du revenu moyen sur les dépenses de fonctionnement (par habitant), selon les déciles .....	96
Figure A. 6. Impacts de la densité démographique et du revenu moyen sur les dépenses d'investissement (par habitant), selon les déciles .....	97
Figure A. 7. Contribution de quelques variables clés aux effets de structure et de composition des dépenses de fonctionnement, selon les déciles .....	98
Figure A. 8. Contribution de quelques variables clés aux effets de structure et de composition des dépenses d'investissement, selon les déciles .....	99
Figure A. 9. Box-plot des zones basses, en part de la superficie communale, selon les clusters de communes .....	165
Figure A. 10. Etendue des zones basses associée à la sévérité de l'érosion : cas de Soulac-sur-Mer (33154) .....	166

# Introduction générale

Le littoral français est un espace de vie et de loisirs mais aussi un territoire d'activités économiques. Il est donc soumis aux tensions induites par la concentration croissante des populations et la concurrence des activités sur un espace aux possibilités d'urbanisation limitées, notamment par la loi « Littoral »<sup>1</sup>. Les communes littorales accueillent plus de 10% de la population alors qu'elles ne représentent que 4% du territoire métropolitain<sup>2</sup>. L'haliotropisme dont elles témoignent résiste aux aléas spécifiques auxquels elles font face (érosion côtière<sup>3</sup> et submersion marine, exacerbées par le changement climatique), étant donné qu'elles accueillent l'essentiel des nouvelles artificialisations des terres<sup>4</sup> alors que 12% de leur superficie est en zones basses<sup>5</sup> et 25% du trait de côte est en recul<sup>6</sup>.

De nombreuses dimensions de l'attractivité du littoral telles que l'urbanisation et l'artificialisation des sols (Le Berre, 2017, 2021; Pioch, 2021; Poupard, 2017; Robert, 2016; Zaninetti, 2006) et la valorisation des aménités côtières sur les marchés fonciers (Dachary-Bernard et al., 2011; Grandclement & Boulay, 2015) ont d'ores-et-déjà été étudiées, de même que les stratégies d'aménagement à y mener face à l'ampleur grandissante des aléas côtiers (Chambre régionale des comptes, Pays de la Loire, 2024; Guéguen & Renard, 2017; La Fabrique Ecologique, 2020; Meur-Ferec, 2021; Rey-Valette et al., 2018; Rocle et al., 2021). Cependant, à notre connaissance, le littoral français a suscité peu de travaux en termes d'économie publique locale ou de finances locales.

Les travaux de La Banque Postale (2017) offrent certes un atlas d'indicateurs financiers des communes littorales et de leurs homologues comparables par strates démographiques. Ils montrent qu'en moyenne, les communes littorales disposent de recettes par habitant plus élevées, mais que ce gain relatif peut être absorbé en partie par des dépenses par habitant aussi plus élevées. En effet, les communes littorales affichent en moyenne des dépenses par habitant supérieures de 20% aux autres communes de la même strate

---

<sup>1</sup> La Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral dite "loi littoral, identifie trois catégories de communes littorales maritimes selon le motif de leur classement : les communes riveraines de la mer ou d'un océan, les communes riveraines d'un étang salé, et les communes situées sur un estuaire en aval de la limite transversale de la mer. Seules les (825) communes littorales maritimes riveraines de la mer ou d'un océan ont été étudiées pendant cette thèse et sont les seules désignées par la notion de « communes littorales » sauf mention contraire.

<sup>2</sup> (Commissariat général au développement durable - CGDD, 2017a; Observatoire national de la mer et du littoral ONML, 2008)

<sup>3</sup> Recul du trait de côte.

<sup>4</sup> La notion d'artificialisation des sols renvoie aux changements d'usage des sols dans le but d'implanter des activités humaines autres que la production agricole, la foresterie ou la conservation d'espace naturels (habitations, activités commerciales ou industrielles, équipements culturels ou sportifs, infrastructures de transport, etc.). Les territoires littoraux et les périphéries des grandes agglomérations accueillent l'essentiel des nouvelles artificialisations des sols entre 2009 et 2019. A l'échelle métropolitaine, 20% des communes sont responsables de plus de 80% de ces artificialisations (CDC Biodiversité & Humanité et Biodiversité, 2021).

<sup>5</sup> Zones topographiques situées sous le niveau centennal de la mer. Plus de 13% des zones basses des communes littorales sont artificialisées (Observatoire national de la mer et du littoral ONML, 2012).

<sup>6</sup> En France métropolitaine (Hédou et al., 2018; Rocle et al., 2021).

démographique, cet écart étant plus important entre les communes de moins de 1 000 habitants et plus faible, voire non significatif, entre les communes de plus de 10 000 habitants. Seuls les travaux de Grandclement & Boulay (2015) constituent une analyse fine des finances locales des communes littorales. Ils s'intéressent à la résidentialisation des ressources fiscales des communes littorales méditerranéennes<sup>7</sup>, définie comme la croissance de la part des impôts résidentiels dans le produit total. Ils montrent que sur les périodes 2002-2003 et 2009-2010 la majorité des communes étudiées ont connu une hausse de la résidentialisation de leurs ressources fiscales, du fait de l'appréciation de leurs bases fiscales (pour les communes situées entre les grandes aires urbaines et en périphérie des aires urbaines moyennes), ou d'une hausse des taux d'imposition (pour les communes dont la résidentialisation avait déjà atteint à un niveau avancé). Les communes telles que Marseille, Nice, Toulon ou encore Narbonne présentent un ralentissement de leur résidentialisation. Ces résultats sont intéressants pour donner une première caractérisation des finances des communes littorales sous l'angle de leurs ressources, mais ils s'avèrent toutefois peu généralisables, principalement parce qu'en dehors du pourtour méditerranéen, nombre de communes littorales ne sont pas ou peu résidentialisées. De plus, d'autres dimensions mériteraient d'être étudiées, du fait des charges particulières que supportent les communes littorales en raison du dimensionnement des équipements publics liés au tourisme, et du fait des coûts d'adaptation aux aléas côtiers qui pourraient compenser les ressources fiscales tirées de l'attractivité. Il convient, dès lors, d'étudier l'incidence de ces spécificités du littoral sur l'autre composante du budget des communes, à savoir leurs dépenses.

Les travaux effectués dans le cadre de cette thèse adoptent les enseignements de l'analyse microéconomique des dépenses communales, qui s'appuie sur le modèle de demande de biens et services publics locaux par « l'électeur médian ». Ce référentiel renvoie à la théorie de l'électeur médian (Black, 1948) qui s'inscrit dans un cadre de démocratie locale et repose sur l'idée selon laquelle l'électeur décisif a la capacité d'influencer les choix de dépenses publiques (Barr & Davis, 1966; Holcombe, 1989). C'est l'un des modèles les plus privilégiés de la littérature<sup>8</sup> (Baudry et al., 2002; Cavalieri et al., 2019; Ida & Ono, 2019; Solé-Ollé & Bosch, 2005; Werck et al., 2008) et, depuis les travaux de Guengant et al. (1995) et Guengant (1998), il est fréquemment au cœur des modèles des dépenses locales en France (Binet et al., 2010; Choumert, 2010; Koumba, 2010; Leprince & Pourieux, 2018). Ainsi, Gilbert & Guengant (2004) et Guengant (1998) estiment un indice de charges communales synthétisant les coûts de production des services publics des communes en intégrant des variables telles que la superficie, la longueur de la voirie ou encore la localisation en zone

---

<sup>7</sup> Afin d'intégrer l'ensemble des aires urbaines littorales ainsi que leurs couronnes rétro-littorale, les auteurs considèrent toutes les communes comprises dans une bande de 60km de profondeur le long de la façade méditerranéenne (hors Corse).

<sup>8</sup> D'autres approches incluent le modèle du « Léviathan » ou du bureaucrate (Borcherding, 1985; Brennan & Buchanan, 1980; Moe, 1997; Niskanen, 1971) dans lesquels le niveau de dépenses publiques locales se détermine indépendamment des caractéristiques de l'électeur médian. Le lecteur pourra se référer aux travaux de Baudry et al. (2002) ou Le Maux (2007) pour une comparaison des modèles concurrents.

de montagne. Cependant, à notre connaissance, aucune étude ne se concentre sur les spécificités des dépenses des communes littorales. L'origine d'une telle lacune est sans doute à chercher en partie dans les politiques de péréquation financière menées en France, en particulier à l'aide de la dotation globale de fonctionnement (DGF). La liste des critères mobilisés par l'Etat pour répartir la DGF entre les communes ne comprend en effet aucune caractéristique renseignant la situation spécifique des communes littorales. C'est pour remédier à cet état des lieux que cette thèse a été conçue. Plus précisément, la présente thèse contribue à une meilleure connaissance des déterminants des dépenses des communes littorales en évaluant empiriquement, à l'aide d'estimations économétriques, l'incidence sur les dépenses locales de trois spécificités du littoral. Il s'agit (1) de la dynamique d'étalement urbain et l'artificialisation des sols qu'elle génère, (2) de la densité démographique, et (3) de l'exposition aux aléas côtiers, d'érosion et de submersion. Chacune de ces spécificités fait l'objet d'un chapitre<sup>9</sup>.

Le premier chapitre quantifie l'impact de l'étalement urbain sur les dépenses des communes littorales. Le littoral considéré dans ce chapitre comprend les communes classées en 2019 en « loi Littoral » en raison de leur façade maritime. Du fait de leur forte attractivité, ces territoires présentent un degré d'urbanisation élevé. Comme en témoigne la dynamique d'artificialisation sur la dernière décennie, cette tendance se maintient et, du fait des tensions foncières (raréfaction et prix élevés) en bord de mer, s'étend progressivement aux communes de l'arrière-pays proche. La littérature en économie régionale s'est intéressée aux effets économiques de l'étalement urbain, toutefois sans consensus quant aux effets sur les dépenses publiques locales du fait du caractère pluridimensionnel de ce phénomène (Galster et al., 2001; Guelton & Navarre, 2010; Steurer & Bayr, 2020). Ce chapitre s'intéresse particulièrement à quatre dimensions de l'étalement urbain marquées sur le littoral : la part artificialisée du territoire communal (qui est un proxy du degré d'urbanisation), le taux de croissance de l'artificialisation (qui mesure la vitesse à laquelle l'urbanisation s'étend), la « nucléarité » de l'occupation résidentielle à l'intérieur de la commune (qui mesure la contribution du nombre et de la prépondérance des pôles résidentiels à la densité infra-communale), et le regroupement spatial des nouvelles artificialisations des sols (qui mesure le caractère polarisé ou spatialement dispersé des nouvelles consommations d'espace). Les estimations sont menées à l'aide de régressions économétriques sur des données de panel (permettant d'observer plusieurs communes à plusieurs dates) pour la période 2013-2018. Cette période permet d'étudier les communes littorales sur un mandat municipal complet (6 ans) et représente les observations les plus récentes disponibles à la date à laquelle les travaux de la thèse ont été entamés. Compte tenu de l'étalement urbain progressif vers l'arrière-pays proche et du partage de compétences en matière d'aménagement entre les communes et leur intercommunalité à fiscalité propre, les estimations incluent l'ensemble des communes des EPCI<sup>10</sup> littoraux.

---

<sup>9</sup> Le choix a été fait de ne pas présenter en introduction générale les principaux résultats obtenus dans chacun des chapitres. Le lecteur intéressé peut cependant se référer à la conclusion générale, qui fournit une synthèse des principaux résultats obtenus.

<sup>10</sup> Etablissement public de coopération intercommunale.

Toutes les données mobilisées sont disponibles publiquement et comprennent les données du Ministère de l'intérieur (Direction générale des collectivités locales, DGCL : pour les données de dépenses), de l'INSEE<sup>11</sup> (pour les données sociodémographiques) ainsi que les données du Cerema<sup>12</sup> mesurant l'artificialisation des sols à partir des fichiers fonciers.

Le second chapitre s'intéresse à la contribution de la densité à l'écart de dépenses entre les communes littorales et les autres communes. En effet, si une hausse de la densité permettrait de réduire la dynamique d'artificialisation des sols, elle exerce également une incidence sur le niveau des dépenses locales (Breuillé et al., 2019; Carruthers & Ulfarsson, 2003; Goodman, 2019; Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010; Ihlanfeldt & Willardsen, 2018; Ladd, 1992). Les communes littorales, qui ont un taux d'artificialisation des sols plus de deux fois supérieur à la moyenne des autres communes (Commissariat général au développement durable - CGDD, 2017a), ont une densité nette<sup>13</sup> 14% plus élevée et des dépenses par habitant plus 20% plus élevées. Il convient ainsi d'évaluer le rôle joué par la densité dans l'écart de dépenses entre les communes littorales et les autres communes. En d'autres termes, ce chapitre vise à répondre aux questions : forte densité démographique sur le littoral conduit-elle à une hausse ou à une baisse des dépenses par habitant des communes ? Si elle conduit à une hausse des dépenses, est-elle à l'origine de tout ou partie du surplus de dépenses supporté par les communes littorales, relativement aux autres communes ? Si elle conduit, au contraire, à une baisse des dépenses, quels facteurs justifient le niveau élevé de dépenses par habitant des communes littorales comparativement à celui des autres communes ? Pour ce faire, le chapitre recourt à la méthode de décomposition d'Oaxaca-Blinder (Blinder, 1973; R. Oaxaca, 1973) qui, partant de l'écart de dépenses par habitant observé entre les communes littorales et les autres communes, permet d'en identifier deux sources potentielles : une différence de caractéristiques entre les deux groupes de communes (*effet de composition*) et une différence d'incidence de ces caractéristiques sur les dépenses (*effet de structure*). Les estimations sont menées sur l'ensemble des communes de France métropolitaine pour l'année 2019.

Le troisième et dernier chapitre s'intéresse aux aléas côtiers comme facteurs de dépenses de communes littorales. Dès lors que les aléas côtiers menacent la sécurité des personnes et la pérennité des biens et services publics, les mesures d'adaptation visant à en minimiser les impacts (mesures de protection, d'accommodation, de repli et d'évitement) sont considérées par divers auteurs comme des biens publics locaux selon leur caractère non-rival et leur degré d'exclusion (Bisaro et al., 2020; Bisaro & Hinkel, 2018; Kok et al., 2021; Mullin et al., 2019; Tompkins & Eakin, 2012; Woodruff et al., 2020). Le changement climatique et la hausse du niveau de la mer auront une incidence certaine sur l'exposition des territoires

---

<sup>11</sup> Institut national de la statistique et des études économiques.

<sup>12</sup> Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement du Ministère de transition écologique (Cerema, 2020a).

<sup>13</sup> Rapportant la population résidente à la superficie artificialisée (Breuillé et al., 2019), soit 1 383 hab./km<sup>2</sup> artificialisés. Considérant la densité brute, elles sont 2,5 fois plus denses que la moyenne nationale, soit 241 hab./km<sup>2</sup> (Le Berre, 2017)

littoraux et la sévérité des aléas, ainsi que sur le montant des dépenses publiques d'adaptation. Toutefois, compte tenu de l'absence en France d'un suivi comptable homogène, entre autres, l'évaluation des dépenses nécessaires à l'adaptation aux aléas côtiers s'accompagne de fortes incertitudes, rendant complexes les projections des besoins futurs. L'objectif de ce chapitre est d'explorer une autre voie que l'approche comptable. Il s'agit d'estimer la corrélation entre, d'une part, l'ampleur et la sévérité des aléas côtiers (érosion et submersion marine) et, d'autre part, le montant des dépenses communales par habitant.

Le chapitre mobilise le modèle de dépenses présenté *supra* afin de contrôler les facteurs de dépenses d'ordres sociodémographiques, urbains et politiques au sein des communes littorales et non-littorales, et intègre des indicateurs de l'ampleur (part du trait de côte en érosion et part du territoire communal en zones basses) et de la sévérité (taux d'évolution du trait de côte et altitude des zones basses) des aléas. Ces indicateurs s'appuient sur des traitements effectués par le Cerema en 2021, à notre demande, permettant d'observer les aléas et les caractéristiques géomorphologiques du trait de côte (longueur et nature) à l'échelle infranationale. Si divers travaux ont été menés sur l'impact des catastrophes naturelles sur les budgets des collectivités locales à partir d'estimations économétriques (Afonso et al., 2024; Capuno et al., 2024; Jerch et al., 2023; Masiero & Santarossa, 2019; Miao et al., 2018, 2020; Morvan, 2022; Morvan & Paty, 2024; Noy & Nualsri, 2011; Panwar & Sen, 2020; Shi & Sun, 2021), ce chapitre constitue, à notre connaissance, la première étude systématique portant sur les impacts des aléas côtiers sur les dépenses des communes littorales en France. Plus particulièrement, après une analyse exploratoire des données sur la géomorphologie du trait de côte et les aléas côtiers, nous estimons les effets de ces variables sur les dépenses du bloc communal (communes et EPCI) à travers deux hypothèses.

La première hypothèse (*H1*) de ce chapitre est que les dépenses en faveur de l'adaptation côtière représentent des charges récurrentes pour le bloc communal. En effet, bien qu'il existe des dispositifs de prise en charge partielle des mesures d'adaptation face aux aléas côtiers<sup>14</sup>, le reste à charge supporté par les communes et leurs groupements peut s'avérer important au point où, toutes choses égales par ailleurs, leurs dépenses excèdent la moyenne nationale. Si tel est le cas, l'hypothèse *H1* serait confirmée et il conviendrait pour le législateur d'intégrer à la liste des critères de charges de fonctionnement des dimensions telles que l'exposition aux aléas côtiers. La seconde hypothèse (*H2*) stipule qu'il existe une relation de complémentarité entre les aménités littorales et certains services publics locaux. Par analogie avec la longueur de la voirie considérée comme facteur de charges communales, une complémentarité serait mise en évidence par une relation positive entre les facteurs d'aménités littorales (telles que la longueur du trait de côte) et les dépenses communales. Par exemple, une marina accueillant des logements, des commerces,

---

<sup>14</sup> Dans le cadre de l'adaptation à l'aléa de submersion marine, le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) dit « fonds Barnier » subventionne jusqu'à 50% le coût des études et entre 25% et 40% le coût des travaux menés. Toutefois, il ne couvre pas systématiquement le cas de l'aléa d'érosion côtière.

des activités récréatives, ou encore un sentier de promenade côtière, nécessiterait des dépenses d'aménagement (dans certains cas, en plus des aménagements réalisés en centre-ville).

# Chapter 1:

## The impacts of land take and urban sprawl in French coastal municipalities on local public expenditures<sup>15</sup>

### 1. Introduction

Urban sprawl can be defined as the spatial growth of cities that implies transforming natural, semi-natural and agricultural lands into artificial ones to satisfy the needs of urban features (housing, roads, leisure facilities or other infrastructures). Land take caused by the recent trends of urbanization all over the world is proven to have several environmental impacts going from destruction of natural habitats, decreasing carbon sequestration, increasing risks of flood, to the overall acceleration of climate change (CDC Biodiversité & Humanité et Biodiversité, 2021). France is one of the most urbanized countries in Europe, with 5.5% of artificial lands<sup>16</sup>(Fosse et al., 2019) and most of the land take in the last decade has occurred in the periphery of major cities and in coastal areas (Bocquet & Cavailhès, 2020; Cerema, 2020a).

Public policies in France started promoting compact urban development about 20 years ago (SRU law<sup>17</sup>), yet it is with the growing climatic concerns of the recent 5 years that they have been more focused toward tackling land take (ZAN target<sup>18</sup>). While sprawl is known to have several economic effects, such as increasing commuting costs, segregation and increasing quality of life for some part of the population (Glaeser & Kahn, 2004), not all of those effects are mentioned in the public debate in France. It is the environmental impacts of sprawl that are the most established, overlooking other economic dimensions such as the induced costs of infrastructures. In the French decentralized context of land policies, a clearer understanding of the impacts of sprawl on the local budgets would contribute in tackling the issue more effectively as some mitigating policies struggled to gain validation by some local authorities. Moreover, the existing literature did not reach a consensus regarding the effects of urban sprawl on local public expenditures.

While most research find that densification reduces local public expenditures thanks to economies of density (Breuillé et al., 2019; Carruthers & Ulfarsson, 2003; Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010; Ihlanfeldt & Willardsen, 2018), others concluded in an increasing effect due to the harshness of urban environments (Goodman, 2019; Ladd, 1992). Two main reasons justify these opposing results. First, the two effects may

---

<sup>15</sup> A previous version of this work has been presented at the ASRDLF (Association des science régionale de langue française (ASRDLF, 2022, Rennes)) 2022 conference in Rennes.

<sup>16</sup> The European average being 4%, as measure by CORINE Land Cover data (Fosse et al., 2019).

<sup>17</sup> Loi 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains (1), 2000.

<sup>18</sup> Zero net artificial land target (*objectif zero artificialisation nette, plan biodiversité*)

coexist and stand out depending on the case study, i.e. the year of observation or the geography of the studied area (Ihlanfeldt & Willardsen, 2018).

Second, the results may vary depending on the measurements of sprawl considered. In fact, there is no consensus on the measurement of urban sprawl (Guelton & Navarre, 2010; Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010) and different indicators may actually seize different dimensions of the phenomenon (Steurer & Bayr, 2020). Since an increase in population density contributes in mitigating the spatial growth of urban lands, the two indicators are often interchangeably used to measure sprawl (e.g. Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010 measuring urban sprawl as the inverse of population density). This choice is nevertheless limiting given that these two indicators measure two distinct aspects of urban sprawl: population density is a “vertical” measure (in a given spatial point), while the share of artificial land is a “horizontal” measure (the spatial extent of the phenomenon) (Goodman, 2019). In addition, restricting the measure of urban sprawl to these indicators fails to account for the other dimensions of the phenomenon such as continuity, nuclearity, clustering, mixed uses (Galster et al., 2001)<sup>19</sup> and their evolution over time.

The aim of this chapter is to assess the impacts of urban sprawl on local public expenditures, focusing on a panel of French coastal municipalities (2013-2018). Although several works were dedicated to the patterns of urbanization in French coastal territories (Dachary-Bernard et al., 2011; Grandclement, 2020; Grandclement & Boulay, 2015; Le Berre, 2017; Pioch, 2021; Robert, 2016; Robert et al., 2019), very few of them have considered the economic impacts on local public governments<sup>20</sup>. Furthermore, among the studies that assessed the impacts of urbanization on local public expenditures (Breuillé et al., 2019; Guelton & Navarre, 2010) none of them considered explicitly the case of coastal areas, even though they experience the most land transformation. The present chapter thus contributes by bridging the gap between these two fields of the literature. In addition, the dataset collected allows for the measurement of the following dimensions of urban sprawl, in addition to the average population density: (i) the share of artificial land, (ii) the growth rate of new land developments (dynamic feature), (iii) the distribution of population density within the municipalities (nuclearity), and (iv) the (lack of) clustering of new land developments. Since residential settlement and land take may occur in the close hinterland of coastal municipalities, the sample does not consist only of coastal municipalities but is extended to include also the neighbouring non-coastal municipalities that cooperate<sup>21</sup> for economic development, local public service provision and land use and zoning policies.

---

<sup>19</sup> (Galster et al., 2001, p.685) define sprawl as “a pattern of land use in an urbanized area that exhibits low levels of some or combination of eight distinct dimensions: density, continuity, concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses, and proximity”. From these dimensions, we will consider density, clustering and nuclearity.

<sup>20</sup> For example, Grandclement & Boulay (2015) find that urbanization in coastal territories increases the financial resources of local authorities through both a tax rate effect and a tax base effect.

<sup>21</sup> Inter-municipal cooperation (*Etablissement public de coopération intercommunale, EPCI*) was popularized in the 1990's; today almost all the French municipalities have joined an EPCI.

The rest of the chapter is organized as follows. We review the data and methodology in section 2; the results are presented in the third section 3, while the final section (section 4) concludes with perspectives for further research.

## 2. Data and methodology

### 2.1 Data description

Urban sprawl is a dynamic phenomenon that a single cross-sectional analysis may fail to capture. Therefore, the present study is based on a longitudinal observation of municipalities from 2013 to 2018 (this 6 year timeframe allows to model the expenditures' dynamic, following a full municipal electoral term). Since 2017, almost all French municipalities joined an inter-municipal community (*EPCI, Etablissement de coopération intercommunale*), the role of which is to foster more efficiency in public services provision and economic development (only four municipalities remained isolated). In most cases, land planning strategies are decided at the EPCI's level. Such recentralization of land planning may result in an interdependence of land use dynamic between the municipalities of a given EPCI. For that reason, in addition to coastal municipalities, we integrate all the municipalities that belong to the same EPCI. Thus, our panel comprises the 3 079 municipalities that belong to a coastal EPCI (an EPCI is deemed coastal if at least one municipality from the cooperating group is coastal; there are 128 coastal EPCIs from this definition).

- The explained variables

As the actual costs of local public services are not observed in practice, this study relies on the best proxy available, the per capita expenditures of the municipalities. We distinguish between the two types of expenditure: the current expenditures and the capital expenditures. Current expenditures comprise recurring expenditures such as municipal personnel expenses (salaries), purchases of goods and services necessary for public service operations (e.g. energy, water, office supplies), financial aid (subsidies) provided to associations or other organizations. Capital expenditures are mostly investments in local public equipment and infrastructure (e.g. acquisition of capital assets, public construction or renovation).

- The regressors of interest

To evaluate the effect of urban sprawl on local expenditures, we focus especially on four of its dimensions. Those are (i) the share of artificial land, (ii) the growth rate of new land developments (dynamic feature), (iii) the nuclearity of existing settlements, and (iv) the (lack of) clustering of new land developments.

- (i) The share of artificial land is measured as the ratio of developed land, observed at a given time ( $t$ ), on the total land area of the municipality. Data are from the *Cerema* (French Ministry of Ecological Transition) which, after processing land files, distinguishes between developed

lands and NAF lands (“*naturels, agricoles ou forestiers*”: forests, natural or agricultural lands)<sup>22</sup>. At the municipal level (in France), this data is one of the most reliable source for land use<sup>23</sup>.

- (ii) The growth rate of new land developments tells to what extent the municipality has grown between two dates  $t-1$  and  $t$ . It measures the area of NAF lands in  $(t-1)$  that has been developed in  $t$ , standardized by the developed area in  $t$ . In other words, it indicates the share of newly developed lands in the total area of developed lands.
- (iii) The third dimension of urban sprawl considered is the nuclearity of existing population settlements, measured by a Gini index of population density within municipalities. This dimension is common in the recent literature (Breuillé et al., 2019; Ihlanfeldt & Willardsen, 2018). It informs on the existing urban form within the studied area, by describing if it resembles a monocentric model (Gini close to 1) or a polycentric (Gini close to 0). We calculated the Gini index using gridded data (number of inhabitants per cell of 4ha area) from INSEE (French institute of statistics).
- (iv) The last dimension of urban sprawl considered measures the (lack of) clustering of the new land developments. For that purpose, we calculated a Moran’s index using gridded data from the *Cerema*. These data inform whether, and to what extent, each cell (1km<sup>2</sup> area) of the grid has been converted (from NAF to artificial). Illustration of the gridded data as well as the calculation of Moran’s Index are available in appendix. The higher the positive Moran index, the more clustered are the new land developments. The lower the negative index, the more scattered the new land developments are. Null or non-significant index describe a random spatial distribution of new land developments.

Even though the Moran index is one of the best indicator of spatial clustering, it may not be perfect when it comes to urban sprawl. This is because we would be unable to tell if the (significant) positive index is due to the clustering of land developments or to the clustering of the absence of land development in the rest of the territory. In other words, we cannot tell, in general, which of the “high-high” or the “low-low” values make the Moran index positive (Steurer & Bayr, 2020). In our case, a positive significant Moran’s index for a given municipality would indicate that the new land developments are clustered, maybe as much as the zero-values are. Those zero-values cells may represent either NAF lands that remained untransformed, or already fully artificial lands (e.g. existing buildings). This limitation is not a specific to the present analysis. However, as we use the Moran index to measure one particular

---

<sup>22</sup> <https://datafoncier.cerema.fr/donnees/fichiers-fonciers>

<sup>23</sup> It is even more reliable than CORINE Land Cover. The classification between NAF and urban/artificial land made by the *Cerema* is based on an aggregation of observations made from land plots, while that of CORINE Land Cover stems from satellite pictures and are less reliable for small geographic entities (more suitable for Regions, for example, than for municipalities).

dimension of urban sprawl, which is the spatial pattern of **new land developments** conditionally on the existing urban shape and other dimensions, this issue is minimal.

These dimensions of sprawl are particularly relevant for the case of coastal areas, as the natural amenities they provide drive population density, urbanization and land take through the expected gain in quality of life (Albouy et al., 2016; Smith, 1993; Wu, 2006). This stylized fact is verified from the summary statistics below showing that coastal municipalities in the sample are denser and have a higher share of artificial land on average (**Tableau 1**). The table also shows that new land take develops faster (higher growth rate of artificial land) in the non-coastal municipalities of the coastal EPCI, and are slightly more clustered (Moran Index) than in coastal municipalities over the 2013-2018 period. The values of the Gini are pretty close.

- The control variables

In order to minimize the biases in the estimation of the relationship between the urban sprawl dimensions and the local public expenditures, we should account for the other factors that explain those expenditures. Density influences urban sprawl and we expect both to have an impact on the costs of local public services. Thus, we control for the density of the users of the local public services. In the case of French coastal areas, it makes sense to differentiate the main categories of users of the local public services, as they may express specific demands. We introduce density (number of people per km<sup>2</sup> of artificial land) for resident population, workers, tourists and second-homers respectively<sup>24</sup>. We also account for the age structure of the resident population (INSEE, *Filosofi* database). The next category of control variables reflect the French context of local public finances. Those are the expenditures of inter-municipal communities (EPCI) and the grants received from the central Government (per capita). For the current expenditures, the corresponding grant is *DGF (Dotation Globale de Fonctionnement)* whose purpose is to support operating costs. For the capital expenditures, the considered grant is *FCTVA (Fonds de Compensation de la TVA)* which aim is to support investments. Those data are from the Ministry of Economics and Finance. The average income and “tax share”<sup>25</sup> are introduced, based on the model of demand of local public services (Borcharding & Deacon, 1972; Holcombe, 1989). Finally, following Guengant (1998) the remaining control variables are the road length (source: Ministry of Interior<sup>26</sup>), the share of social housing (source: Ministry of the Interior), and the share of unemployed residents (source: INSEE).

---

<sup>24</sup> Data come from INSEE. The theoretical number of tourists and second-homers is derived from the definition of the French tourism carrying capacity: 2 per hotel room, 3 per camping place and 5 per second-home (Commissariat général au développement durable - CGDD, 2017b).

<sup>25</sup> The “tax share” represents the ratio between the taxable base of the median and the average per capita base of the municipality (Guengant, 1998)

<sup>26</sup> Through its Local Governments Management section (*DGCL, Direction Générale des Collectivités Locales*).

**Tableau 1: Summary statistics of population density and urban sprawl variables**

<b>Pooled data, non-coastal municipalities</b>						
<b>Statistic</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Median</b>	<b>St. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Pop.Density (pop/km <sup>2</sup> )	14,172	1,349.238	1,163.848	762.388	67.349	14,005.920
Artificial Land (%)	14,172	9.395	5.926	11.316	0.070	94.949
Artificial Land	14,172	1.053	0.432	2.247	0.000	55.039
growth rate (%)						
Gini	14,172	0.521	0.525	0.093	0.000	0.794
Moran Index ( <i>raw</i> )	12,382	- 0.024	- 0.034	0.097	- 0.535	0.655
Moran Index ( <i>significant</i> )	12,382	0.012	0.000	0.051	0.000	0.655
<b>Pooled data, coastal municipalities</b>						
<b>Statistic</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Median</b>	<b>St. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Pop.Density (pop/km <sup>2</sup> )	4,146	1,446.710	1,088.889	1,981.241	166.723	93,701.580
Artificial Land (%)	4,146	20.460	14.685	19.213	0.188	100.000
Artificial Land	4,146	0.790	0.405	1.392	0.000	28.850
growth rate (%)						
Gini	4,146	0.534	0.531	0.080	0.148	0.781
Moran Index ( <i>raw</i> )	3,869	- 0.004	- 0.015	0.098	- 0.367	0.522
Moran Index ( <i>significant</i> )	3,869	0.016	0.000	0.057	0.000	0.522
<b>Between data, non-coastal municipalities</b>						
<b>Statistic</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Median</b>	<b>St. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Pop.Density (pop/km <sup>2</sup> )	2,362	1,349.238	1,174.087	721.249	68.058	10,923.120
Artificial Land (%)	2,362	9.395	5.926	11.311	0.070	94.945
Artificial Land	2,362	1.053	0.808	1.011	0.000	9.173
growth rate (%)						
Gini	2,362	0.521	0.525	0.093	0.000	0.794
Moran Index ( <i>raw</i> )	1,589	- 0.015	- 0.017	0.063	- 0.240	0.270
Moran Index ( <i>significant</i> )	1,589	0.014	0.000	0.030	0.000	0.274
<b>Between data, coastal municipalities</b>						
<b>Statistic</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Median</b>	<b>St. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Pop.Density (pop/km <sup>2</sup> )	691	1,446.710	1,094.015	1,336.097	174.340	20,223.710
Artificial Land (%)	691	20.460	14.637	19.206	0.191	100.000
Artificial Land	691	0.790	0.606	0.703	0.000	5.723
growth rate (%)						
Gini	691	0.534	0.531	0.080	0.148	0.781
Moran Index ( <i>raw</i> )	553	0.004	0.006	0.061	- 0.333	0.227
Moran Index ( <i>significant</i> )	553	0.018	0.000	0.031	0.000	0.202

Note: The panel data is unbalanced, i.e. several municipalities have missing data in some years. The summary statistics from the pooled data reflect the global distribution, while the between summary statistics are calculated after averaging the variables at the municipal level. Only the variables related to urban sprawl are presented.

## 2.2 Empirical strategy: a semiparametric random effect model

Our methodology takes full advantage of the longitudinal structure of the data, meaning observing the effect of urban sprawl between municipalities and over time (within). From that perspective, the random effects model that we use has the advantage to provide the same benefits as a fixed effects model (consistent within effects estimate) while also estimating the between effects (cf. paragraph *a*). Moreover, (in the paragraph *b*) we explain why our model also relaxes the linearity assumption of the relationship between the local expenditures and the regressors.

### 2.2.1. The Random Effects model

Assuming a linear specification, the municipal per capita expenditure is expressed as follow:

$$y_{it} = X_{it}\beta + Z_i\gamma + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

where  $X_{it}$  comprises most explanatory variables;  $Z_i$ , the time-invariant ones;  $\eta_i = \alpha + a_i$  with  $a_i$  representing the municipal-specific effects,  $\alpha$  the intercept, and  $\varepsilon_{it}$  the error term.

Given the two-level nature of longitudinal observations (across individuals and across time), studying such data allows answering two research questions at a time. Those are:

- for a given individual  $i$ , how is  $Y$  affected when  $X$  deviates from its average trend (over the studied period)? This is the within effect.
- across individuals, how do different values of  $X$  affect  $Y$ ? This is the between effect.

In the case where the individual effects are correlated with the regressors ( $E(a_i|X_{it}, Z_i) \neq 0$ ), the within effect estimator is preferred as it gets rid of such endogeneity by de-meaning  $X_{it}$ . However, this would not estimate  $\gamma$ , the effect of time-invariant variables  $Z_i$ , as well as the between effect. It is the within effect estimator that is often *wrongly* called “fixed effects” estimator. Wrongly, because the term “fixed effects” originally means that the individual effects  $a_i$  are not drawn from a statistical distribution, but are rather treated as “fixed” dummy variables (Bell et al., 2019).

The random effects<sup>27</sup> class of estimators on the other hand assumes that  $a_i$  follow a normal distribution  $N(0, \sigma_a^2)$ . Although it is implicitly assumed that  $E(a_i|X_{it}, Z_i) = 0$ , random effects estimators can account for this type of endogeneity by introducing the individual average  $\bar{X}_i$  in the specification (Mundlak, 1978). This refinement controls for the correlation between the individual effects ( $a_i$ ) and the explanatory variables

---

<sup>27</sup> Moreover, the class of estimators that assumes random effects also estimates fixed effects coefficients when the effects of some regressors are homogeneous across individuals.

(see eq. (2)), and leaves no  $i$ -level (time-invariant) omitted variables. In that case, the left-over individual effects (noted  $a_i^*$ ) are orthogonal to the explanatory variables ( $E(a_i^*|X_{it}, Z_i) = 0$ )

$$a_i = \bar{X}_i \beta_b + a_i^* \quad (2)$$

Now that the assumption on the individual effects  $a_i^*$  is met for the random effects model, nothing prevents us from accounting for a possible within effect ( $X_{it} - \bar{X}_i$ ). In the end, we obtain the Random Effects model that allows for distinct Within and Between effects (REWB henceforth) developed by Bell et al. (2019):

$$y_{it} = \alpha + (X_{it} - \bar{X}_i) \beta_w + \bar{X}_i \beta_b + Z_i \gamma + (a_i^* + \varepsilon_{it}) \quad (3)$$

where  $\beta_w$  and  $\beta_b$  are respectively the within and between effects.

Our use of the REWB goes beyond the simple sake of answering two research questions (estimating the within and between effects distinctly). The REWB model presents the advantage of being more robust than the usual panel data procedure that chooses between a within or random effects estimator. Indeed, estimating solely a within effect (between effect) whilst the true data generating process—DGP—also has a between effect (within effect) may result in biased conclusions or conceal a Simpson’s paradox (Simpson, 1951). This paradox is described by a situation in which a trend present within a group disappears or is reversed when data are grouped. In our study, that could be the case for example if municipal expenditures increase over time with urban sprawl (within effect), but the municipalities that are the most urbanized on average present lower expenditures (between effect). Omitting the within effect could lead to wrong policy recommendation from the between effect, stating that increasing urban sprawl would reduce the local public expenditures.

In addition, econometricians traditionally use a Hausman test (Hausman, 1978) to decide between using a fixed or random effects model, though in reality it is a test for whether the within and between effects are equal (under the null hypothesis  $H_0$ ) or not<sup>28</sup>. If we fail to reject  $H_0$ , a random effects model should be used:  $\beta_w = \beta_b$ , we are left with equation (1) and the random effect estimate of  $\beta$  is BLUE. Rejecting  $H_0$  on the other hand does not indicate that the within effect is preferred, but rather that the two effects should be estimated distinctly ( $\beta_w \neq \beta_b$ ). Estimating only the within effect through the demeaned explained variable ( $y_{it} - \bar{y}_i$ ), as economists often do, disregards the between effect as well as the  $\gamma$ . Bearing this clarification in mind, the REWB model is a form of decision test that encompasses the Hausman test as it tests whether the between and within effects are equal, and estimates both of them in the case they are different (Bell et al., 2019). The model also provides an estimation for the coefficients ( $\gamma$ ) of the time-invariant variables.

---

<sup>28</sup> See Fielding (2004) for a review on why a traditional Hausman test is not sufficient to decide between a fixed or random effects model.

### 2.2.2. Allowing a flexible functional form

Numerous studies have shown that modelling local public expenditures can require a flexible specification, rather than a linear one. Density of the users of the local public services can affect their costs of provision in a non-linear fashion (Breuillé et al., 2019; Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010; Ladd, 1992). Regarding the dimensions of urban sprawl, Goodman (2019) concluded in the significance of a quadratic effect of the share of urbanized land, while Ihlanfeldt & Willardsen (2018) reached a similar conclusion regarding the distribution of land developments (measured by a Gini index). Hence, we decided to allow a non-linear form for each of the density and urban sprawl variables, and to revert to linearity if the results suggest so.

Non-linear effects are introduced for the within and between estimates for two major reasons. First, since within estimators reflect the effect of deviations from the individual mean, a non-linear relationship can be of interest as it shows how negative deviations differ from positive ones when relevant. In addition, as discussed by Proença et al. (2015) and Proença & Faustino (2015), although the individual means are the best available proxy to model the relationship between  $a_i$  and  $X_{it}$ , there is no economic reason *a priori* for imposing linearity on the relationship thereof. Second, McIntosh & Schlenker (2006) showed using Monte-Carlo simulations that allowing non-linearity (quadratic form in their case) on either the within or the between effect alone resulted in biased estimations. Thus, both the within and the between effects are estimated non-linearly for each variable using generalized additive models (Hastie & Tibshirani, 1987; Wood, 2017). The final estimated equation is:

$$y_{it} = \alpha + \sum_{k=1}^K \{f_w^k(X_{it} - \bar{X}_i) + f_b^k(\bar{X}_i)\} + \sum_{\psi=1}^{\Psi} f_Z^\psi(Z_i) + (a_i^* + \varepsilon_{it}) \quad (4)$$

Where  $f_w^k$  and  $f_b^k$  are penalized spline functions<sup>29</sup> for the within and between effects, respectively, for the  $k = 1, \dots, K$  explanatory variable.  $f_Z^\psi$  captures the non-linear effect of the time-invariant explanatory variables  $Z_i$ .

## 3. Results of estimations

### 3.1. The linear model

Table 2 below<sup>30</sup> presents the results of the linear model for the current and capital expenditures. Only the main variables (the densities and the dimensions of urban sprawl) are presented here, though all estimations include full set of control variables and year fixed-effects. The complete version of the tables are available

---

<sup>29</sup> Spline functions are used to model non-linear regressions using smooth terms, and generalized additive models incorporate linear and non-linear relationships (such as splines) in the same regression (Hastie & Tibshirani, 1987; Wood, 2017).

<sup>30</sup> **Tableau 2.**

in the appendix of the chapter. Robust standard errors (Arellano, 1987) clustered at the municipal level are provided in parentheses.

Estimations show that a higher population density tends to decrease municipal expenditures. For current expenditures, this relationship emerges as a within effect (-0.083), while for capital expenditures it takes the form of a between effect (-0.231). The between effect of population density is statistically non-significant for current expenditures, nor is the within effect on capital expenditures. For current expenditures (recurring expenditures by definition), it is the way population density evolves over time that matters. Considering an average municipality, a 1-percentage-point increase in population density (over its sample mean) induces a 0.083% decrease in current expenditures. Regarding capital expenditures, being 1% denser than the other municipalities results in a 0.231% decrease in expenditures. This indicates, on the one hand, that municipalities with higher population density may expect a lower level of capital expenditures than the others *ceteris paribus* (between effect). On the other hand, municipalities that increase their population density over time benefit from economies of scales in current expenditures (reduction in the within effect). While the within effect measures the effect of an evolution over time of the explanatory variable, the between effect isolates the effect of cross-sectional systematic differences between municipalities (the so call “fixed effects”). Thus, for the between effect of population density, the significance on capital expenditures and non-significance on current expenditures indicates that municipalities with high population density are characterized by unobserved intrinsic features (“fixed effects”) that contribute to a decrease in capital expenditures, with no effect on current expenditures<sup>31</sup>. Such fixed effects may include, for example, the pre-existing stock of equipment and its respective utilization rate. In fact, most public equipment are provided either in anticipation of a potential congestion, or past a certain utilization threshold of the pre-existing stock of equipment. As a result, the costs of provision may not always reflect the current number of users (Guelton & Navarre, 2010; Sauvez, 2002), hence the absence of significant relationship between capital expenditure and the within effect of population density. However, the potential correlation between population density and municipal fixed effects such as the pre-existing stock of equipment may explain the significant between effect on capital expenditure. This distinction would not have been identified in a within-or-between effect dichotomous model, and reveals one of the benefits of the *REWB* model.

Regarding the other users of the local public services, i.e. workers, second-homers and tourists, the impact of their respective density on municipal expenditures is only significant as a between effect<sup>32</sup> for the first two, and it is not significant for tourists.

---

<sup>31</sup> That is, population density is not correlated with unobserved intrinsic features at the municipal level (“fixed effects”) that affect current expenditures.

<sup>32</sup> At the 5% and 1% significance levels.

**Tableau 2: The linear REWB model (Main variables), 2013-2018**

	log(Expenditures per capita)	
	Current	Capital
log(Pop.Density) Within	-0.083*** (0.032)	-0.025 (0.082)
log(Pop.Density) Between	0.019 (0.031)	-0.231*** (0.076)
log(Workers Density) Within	-0.007 (0.013)	-0.158* (0.095)
log(Workers Density) Between	0.206*** (0.018)	0.136*** (0.020)
log(Sec-Homers Density) Within	0.006 (0.009)	0.063 (0.044)
log(Sec-Homers Density) Between	0.112*** (0.008)	0.083*** (0.011)
log(Tourists Density) Within	0.008 (0.007)	-0.025 (0.018)
log(Tourists Density) Between	0.008 (0.005)	-0.008 (0.009)
Dummy(Tourists)	0.030 (0.025)	-0.046 (0.048)
Gini (Pop. Density, infra-municipal)	0.697*** (0.098)	0.258* (0.140)
Artificial land (%) Within	0.006** (0.003)	-0.001 (0.009)
Artificial land (%) Between	0.002*** (0.001)	0.001 (0.001)
Artificial land growth rate (%) Within	0.001 (0.001)	-0.003 (0.003)
Artificial land growth rate (%) Between	0.021*** (0.008)	0.030*** (0.010)
Moran Index Between	0.001 (0.001)	0.010 (0.006)
<i>Controls</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
<i>Year fixed effects</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
Adjusted R <sup>2</sup>	0.644	0.321

---

Note.

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Increasing population's density creates economies of scale, which translates in a reduction of the costs of local public services. In metropolitan or attractive coastal areas, density of resident population, workers, as well as second-homers and tourists may be high. Accounting for each variable in our estimations helps to disentangle their respective effects and identify the effect of population density, which is commonly associated with urban sprawl. Considering urban sprawl *per se*, its effect varies depending on the dimension considered.

The Gini for infra-municipal population density has a positive effect on the current expenditures. For capital expenditures, the effect is only significant at the 10% level. This means that an urban shape characterized by low density almost everywhere within the municipality and a high concentration of population in very few neighbourhoods (city-centre for instance) tends to increase the current expenditures. This result is consistent with Breuillé et al. (2019) who also found a positive effect of the Gini of population on municipal expenditures for the case of the most populous French EPCI. Coupled with the effect of population density (at the municipal level), this effect of the infra-municipal density distribution may seem paradoxical at first glance, but is full of sense. On the one hand, we argue that increasing population density would reduce the per capita expenditures of the municipality; and on the other hand, we find that increasing population density in few specific neighbourhoods within the municipality (i.e. coming close to a mononuclear pattern) would increase those expenditures. This indicates that if population densification should be promoted, the question of “*where* in the municipality this density should be promoted?” remains. The non-linear specification (results discussed below) continues with this interrogation.

The share of artificial land has an increasing effect on the municipal current expenditures, both as a within and a between effect. This dimension of urban sprawl does not significantly affect capital expenditures. Municipalities with a higher share of artificial land have higher current expenditures (between effect); moreover, increasing the share of artificial lands over time (beyond municipal mean) results in an increase in current expenditures (within effect). The between and within effects are respectively 0.2% ( $0.002 \times 100$ ) for 1 additional percentage point and 0.6% ( $0.006 \times 100$ ) for 1 additional percentage point over the municipal mean. This finding is overall consistent with Carruthers & Ulfarsson (2003) who found positive and significant effect of the share of urbanized land on local expenditures.

Taking full advantage of the longitudinal data, we measure the rate at which new lands are developed, i.e. the growth rate of artificial land from the previous year (from NAF in  $t - 1$  to artificial in  $t$ ). This growth rate appears to affect significantly the current and capital expenditures (only through the between effect). Hence, municipalities for which artificial land has grown the fastest experienced an increase in their local expenditures: 2.1% in current expenditures and 3% in capital expenditures, for 1 additional percentage point

in the growth rate. For capital expenditures, the within effect of the share of artificial land does not seem to be significant, yet the (between effect of the) growth rate over the previous year is. This result indicates that beyond the share of artificial land, one other dimension of urban sprawl that can be of interest is the relative prominence of newly developed lands in that share; i.e. how fast is this urbanization occurring. The within effect of the share of artificial land (which measures evolution over the municipal mean) fails to capture such effect.

Finally, our last dimension of urban sprawl is the (lack of) clustering of the new land developments, measured by the Moran index. The effect of the Moran Index on the municipal expenditures (current and capital) is not significant<sup>33</sup>. Our data does not identify the nature of the lands that are not affected by urban transformation (already urban or unchanged NAF lands). In other words, we are only able to tell if new land developments occur close to each other, but are unable to tell if they occur close to NAF or in the continuation of an existing urban fabric. Trying to overcome the shortcoming of this data, we made alternative regressions that included interaction terms between the Moran index of new land developments and the share of artificial land, as well as the growth rate of new land developments. Those interaction terms came non-significant<sup>34</sup>. Further research using finer data should explore that direction since the clustering of new land developments remains understudied.

Our linear estimations show that not all of our dimensions of urban sprawl affect the municipal expenditures. The share of artificial land and the distribution of infra-municipal population density affect the current expenditures. Regarding the development of new lands, while the growth rate affects both the current and capital expenditure, the (lack of) clustering does not. The next subsection provides non-linear estimations in order to investigate further the form of those relationships.

### **3.2. The non-linear model**

Our estimation strategy consists in first estimating non-linear effects for all the explanatory variables, and coming back to linearity for those who meet the linear assumption. Hence, the model comprises linear effects for some variables and non-linear effects for others. A Generalized additive model (Hastie & Tibshirani, 1987) is used here since it allows such semi-parametric estimation. The non-linear effects are estimated through penalized cubic spline regressions, which provide flexible but not overfitted relationships. Results of the parametric part are available in appendix, while those of the non-parametric

---

<sup>33</sup> The within effect is not estimated for the Moran index. Indeed as not all municipalities initiated land take on every date  $t$ , the Moran index is very close to the municipal average, causing high collinearity. Alternative specifications considered the global effect (pooled variable) instead of the between effect, but also resulted in a non-significant effect. Additional specification also considered binary variables controlling for (i) non-significant Moran Index and for (ii) the municipalities that did not initiate any land take over the 2013-2018 period. They did not have a significant effect.

<sup>34</sup> Results are not displayed here but available upon request.

part are presented in the form of bivariate plots (**Figure 1**) displaying the partial effect of the explanatory variables on the municipal expenditures.

Globally, the non-linear model confirms the results of the linear estimations. The clustering of new land developments (measured by the Moran's index) does not affect municipal expenditures; the growth rate of new land developments has an increasing effect on the current and capital expenditures, only through a between effect. It is for the share of artificial land and the distribution (Gini) of infra-municipal density that the non-linear model reveals the most interesting features.

The share of artificial land does not significantly affect the capital expenditures, but globally displays an increasing effect on the current expenditures. Although this is consistent with the linear estimations, the non-linear plots reveal interesting features. Considering the within effect on the current expenditures, the share of artificial land does not affect the current expenditures until the zero threshold (**Figure 1**, Panel B). As the within effect measures the effect of deviations from the municipality's average over the period, this result suggests that only urbanization above that level affects the current expenditures. In other words, the trend in the share of artificial land<sup>35</sup> has no significant effect on current expenditures until it passes the 2013-2018 mean. This asymmetry validates that the yearly increment in artificial land is a relevant dimension of urban sprawl and should be estimated as we do with the growth rate of new land developments<sup>36</sup>.

As to the Gini of population density, it does not affect the capital expenditures but has a convex effect on the current expenditures with a minimum around 0.4 (**Figure 1**, Panel A). Thus, concentrating population in few specific neighbourhoods within the municipality (e.g. city-centre) reduces the current expenditures, up to a certain point (for Gini = 0.4) above which it starts to have the opposite effect (i.e. inflating the current expenditures). Put another way, for municipalities to reap the benefits of density, they should also take into account the nuclearity of existing residential settlements within their territory. First, for municipalities with a spatially homogenous population distribution (Gini below 0.4), densification policies should promote a stronger city-centre, which would result in an increase of the Gini and a decrease in current expenditures. Second, municipalities with overly populous city-centre or with a small number of pre-eminent hubs (Gini above 0.4) should foster the densification of the (already urbanized) periphery. That would decrease the Gini and reduce the current expenditures.

---

<sup>35</sup> The share of artificial land represents a “cumulative stock” of past land developments, and is a positive monotone function of time in our sample. It can be constant on some intervals (no additional land take) but no municipality has shown a decrease in their share of artificial land.

<sup>36</sup> The within effect of the share of artificial land would have been sufficient if municipalities displayed a steady paced urbanization trend, which is not the case. Most often, substantial amount of land is developed from one year to another, to meet specific planning demand. The growth rate of artificial land measures the effect of the magnitude of that yearly increment.

### 3.3. Robustness check: strict exogeneity

Finally, in order for our estimations of the effects of urban sprawl to be causal, we have to make sure that the variables used are strictly exogenous. Even though, our model mitigates possible omitted variables bias by incorporating control variables and by accounting for the unobserved effects<sup>37</sup>, endogeneity might remain from reverse causality: municipal expenditures at date ( $t$ ) creating more urban sprawl at date ( $t+1$ ). That would be the case for example if a municipality developed infrastructure and public services (expenditures) in a remote area, then attracted settlement and land development around that area, i.e. (i.e. increased urban sprawl)<sup>38</sup>. To test strict exogeneity and make sure there is no such reverse causality, we regress  $y_{it}$  on  $X_{it+1}$ , where failing to reject the null hypothesis of significance of the coefficients would mean strict endogeneity (Wooldridge, 2003; chapter 10, pp 318-319). Naturally, the test is conducted only for the share of artificial land and for the growth rate of new land developments as the Gini of infra-municipal population density and the Moran Index are (considered) time-invariant. Moreover, only the within effects are considered since the variables for the between effects (municipal average) are constant over time.

We found no correlations between the contemporaneous expenditures  $y_{it}$  and the lead variables  $X_{it+1}$ , neither for the share of artificial land, nor for the growth rate of new land developments. Reverse causality can be ruled out.

---

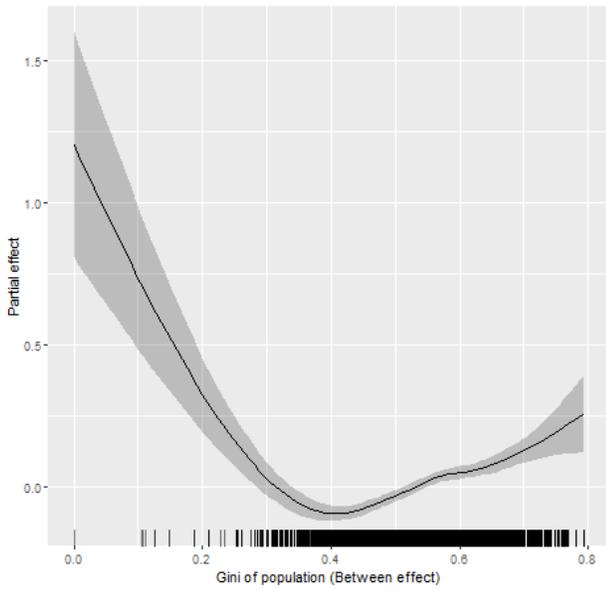
<sup>37</sup> Between effects at the municipal level (Mundlak, 1978), as well as the years' dummy fixed effects.

<sup>38</sup> Our urban sprawl variables originate from the land files. Public land plots are theoretically not included in the database as they are not subject to property tax. However, even though we do not measure the land developments made by the municipalities, sprawl that is indirectly driven (i.e.: people settlement) is measured.

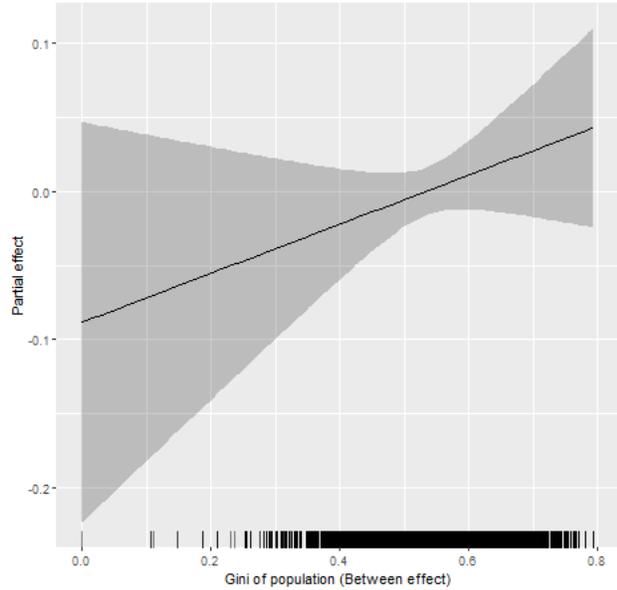
**Figure 1. Partial effect of the dimensions of urban sprawl on the municipalities' current expenditures (left column) and capital expenditures (right column). Confidence bands at 95%**

**Panel A: Gini and Moran indexes**

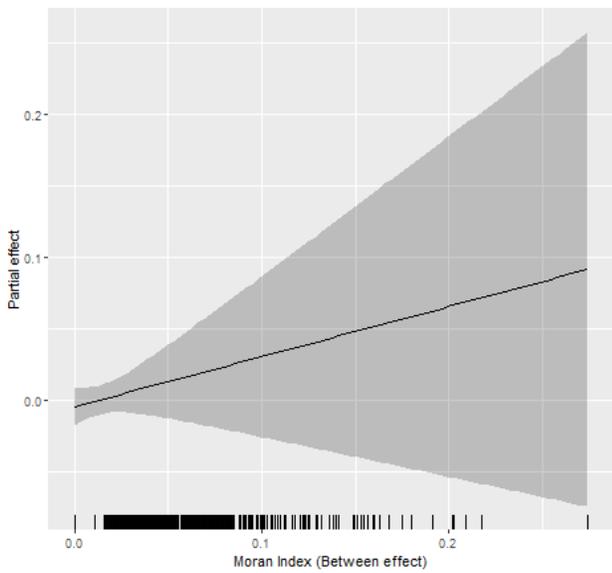
Gini (Current expenditures)



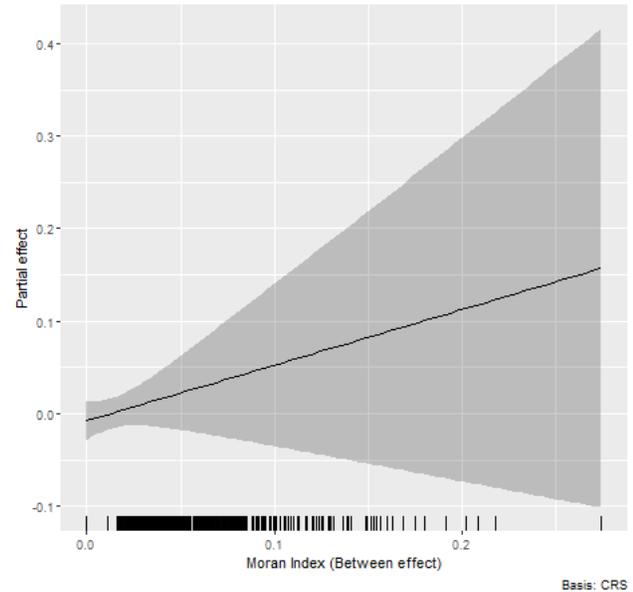
Gini (Capital expenditures)



Moran (Current expenditures)



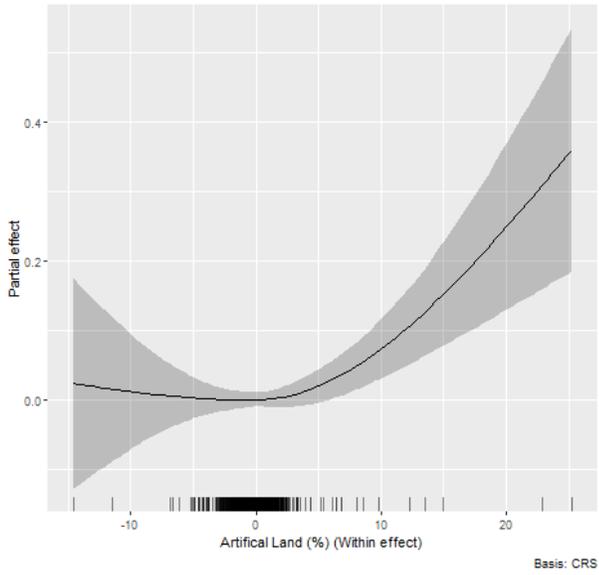
Moran (Capital expenditures)



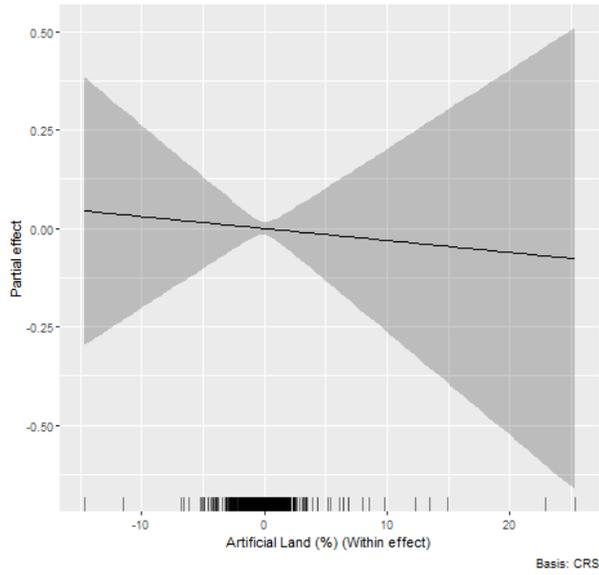
(continued)

Panel B: Share of artificial land

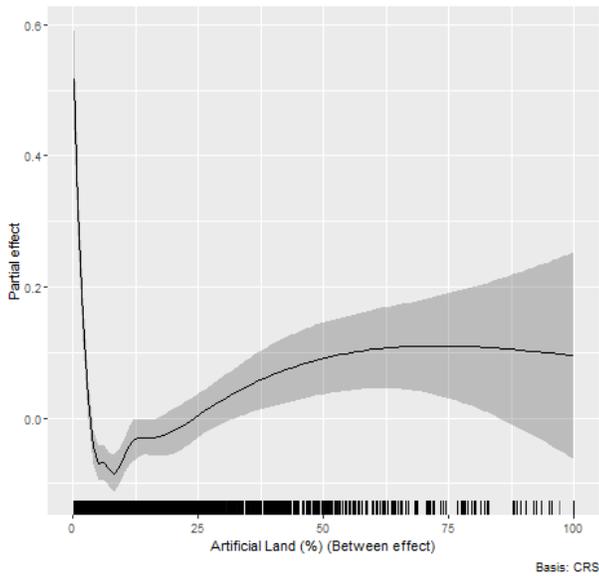
Within effect (Current expenditures)



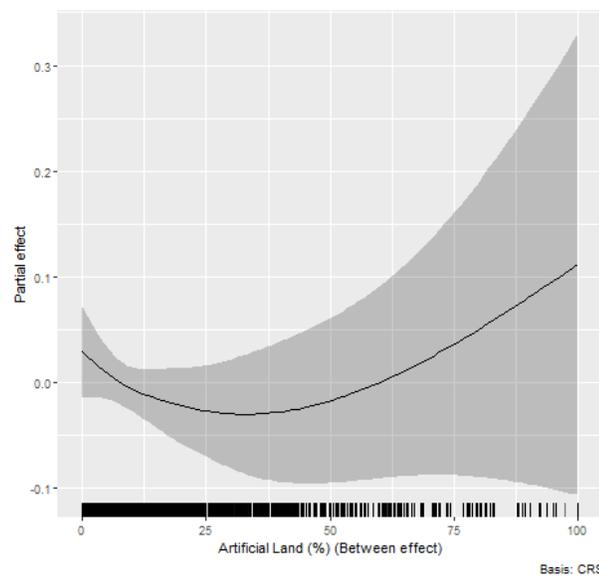
Within effect (Capital expenditures)



Between effect (Current expenditures)



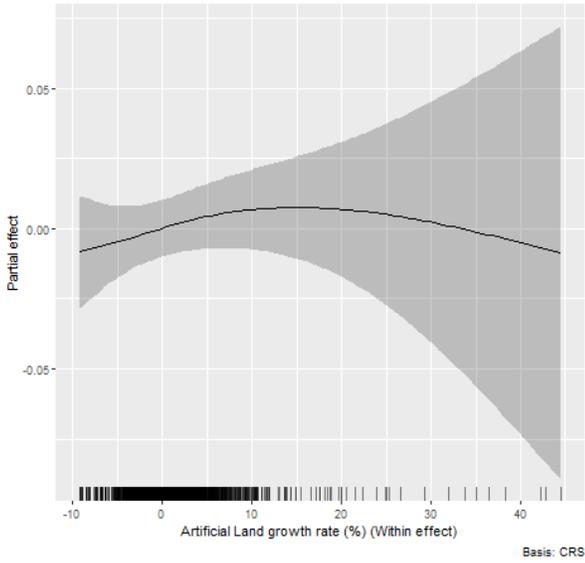
Between effect (Capital expenditures)



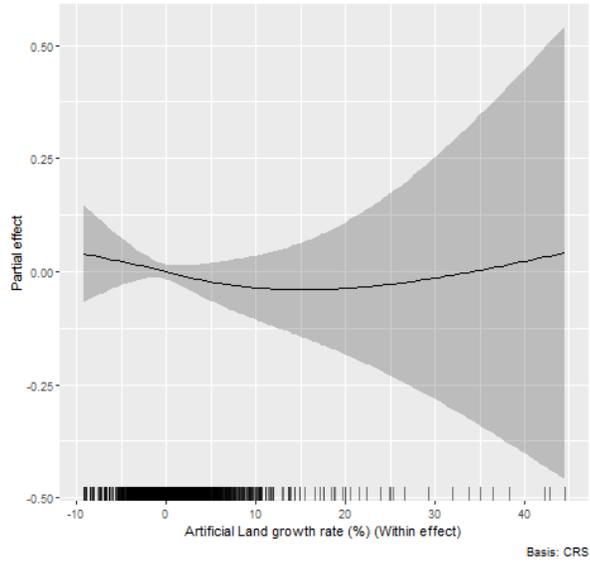
(continued)

Panel C: Growth rate of artificial land

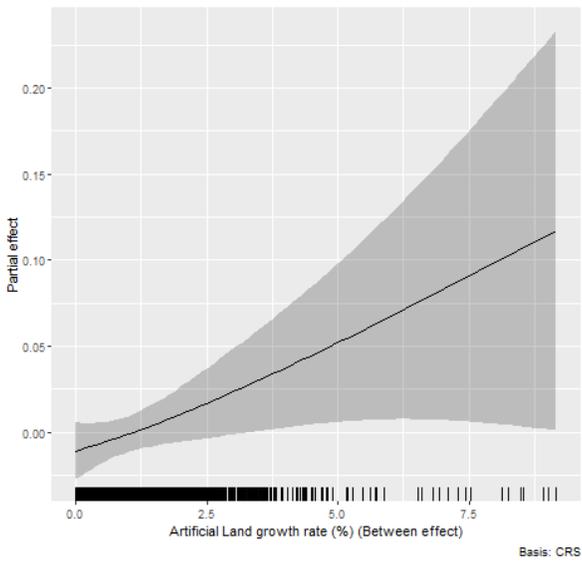
Within effect (Current expenditures)



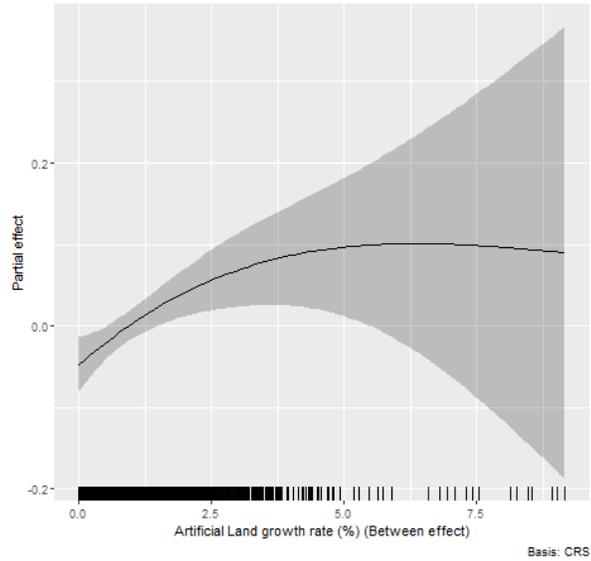
Within effect (Capital expenditures)



Between effect (Current expenditures)



Between effect (Capital expenditures)



#### **4. Conclusion**

Despite the environmental issues associated with extensive land take, municipalities along the French coastlines display alarming levels of land developments and urbanization. In a context when financial sobriety is more and more encouraged for local governments, the chapter investigates the effect of urban sprawl and land take on municipal expenditures. If several indicators for urban sprawl exist and have different documented effects on local public expenditures, we argue that they simply seize different dimensions of the phenomenon. Among those dimensions, we find significant increasing effects for the extent of artificial land, both as a cumulative stock (share of artificial land) and as a flow (growth rate of new land developments), and for population density. Regarding the latter, our results indicate that densification reduces per capita municipal expenditures, yet policymakers should also consider the spatial distribution of density within municipalities in order to benefit fully from those economies of scale.

The present research considered together coastal and neighbouring non-coastal municipalities that cooperate in the same EPCI, as they share land planning policies. Further research should however highlight the specificities of land market in coastal areas and distinguish the effects on the two groups of municipalities. That would imply, for example, to account for spatial dependences in the urbanization dynamic between the two groups of municipalities. More precisely, one may expect that urbanization first occurs in coastal municipalities, and then extends to the neighbouring non-coastal ones due to price differential and land scarcity (spatial correlation in land take). Moreover, if population from the non-coastal municipalities are able to consume coastal amenities in a neighbouring municipality, they may affect the local public expenditures in the latter municipality (spillover effects). It would thus be appropriate for further research to investigate such spatial dependence between coastal municipalities and their close hinterland, or alternatively, conduct the same analysis using the EPCI as observation units instead of municipalities.

Coastal areas are marked by a high level of land take and an increasing dynamic in population density due to their attractive amenities. Given the opposing effects of those factors, promising research could investigate which of the two contributes most to local public expenditures. The relevance of this question is reinforced by the fact that, on average, coastal municipalities tend to bear higher per capita expenditures as compared to non-coastal municipalities. Thus, the next chapter is dedicated to assessing the contribution of population density in the expenditure gap between coastal and non-coastal municipalities.

## Appendix for chapter 1

### Appendix 1: Supplementary information on the Moran index

#### 1- Calculation and significance of the Moran's Index

The Moran's Index is calculated as (Tsai, 2005):

$$I_{Moran} = \frac{N \times \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})}$$

Where  $w_{ij}$ , the contiguity weights, equal 1 if  $i$  and  $j$  are neighbors and 0 otherwise;  $x_i$  represents the area of developed land (in  $m^2$ ) in cell  $i$  (or size  $1 km \times 1 km$ ).

The index ( $I_{Moran}$ ) lies in the -1 to +1 range and:

- $I_{Moran} > 0$  indicates positive spatial autocorrelation, i.e. similar values are clustered together: land take occurs close to (more) land take.
- $I_{Moran} < 0$  indicates negative spatial autocorrelation, i.e. spatial dispersion: land take occurs close to locations where there is no land take ( $I_{Moran} = -1$  displays a pattern close to a checkerboard).
- $I_{Moran} = 0$  indicates a random spatial distribution of land take: new land can be developed anywhere.

The significance of the  $I_{Moran}$  can be assessed using a z-test, provided it follows a Normal distribution:

$$Z\ score_{Moran} = \frac{I_{Moran} - E(I_{Moran})}{\sqrt{Var(I_{Moran})}} \sim N(0,1)$$

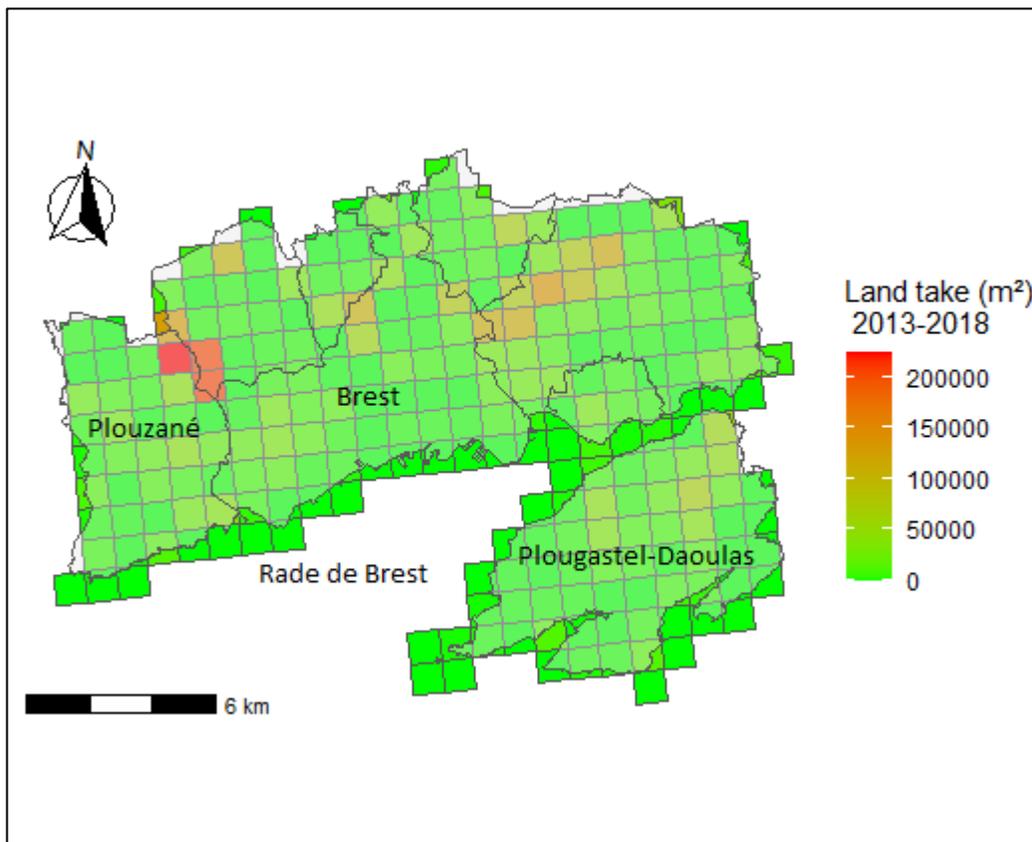
For  $Z\ score_{Moran} \geq 1.96$ , new land development is clustered (positive spatial correlation); for  $Z\ score_{Moran} \leq -1.96$  new land development is perfectly scattered (negative spatial correlation); for  $Z\ score_{Moran} \in ] - 1.96 ; 1.96[$ , new land development occurs with a random spatial pattern.

If the test from the z-score results in a non significant spatial pattern, a zero value is assigned to the index before the regression:  $I_{Moran} = 0$  for  $Z\ score_{Moran} \in ] - 1.96 ; 1.96[$ .

#### 2- Visualization of new land development pattern within municipalities

These figures present independent cases where an increasing gradient of the intensity and clustering of new land development appears within the 10km distance from the coast. This is consistent with the observation of Commissariat général au développement durable - CGDD (2017a) which sheds light on the decreasing relationship between the distance from the coast (within 10km) and population density as well as the share of artificial land. Furthermore, the report draws an analogy between the sociodemographic features of seaside areas and urban centres, and between close hinterlands and urban peripheries. While the present chapter does not explicitly account for the distance to coastline in the analysis, ancillary research conducted

during the thesis found evidence of significant interaction effects (distance from coastline and urban variables) on municipal expenditures<sup>39</sup>.



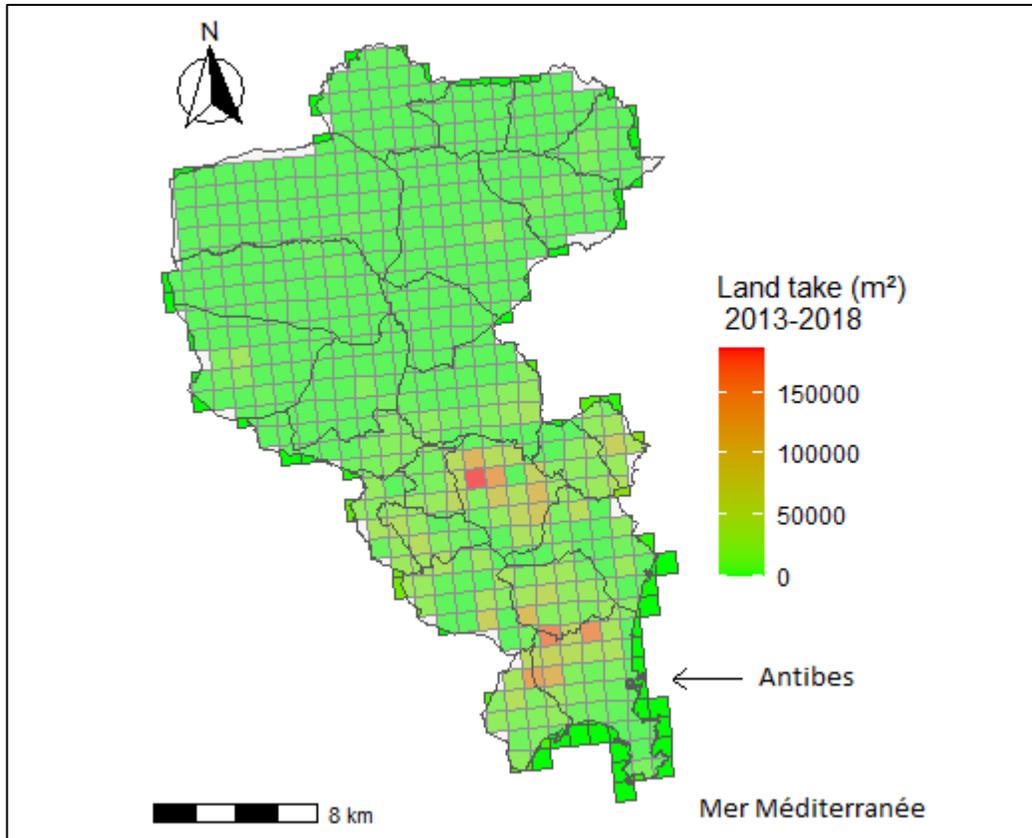
**Figure A. 1. New land development pattern in the municipalities of Brest Métropole (the EPCI of Brest)**

Source: Municipalities' layer: IGN (French geographic information institute), land take layer: Cerema (French Ministry of Ecological Transition). Each cell of the land take grid is 1km<sup>2</sup>. The cells were assigned to municipalities based on spatial intersection. In the case of intersection with multiple municipalities, the centroid of the cell was considered instead.

In the 2013-2018 period, new land development was mostly clustered between Plouzané (29212<sup>40</sup>) and Guilers (29069, the North-Est neighbour municipality), close to the border with Brest (29019). Most of the land take in these two municipalities occurred in 2014 with a Moran Index of 0.52 (Z-score=7.56) and 0.47 (Z-score=5.13), respectively.

<sup>39</sup> This finding is not reported in the final version of the thesis, as other analyses were preferred (e.g. chapter 2).

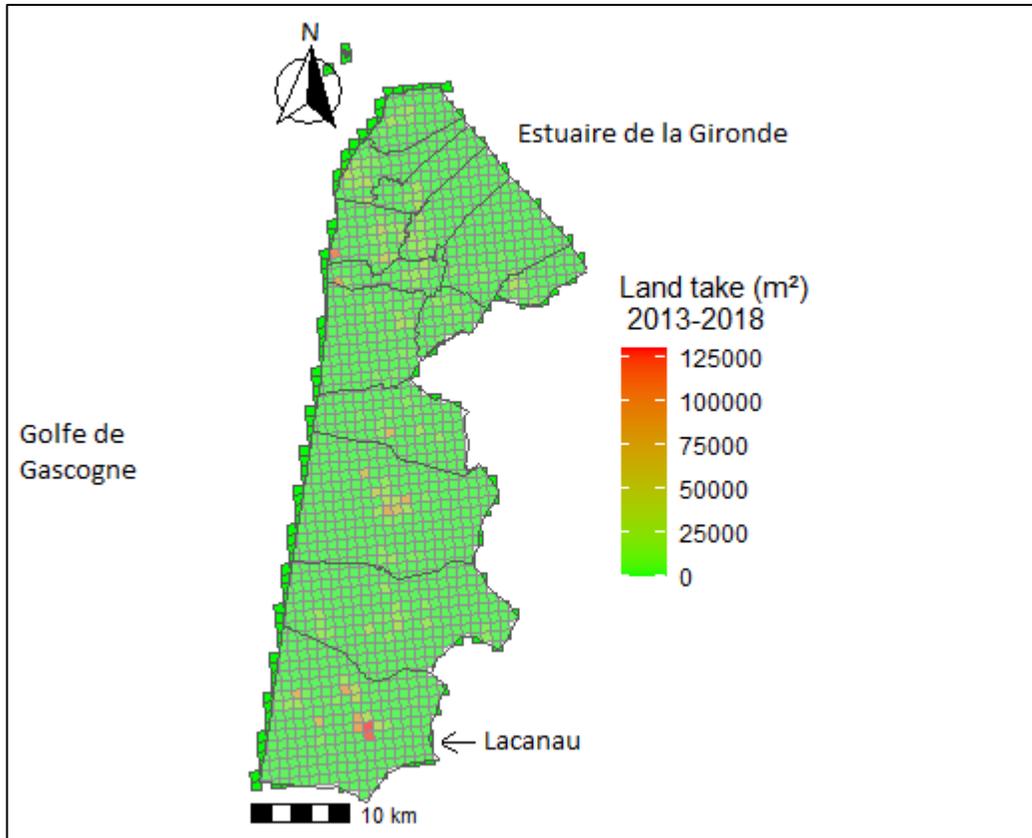
<sup>40</sup> This is the INSEE identification code. The EPCI *Brest Métropole* is located in the Finistère *département*, Bretagne region, West of France.



**Figure A. 2. New land development pattern in the municipalities of Communauté d'agglomération Sophia Antipolis (the EPCI of Antibes)**

Source: Municipalities' layer: IGN (French geographic information institute), land take layer: Cerema (French Ministry of Ecological Transition). Each cell of the land take grid is 1km<sup>2</sup>. The cells were assign to municipalities based spatial intersection. In the case of intersection with multiple municipalities, the centroid of the cell was considered instead.

The municipalities of the *Communauté d'agglomération Sophia Antipolis* EPCI (in Alpes-Maritime Département, South-East of France) present two clusters of land take on the 2013-2018 period, i.e. Antibes (06004) and Riquefort-les-Pins (06105), the latter being non-coastal. Antibes had 3 significant Moran indexes: 2014 (Index=0.23, Z-score=3.05), 2016 (Index=0.28, Z-score=3.59) and 2018 (Index=0.39, Z-score=4.96), while those of Riquefort-les-Pins were positive significant each year except for 2016 and 2018.



**Figure A. 3. New land development pattern in the municipalities of *Communauté de communes Médoc Atlantique* (the EPCI of Lacanau)**

Source: Municipalities' layer: IGN (French geographic information institute), land take layer: Cerema (French Ministry of Ecological Transition). Each cell of the land take grid is 1km<sup>2</sup>. The cells were assigned to municipalities based on spatial intersection. In the case of intersection with multiple municipalities, the centroid of the cell was considered instead.

Our last example is that of the municipalities from the EPCI *Communauté de communes Médoc Atlantique* (South-East of France, on the Atlantic Coast). The map shows that although most municipalities of the EPCI are coastal, new land developments between 2013 and 2018 still occurred within the 10km range from the coast (e.g. Lacanau (33214)).

## Appendix 2: Estimation results with full variables: The linear model

Some variables, such as tourists' density, FCTVA per capita, had zero-values, thus the logarithmic transformation were problematic. For these variables, the unbiased estimation of elasticity involves (i) imposing a zero after the logarithmic transformation for municipalities with zero values, and (ii) introducing a dummy variable identifying these municipalities (taking the value of 1 if a zero was imposed in step (i); 0 otherwise) (Battese, 1997).

**Tableau A. 1: Linear REWB model (full set of variables), 2013-2018**

	log(Expenditures per capita)	
	Current (1)	Capital (2)
Intercept	4.301*** (0.403)	4.455*** (0.642)
log(Pop.Density) Within	-0.083*** (0.032)	-0.025 (0.082)
log(Pop.Density) Between	0.019 (0.031)	-0.231*** (0.076)
log(Workers Density) Within	-0.007 (0.013)	-0.158* (0.095)
log(Workers Density) Between	0.206*** (0.018)	0.136*** (0.020)
log(Sec-Homers Density) Within	0.006 (0.009)	0.063 (0.044)
log(Sec-Homers Density) Between	0.112*** (0.008)	0.083*** (0.011)
log(Tourists Density) Within	0.008 (0.007)	-0.025 (0.018)
log(Tourists Density) Between	0.008 (0.005)	-0.008 (0.009)
Dummy(Tourists)	0.030 (0.025)	-0.046 (0.048)
Gini (Pop.)	0.697*** (0.098)	0.258* (0.140)
Artificial land (%) Within	0.006** (0.003)	-0.001 (0.009)
Artificial land (%) Between	0.002*** (0.001)	0.001 (0.001)
Artificial land growth rate (%) Within	0.001 (0.001)	-0.003 (0.003)

Artificial land growth rate (%) Between	0.021*** (0.008)	0.030*** (0.010)
Moran Index Between	0.001 (0.001)	0.010 (0.006)
Coastal (Dummy)	-0.042 (0.031)	-0.024 (0.026)
Share less 10y.o (%)	-0.022*** (0.004)	-0.019*** (0.006)
Share 11-17y.o (%)	-0.024*** (0.006)	-0.022*** (0.007)
Share 18-24y.o (%)	-0.060*** (0.007)	-0.022** (0.010)
Share over 65y.o (%)	-0.007*** (0.002)	-0.004 (0.003)
log(Income per cap.) Within	0.267*** (0.022)	-0.045 (0.070)
log(Income per cap.) Between	-0.066*** (0.021)	0.021 (0.060)
Dummy (Income)	2.608*** (0.220)	-0.388 (0.593)
log(Tax share) Within	-0.080*** (0.015)	-0.018 (0.077)
log(Tax share) Between	-0.177*** (0.028)	-0.109*** (0.029)
Unemp. (%) Within	0.001 (0.001)	0.001 (0.006)
Unemp. (%) Between	0.021*** (0.002)	0.006* (0.003)
log(Social housing) Within	-0.002 (0.002)	-0.008 (0.011)
log(Social housing) Between	0.068*** (0.006)	-0.004 (0.009)
Dummy (Social housing)	-0.0002 (0.006)	-0.015 (0.033)
log(Road length) Within	-0.030* (0.017)	-0.038 (0.095)
log(Road length) Between	-0.030*** (0.009)	-0.001 (0.011)

log(DGF per cap.) Within	0.045*** (0.007)	
log(DGF per cap.) Between	0.109*** (0.026)	
Dummy (DGF)	0.193*** (0.033)	
log(Current exp. per cap.) EPCI Within	-0.031*** (0.010)	
log(Current exp. per cap.) EPCI Between	-0.039*** (0.013)	
log(FCTVA per cap.) Within		0.021** (0.010)
log(FCTVA per cap.) Between		0.640*** (0.015)
Dummy (FCTVA)		0.400*** (0.049)
log(Capital exp. per cap.) EPCI Within		-0.009 (0.017)
log(Capital exp. per cap.) EPCI Between		-0.040*** (0.014)
Dummy (EPCI)	-0.114* (0.065)	-0.139 (0.112)
Year FE 2014	-0.011*** (0.004)	-0.190*** (0.026)
Year FE 2015	0.011*** (0.004)	-0.266*** (0.024)
Year FE 2016	0.004 (0.005)	-0.243*** (0.028)
Year FE 2017	0.008 (0.006)	-0.215*** (0.029)
Year FE 2018	0.014** (0.006)	-0.176*** (0.032)
Observations	16,251	15,855
R <sup>2</sup>	0.645	0.323
Adjusted R <sup>2</sup>	0.644	0.321
F Statistic	5,871.454***	7,021.880***

Note.

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

### Appendix 3: Estimation results with full variables: The non-linear model

*Tableau A. 2: Non-linear REWB model (parametric part, full set of variables), 2013-2018*

A. parametric coefficients	log(Expenditures per capita)			
	Current		Capital	
	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error
Intercept	5.5950***	0.2331	4.1976***	0.5173
log(Pop.Density) Within	-0.0949***	0.0126	-0.0411	0.0831
log(Tourists Density) Within	0.0048	0.0042	-0.0444**	0.0185
log(Tourists Density) Between	0.0096**	0.0038	-0.0227**	0.0099
Dummy(Tourists)	0.0163	0.0167	-0.1344**	0.0532
Coastal (Dummy)	-0.0274	0.0182	-0.0676	0.0490
Share less 10y.o (%)	-0.0049*	0.0027	-0.0165***	0.0048
Share 11-17y.o (%)	-0.0065*	0.0036	-0.0172***	0.0064
Share 18-24y.o (%)	-0.0246***	0.0047	-0.0127	0.0084
Share over 65y.o (%)	-0.0043***	0.0016	-0.0050*	0.0028
log(Income per cap.) Within	0.2658***	0.0156	-0.0418	0.0674
log(Income per cap.) Between	0.0191	0.0181	0.0283	0.0580
Dummy (Income)	2.5944***	0.1654	-0.3555	0.5512
log(Tax share) Within	-0.0832***	0.0101	-0.0182	0.0695
log(Tax share) Between	-0.1083***	0.0169	-0.1161***	0.0259
Unemp. (%) Within	-0.0010	0.0006	0.0007	0.0044
Unemp. (%) Between	0.0180***	0.0016	0.0040	0.0028
log(Social housing) Within	-0.0029	0.0020	-0.0066	0.0112
log(Social housing) Between	0.0580***	0.0054	-0.0037	0.0094

Dummy (Social housing)	-0.0038	0.0060	-0.0110	0.0294
log(Road length) Within	-0.0289**	0.0133	-0.0327	0.0915
log(Road length) Between	0.0269***	0.0069	0.0195*	0.0115
log(DGF per cap.) Within	0.0407***	0.0051		
log(DGF per cap.) Between	0.0180	0.0134		
Dummy (DGF)	0.1669***	0.0264		
log(Current exp. per cap.) EPCI Within	-0.0326***	0.0058		
log(Current exp. per cap.) EPCI Between	-0.0263**	0.0107		
log(FCTVA per cap.) Within			0.0090	0.0077
log(FCTVA per cap.) Between			0.6100***	0.0119
Dummy (FCTVA)			0.3083***	0.0358
log(Capital exp. per cap.) EPCI Within			-0.0086	0.0159
log(Capital exp. per cap.) EPCI Between			-0.0414***	0.0134
Dummy (EPCI)	-0.1336***	0.0484	-0.1770	0.1363
Year FE 2014	-0.0125***	0.0041	-0.1879***	0.0259
Year FE 2015	0.0098***	0.0035	-0.2660***	0.0231
Year FE 2016	0.0021	0.0043	-0.2420***	0.0268
Year FE 2017	0.0074	0.0046	-0.2146***	0.0272
Year FE 2018	0.0146***	0.0049	-0.1775***	0.0292
<hr/>				
B. smooth terms	edf	Ref.df	edf	Ref.df
log(Pop.Density) Between	5.5685***	5.5685	1.0000***	1.0000
log(Workers Density) Within	3.9567**	3.9567	1.9054*	1.9054
log(Workers Density) Between	4.2255***	4.2255	2.3676***	2.3676
log(Sec-Homers Density) Within	1.0007	1.0007	1.0000	1.0000
log(Sec-Homers Density) Between	5.7260***	5.7260	5.3453***	5.3453
Gini (Pop.)	5.4641***	5.4641	1.0001	1.0001
Artificial Land (%) Within	2.4410***	2.4410	1.0009	1.0009
Artificial Land (%) Between	7.4375***	7.4375	2.1983	2.1983

Artificial Land growth rate (%) Within	1.5317	1.5317	1.4590	1.4590
Artificial Land growth rate (%) Between	1.2681**	1.2681	1.8881***	1.8881
Moran Index Between	1.0022	1.0022	1.4864	1.4864

---

*Note:* \*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

---

The smooth terms represent the non-linear part of the regressions. Significant *edf* (effective degrees of freedom) indicates a significant non-linear effect. The *Ref.df* term denotes the reference degrees of freedom of the smooth term.

---

## **Chapitre 2 :**

### **Les communes littorales sont-elles, plus que les autres, incitées à densifier leur territoire ?**

#### **Une approche par la décomposition d'Oaxaca-Blinder<sup>41</sup>**

### **1. Introduction**

En France métropolitaine, les communes littorales affichent un taux d'artificialisation des sols<sup>42</sup> 2,5 fois supérieur à la moyenne des autres communes (Commissariat général au développement durable - CGDD, 2017a). Plus de 7% des nouvelles artificialisations des sols entre 2009 et 2019 ont été effectuées en communes littorales, alors qu'elles ne représentent que 3% des superficies nationales cadastrées et accueillent plus de 10% de la population. Les communes littorales sont donc, plus que toutes les autres, concernées par divers dispositifs publics qui enjoignent de viser la sobriété foncière en limitant la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers pour préserver la biodiversité, lutter contre le changement climatique ou réduire les risques d'inondation<sup>43</sup>. Les maires se doivent donc d'être économes en foncier en vue d'atteindre l'objectif de « zéro artificialisation nette » (ZAN) énoncé par le Plan Biodiversité de 2018. Tout en faisant preuve d'une sobriété foncière accrue, les communes littorales doivent également accroître la construction de logements compte tenu de leur forte attractivité. Depuis plus de 30 ans, de nombreuses lois, y compris la loi Elan<sup>44</sup>, ont fixé des objectifs ambitieux de création de logements pour faire face à la croissance démographique et aux nouveaux besoins de la population. Les maires se doivent donc d'être des « maires bâtisseurs ». Au total, la densification est considérée par les politiques publiques comme l'un des leviers les plus efficaces pour concilier constructions nouvelles et sobriété foncière.

Comme nous l'avons déjà vu dans le chapitre précédent, si la littérature en économie urbaine s'est beaucoup intéressée aux effets de la densité, ceux-ci ne sont que très peu au cœur des travaux en économie publique locale et en finances locales et manquent de consensus, notamment s'agissant des effets sur les budgets locaux.

---

<sup>41</sup> *Ce chapitre a été co-écrit avec Matthieu Leprince (Co-directeur de thèse, Université de Bretagne Occidentale) et a fait l'objet d'une présentation lors du Colloque de l'Association française de sciences économiques (AFSE, 2022 à Dijon) et du Colloque de l'Association de science régionale de langue française (ASRDLF, 2022 à Rennes).*

<sup>42</sup> Le taux d'artificialisation (superficie artificialisée/superficie totale) mesure la part du territoire affectée aux opérations d'aménagement à vocation résidentielle, économique ou d'accueil d'infrastructures.

<sup>43</sup> Notamment la loi SRU de 2000 (Loi 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains (1), 2000), ou encore la loi « Climat et Résilience » de 2021 (Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1), 2021).

<sup>44</sup> Loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (1), (2018)

Quand certaines études montrent qu'une hausse de la densité induit une baisse des dépenses par habitant (Breuillé et al., 2019; Carruthers & Ulfarsson, 2003; Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010), traduisant l'existence d'économies d'échelle dans la fourniture des services publics locaux, d'autres concluent au contraire à un effet à la hausse (Goodman, 2019; Ladd, 1992). De plus, certains travaux ont analysé la population et la superficie comme des variables explicatives (distinctes) des inégalités de dépenses locales (Guengant, 1998), en négligeant l'incidence de la densité et l'hétérogénéité de la distribution spatiale de la population. Nous proposons ici de continuer à étudier le lien entre densification et dépenses mais cette fois en adoptant une méthodologie différente de celle du chapitre 1 qui recourait aux données de panel.

En effet, au-delà d'être de simples territoires à fort enjeu d'occupation des sols, les communes littorales se distinguent également des autres communes par leur niveau de dépenses publiques. Leurs dépenses de fonctionnement<sup>45</sup> par habitant sont en moyenne 20% supérieures à celles des autres communes, quand leurs dépenses d'investissement<sup>46</sup> par habitant le sont de 30%. Au vu de la nécessité de rationaliser la croissance urbaine sur le littoral, et du constat actuel du surplus de dépenses publiques supporté par les communes littorales, l'objet du présent chapitre est d'évaluer l'effet de la densité sur les dépenses communales, ainsi que son rôle dans l'écart de dépenses entre les communes littorales et les communes intérieures. En d'autres termes, l'étude s'attelle, d'une part, à estimer l'impact de la densification sur les dépenses locales pour l'ensemble des communes françaises (du territoire métropolitain), et d'autre part à expliquer la source des écarts de dépenses publiques entre communes littorales et non-littorales afin de quantifier la part imputable à la densité. Sur la base de ces résultats, les décideurs publics seraient en mesure de savoir si une hausse de la densité pourrait être perçue comme une réponse à ces deux défis que rencontrent les communes littorales, à savoir la lutte contre l'artificialisation croissante des sols et le niveau élevé des dépenses pour la fourniture des services publics locaux.

Pour mener cette évaluation, nous estimons un modèle de dépenses communales par habitant qui repose sur trois apports. Premièrement, pour capter les spécificités du littoral, comme dans le chapitre 1, nous distinguons les trois dimensions de densité qui correspondent à autant d'activités humaines différentes qui se combinent de manière hétérogène sur le littoral : la densité démographique (population résidente), la densité touristique (résidences secondaires et autres lits touristiques) et la densité d'emplois, nombre de communes littorales étant le centre de leur zone d'emplois. Deuxièmement, nous mettons à profit les données du Cerema<sup>47</sup> rendues publiques en 2019 afin d'évaluer l'indicateur de densité non pas uniquement au regard de la superficie totale

---

<sup>45</sup> Elles regroupent toutes les dépenses récurrentes nécessaires au fonctionnement des services de la collectivité. Il s'agit entre autres des salaires versés aux employés de la commune, des frais de fonctionnement courant et des versements d'allocations aux ménages ou à divers organismes publics.

<sup>46</sup> Elles recouvrent les dépenses de création ou d'entretien des infrastructures communales, le versement de subventions d'équipement et le remboursement des emprunts contractés dans le passé.

<sup>47</sup> Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

de la commune mais, comme pour le chapitre 1, en fonction de la superficie artificialisée calculée selon les sources cadastrales (densité nette). Troisièmement, après avoir estimé les effets de la densité sur les dépenses communales, nous mobilisons la méthode de décomposition d'Oaxaca-Blinder (Blinder, 1973; Oaxaca, 1973) dans le but de comparer ces effets entre communes littorales et non-littorales, et déduire le rôle joué dans l'explication des écarts de dépenses. Partant du constat de dépenses par habitant plus importantes pour les communes littorales, cette méthode nous permet d'en caractériser les sources et d'évaluer le rôle de la densité dans cet écart. Deux sources expliquent l'écart de dépenses par habitant entre communes littorales et non littorales, à savoir un *effet de composition*, qui représente la différence du niveau moyen des variables explicatives entre nos deux groupes de communes, et un *effet de structure*, qui s'interprète comme une différence de comportement de dépenses des communes littorales. La méthode permet d'attribuer à ces *effets* le rôle joué par chacune des dimensions explicatives des dépenses par habitant. Nous pouvons donc évaluer dans quelle mesure les comportements de dépenses des communes littorales sont différents de ceux des autres communes, et si les variables explicatives, dont la densité, contribuent à l'explication de cette différence.

Le chapitre est organisé de la manière suivante. La section 2 développe la stratégie empirique, avec l'exposé de la méthode de décomposition d'Oaxaca-Blinder appliquée aux fonctions de dépenses communales, la présentation des données et enfin de la méthodologie économétrique. La section 3 présente les résultats, et la dernière section 4 fournit des éléments de conclusion.

## 2. Stratégie empirique

C'est le modèle de demande de bien public local (Borcherding & Deacon, 1972; Holcombe, 1989) qui nous guide dans la sélection des facteurs explicatifs des dépenses communales. L'équation économétrique spécifiant la relation entre les dépenses par habitant ( $d$ ) et les densités démographique  $\left(\frac{R}{S_1}\right)$ , d'emplois  $\left(\frac{L}{S_1}\right)$  et de touristes  $\left(\frac{T}{S_1}\right)$  est la suivante<sup>48</sup> :

$$\log(d) = Constante + \eta_R \times \log\left(\frac{R}{S_1}\right) + \eta_L \times \log\left(\frac{L}{S_1}\right) + \eta_T \times \log\left(\frac{T}{S_1}\right) + (X_{Contrôles})' \times \eta_{Contrôles} + \varepsilon \quad (1)$$

Avec  $\eta_R$ ,  $\eta_L$  et  $\eta_T$  les élasticités des dépenses par habitant respectivement aux trois densités précitées, avec  $S_1$  la superficie communale artificialisée.  $X_{Contrôles}$  est le vecteur (colonne) contenant l'ensemble des variables de contrôles,  $\eta_{Contrôles}$  les élasticités relatives, et  $\varepsilon$  le terme d'erreur.

---

<sup>48</sup> Le développement du modèle microéconomique conduisant à cette équation est disponible en annexe.

Dans un premier paragraphe (2a), nous présentons la méthode de décomposition d'Oaxaca-Blinder permettant d'identifier les sources des écarts de dépenses entre les communes littorales et non-littorales. Dans un deuxième paragraphe (2b), nous présentons les données mobilisées. Enfin, le paragraphe 2c détaille l'ensemble de la stratégie économétrique appliquée.

## 2.1. La décomposition d'Oaxaca-Blinder

La décomposition d'Oaxaca-Blinder (Blinder, 1973; R. Oaxaca, 1973) consiste à décomposer l'écart moyen de la variable expliquée, observé entre 2 groupes, en, d'une part, un écart dû aux différences de caractéristiques (« *effet de composition* »), et, d'autre part, un écart dû aux différences de valorisations (élasticités) de ces caractéristiques. Ce second écart est l'« *effet de structure* ». La méthode a été initialement employée pour évaluer l'existence de discriminations liées au salaire sur le marché du travail. Les écarts de salaires observés étaient supposés provenir de différences du niveau d'expérience, de qualification, ou autres facteurs contribuant au capital humain (effet de composition). Toutefois, les différences de caractéristiques ne constituent pas la seule source des écarts de salaires. Elles sont bien souvent accompagnées d'une différence dans la manière dont les caractéristiques sont valorisées d'un groupe à un autre. C'est l'*effet de structure* qui permet d'identifier la présence de telles discriminations sur le marché du travail. Oaxaca (1973) montre ainsi que plus de 50% des écarts de salaires horaires entre les hommes et les femmes aux Etats-Unis en 1967 sont le fait de discriminations (58% et 56% respectivement au sein des populations « blanche » et « noire »), quand Blinder (1973) estime le poids de la discrimination à deux-tiers des écarts de salaires entre hommes et femmes de la population « blanche ».

Dans le cadre de la présente analyse, nous mobilisons la décomposition d'Oaxaca-Blinder dans le but de décomposer l'écart de dépenses par habitant observé entre nos 2 groupes (communes littorales et communes non littorales) en, d'une part, un écart dû aux différences de caractéristiques locales qui déterminent les dépenses (l'*effet de composition*), et, d'autre part, un écart dû aux différences d'élasticités de ces caractéristiques et déterminants locaux des dépenses (l'*effet de structure*).

Nous nous intéressons à trois caractéristiques de l'*effet de structure*. Premièrement, sa significativité permettrait de conclure à un comportement de dépenses atypique des communes littorales. Deuxièmement, nous étudions le poids de l'*effet de structure* dans l'écart total entre les 2 groupes de communes : plus la contribution de l'*effet de structure* est importante, plus les comportements de dépenses des communes littorales sont atypiques. Troisièmement, la méthode permet de mettre en évidence quelles variables (précisément les élasticités associées) sont à l'origine de cet effet de structure. Nous cherchons en particulier à évaluer la

contribution des élasticités des dépenses des communes littorales relativement aux variables de densité à l'*effet de structure*, en comparaison des autres élasticités du modèle (par exemple au revenu des habitants).

Considérons la variable indicatrice *Littoral*, prenant la valeur 1 si la commune est littorale et 0 sinon, telle que :

$$Y = Littoral \times Y^1 + (1 - Littoral) \times Y^0 \quad (2)$$

Pour des raisons de concision, simplifions l'équation (1) sous la forme suivante :

$$Y = X'\eta + \varepsilon \quad (3)$$

Sous l'hypothèse de nullité en moyenne des erreurs ( $E(\varepsilon|X, Littoral) = 0$ ), les dépenses/habitant des communes littorales ( $Littoral = 1$ ) et des communes non littorales ( $Littoral = 0$ ) sont égales en moyenne à :

$$\bar{Y}^1 = \bar{X}^1' \eta^1 \quad (4)$$

$$\bar{Y}^0 = \bar{X}^0' \eta^0 \quad (5)$$

L'écart  $\bar{Y}^1 - \bar{Y}^0$  de dépenses/habitant entre communes littorales et non littorales se décompose comme suit en deux *effets*, l'un de composition, l'autre de structure :

$$\bar{Y}^1 - \bar{Y}^0 = \bar{X}^1' \eta^1 - \bar{X}^0' \eta^0 \quad (6)$$

$$\bar{Y}^1 - \bar{Y}^0 = \underbrace{(\bar{X}^1 - \bar{X}^0)' \eta^0}_{Composition} + \underbrace{\bar{X}^1' (\eta^1 - \eta^0)}_{Structure} \quad (7)$$

L'équation (7) représente la décomposition agrégée (agrégation des contributions des variables à chaque *effet*) de l'écart de dépenses par habitant. Le terme  $(\bar{X}^1 - \bar{X}^0)' \eta^0$  représente la part de l'écart de dépenses/habitant qui est due à une différence en moyenne des déterminants des dépenses/habitant entre communes littorales et communes non littorales. Il s'agit de l'*effet de composition*.

Le second terme  $\bar{X}^1' (\eta^1 - \eta^0)$  représente la part de l'écart de dépenses/habitant qui est liée aux différences d'élasticité. Il s'agit de l'*effet de structure*, ou part inexpliquée par les différences de caractéristiques. Il permet de quantifier, ici pour les communes littorales, l'écart entre le niveau moyen de dépenses observé ( $\bar{X}^1' \eta^1 =$

$\bar{Y}^1 = E(Y^1 | Littoral = 1)$ ) et le niveau moyen de dépenses qu'elles supporteraient si elles valorisaient leurs caractéristiques comme les autres communes, non littorales (contrefactuel inobservé,  $\bar{X}^1 \eta^0 = E(Y^0 | Littoral = 1)$ ), à caractéristiques inchangées. L'*effet de structure* correspond donc, pour les communes littorales, à l'effet du *traitement* « être une commune littorale » sur leurs dépenses, ou encore *Average Treatment Effect on the Treated*, noté ATT (Kline, 2011; Słoczyński, 2015).

### 2.1.1. L'interprétation causale de l'effet de structure

Il existe diverses méthodes d'estimation de l'ATT. Elles se démarquent par la manière dont est construit le terme contrefactuel (dans notre cas :  $\bar{X}^1 \eta^0$ ). L'idée étant de comparer les individus traités aux non-traités les plus similaires, la littérature propose diverses méthodes à l'aide du *propensity score*<sup>49</sup> (Rosenbaum & Rubin, 1983). Il s'agit entre autres de la pondération au *propensity score* (ou *inverse-probability weighting, IPW*), ou encore de l'appariement (par voisins les plus proches ou *nearest neighbours matching*, ou par fonction noyau ou *kernel matching*). La décomposition d'Oaxaca-Blinder présente l'avantage de correspondre à une méthode de pondération tout en étant plus facile à implémenter. Les travaux de Kline (2011) ont montré que l'ATT issu de la décomposition d'Oaxaca-Blinder correspond analytiquement à celui obtenu par pondération au *propensity score*. De plus, il présente de meilleures propriétés en échantillon fini et dans le cas de sous-représentation du groupe traité comparativement au groupe de contrôle. Empiriquement, sur des données d'emplois américaines, l'ATT d'Oaxaca-Blinder se montre plus performant (erreur-types plus faibles) que celui issu de la pondération au *propensity score* (Kline, 2011) et il est en moyenne plus performant (écart-types, biais et erreur quadratique moyenne (RMSE) plus faibles) qu'une série d'estimateurs alternatifs incluant les *nearest neighbours matching* ou encore les *kernel matching* (Słoczyński, 2015).

L'interprétation de l'*effet de structure* comme un effet causal (ATT) repose sur l'hypothèse d'indépendance conditionnelle<sup>50</sup> ou « ignorabilité ». Elle stipule qu'une fois les caractéristiques observées contrôlées, aucune caractéristique inobservée ne peut permettre de distinguer avec certitude les dépenses des communes littorales de celles des autres communes. Elle est respectée s'il ne demeure aucune variable omise corrélée aux caractéristiques communales (observées) et au *traitement*<sup>51</sup>. Cette hypothèse permet donc de s'assurer qu'à caractéristiques observées données, le *traitement* « être une commune littorale » est exogène. Empiriquement,

<sup>49</sup> Probabilité de recevoir le traitement, conditionnellement aux caractéristiques observées.

<sup>50</sup> *Conditional independence assumption* ou CIA, formalisée par  $(Y^1, Y^0) \perp Littorale | X$

<sup>51</sup> C'est-à-dire qu'il n'existe aucune variable omise (ou caractéristique inobservée) qui, de manière systématique, ne prendrait pas les mêmes valeurs pour les deux groupes, à caractéristiques observables données.

l'effet de structure correspond à l'ATT si les caractéristiques inobservées des deux groupes de communes (les résidus des régressions) partagent la même distribution conditionnelle (Fortin et al., 2011)<sup>52</sup>.

### 2.1.2. *La contribution des variables explicatives à l'effet de structure : le problème de la catégorie omise*

L'un des avantages de la décomposition d'Oaxaca-Blinder est d'identifier la contribution des variables explicatives à l'ATT grâce à la décomposition détaillée<sup>53</sup>. Toutefois, la validité de cette identification est menacée lorsque le modèle comporte des variables explicatives catégorielles (codées sous forme de variables binaires prenant les valeurs 1 ou 0 pour chaque modalité, et dont l'une des modalités a été exclue des estimations en tant que catégorie de référence). Lorsque la régression comporte de telles variables catégorielles, la décomposition détaillée de *l'effet de structure* est instable et varie en fonction du choix de la modalité de référence omise (Jones & Kelley, 1984; R. L. Oaxaca & Ransom, 1999)<sup>54</sup>. Cela s'explique par le fait que, dans la mesure où l'impact marginal de la modalité présente dans l'équation s'interprète relativement à la catégorie omise, le choix de cette dernière détermine la valeur des coefficients estimés, et donc l'ampleur de *l'effet de structure*<sup>55</sup>. Des solutions sont proposées par Gardeazabal & Ugidos (2004) et Yun (2005) à travers la normalisation des coefficients des modalités de la variable catégorielle. La normalisation a pour objectif d'estimer les coefficients de la régression relativement à la moyenne générale et non plus relativement à la modalité omise. Cette approche permet donc d'identifier, de manière robuste aux choix des modalités omises, les contributions de chaque variable à *l'effet de structure*. La décomposition a été implémentée avec la normalisation des coefficients des variables explicatives binaires sous le logiciel statistique R, grâce au package « oaxaca » développé par Hlavac (2018).

Ainsi, si les estimations concluent à la significativité de *l'effet de structure*, nous serons en mesure d'évaluer la contribution de chacune des variables à *l'effet de structure*. La décomposition détaillée (équation (8)) s'obtient en développant l'écriture matricielle de l'équation (7).

$$\bar{Y}^1 - \bar{Y}^0 = \sum_{k=1}^K (\bar{x}_k^1 - \bar{x}_k^0) \eta_k^0 + \sum_{k=1}^K \bar{x}_k^1 (\eta_k^1 - \eta_k^0) \quad (8)$$

<sup>52</sup> Dès lors que les caractéristiques omises partagent la même distribution conditionnelle, l'effet de structure correspond à l'ATT même si l'hypothèse d'espérance conditionnelle n'est pas satisfaite ( $E(\varepsilon|X, Littoral) \neq 0$ ). On parle alors d'ignorabilité faible (Fortin et al., 2011).

<sup>53</sup> Celle-ci permet aussi d'identifier les contributions à l'effet de composition.

<sup>54</sup> La décomposition détaillée de *l'effet de composition* et la décomposition agrégée (*effet de structure et de composition*) n'en sont pas affectées.

<sup>55</sup> Il existe des situations dans lesquelles la contribution de la variable à *l'effet de structure* change de signe en fonction de la modalité omise. Cf. l'exemple du niveau d'éducation pris comme variable catégorielle (lycée et études supérieures) considéré par Firpo et al. (2018; page 5) ou celui de Gardeazabal & Ugidos (2004; pages 1034-1035) sur la discrimination salariale en défaveur des femmes.

où l'indice  $k = 1, \dots, K$  identifie chacune des variables explicatives.

## 2.2. Données

Les estimations sont menées sur le logarithme des dépenses par habitant, avec d'une part les dépenses de fonctionnement, et d'autre part les dépenses d'investissement. Compte tenu de la forte inertie temporelle des dépenses de fonctionnement (et de la majorité des variables explicatives), nous considérons une coupe instantanée des 34 841 communes de France métropolitaine pour l'année 2019, la dernière disponible au démarrage de ce travail. Quant aux dépenses d'investissement, qui fluctuent pendant le mandat municipal, nous considérons une moyenne sur 3 ans (de 2017 à 2019)<sup>56</sup>. Les données sont mises à disposition en ligne par l'observatoire des finances et de la gestion publique locale (OFGL)<sup>57</sup>.

Parmi l'ensemble des facteurs mobilisés pour expliquer les dépenses par habitant, notre attention se porte particulièrement sur 3 familles d'utilisateurs des services publics locaux dans les indicateurs de densité : la population résidente, l'emploi (au lieu de travail) et les touristes (résidents secondaires et autres hébergements touristiques, à savoir lits d'hôtels et campings), mesurées à partir des données de l'INSEE. Le nombre de résidents secondaires et d'autres profils touristiques est obtenu à partir du nombre d'hébergements, en appliquant la pondération du taux de fonction touristique (Commissariat général au développement durable - CGDD, 2017b) ; c'est-à-dire 5 personnes pour une résidence secondaire, 3 personnes par emplacement de camping et 2 par chambre d'hôtel. À défaut de disposer de la fréquentation effective, cette pondération fournit un nombre théorique pour chacune des populations touristiques. Chacun de ces nombres d'utilisateurs des services communaux est rapporté à la superficie artificialisée de la commune. L'usage de la superficie artificialisée permet de mesurer la densité en restreignant la distribution spatiale des populations d'utilisateurs à la portion du territoire effectivement aménagée ou abritant des services publics. Nous excluons ainsi les superficies naturelles, agricoles ou forestières (NAF). Il s'agit donc d'une « densité nette » (Breuillé et al., 2019). La superficie artificialisée est mesurée à partir des données du Cerema, qui distinguent les parcelles communales artificialisées des parcelles NAF à l'aide des fichiers fonciers (Cerema, 2020a).

En vue d'isoler au mieux l'effet des densités sur les dépenses/habitant, nous mobilisons un ensemble de variables de contrôle, constitué premièrement de variables de ressources caractérisant la commune, comme le suggère le modèle de demande. Il s'agit du ratio fiscal (mesuré comme le ratio du potentiel fiscal de la taxe

---

<sup>56</sup> Les travaux de la Direction générale des collectivités locales (DGCL) mettent en lumière un niveau moyen de dépenses d'équipement, et notamment un effet de levier lié aux dotations perçues, plus importants sur la deuxième moitié du cycle municipal (fin de cycle) (Leforestier & Niel, 2018). De ce fait, une période de 3 ans, correspondant à la moitié du cycle municipal, est considérée pour le lissage des dépenses d'investissement à l'image de travaux existants (ex. Breuillé et al., 2019).

<sup>57</sup> <https://data.ofgl.fr>

d'habitation sur le potentiel fiscal total de la commune), du revenu moyen par habitant et des dotations et subventions perçues (Dotation globale de fonctionnement - DGF - dans le cas des dépenses de fonctionnement et dotation du Fonds de compensation de la TVA - FCTVA - pour les dépenses d'investissement)<sup>58</sup>.

Deuxièmement, nous considérons un ensemble de variables dites « de charges » (Guengant, 1998), pouvant impacter les dépenses communales par habitant. Il s'agit de la longueur de la voirie, du nombre de logements sociaux (source : DGCL), du taux de chômage (INSEE), de la structure par âge (INSEE – Filosofi). De plus, nous intégrons des variables de formes urbaines mobilisées dans le chapitre 1. Il s'agit du taux d'artificialisation de la superficie communale (qui rapporte la superficie artificialisée (Cerema, 2020) à la superficie totale) et d'un indice de Gini d'inégalité infra-communale de la densité démographique<sup>59</sup>.

Troisièmement, nous considérons des variables de contexte institutionnel et politique local. D'une part, il s'agit de prendre en compte l'hétérogénéité de l'intégration intercommunale (le partage variable des compétences entre les communes et leur EPCI<sup>60</sup> à fiscalité propre) en contrôlant par les dépenses par habitant de l'intercommunalité d'appartenance de la commune. D'autre part, nous intégrons les préférences politiques de la population résidente. Elles sont mesurées à partir des pourcentages de votes pour des candidats de Gauche, de Droite, et pour le candidat E. Macron (modalité de référence) au premier tour des élections présidentielles de 2017.

La définition du littoral que nous considérons s'appuie sur la loi de 1986, dite « loi Littoral »<sup>61</sup>. Il s'agit des 825 communes « totalement littorales »<sup>62</sup>, classées en 2019 en loi Littoral en raison de leur façade maritime. Des périmètres alternatifs à cette définition du littoral sont examinés à titre de robustesse.

A titre de synthèse, le **Tableau 3** ci-après recense l'ensemble des variables accompagnées de statistiques descriptives. 381 communes (dont 2 communes littorales, l'Île-de-Sein et l'île de Molène) ont été exclues des estimations des dépenses de fonctionnement (et des statistiques descriptives) en raison de la non-disponibilité de certaines variables du modèle. Pour les dépenses d'investissement, 10 communes supplémentaires ont été

---

<sup>58</sup> Les données proviennent de la base de données des critères DGF (DGCL) et du site de l'OFGL pour la compensation de la TVA.

<sup>59</sup> Cet indice est calculé à partir des données carroyées de l'INSEE (Filosofi 2015), qui indiquent le nombre d'habitants à la maille de 200m × 200m, observable donc à l'intérieur de la commune. Plus le Gini est élevé, c'est-à-dire tend vers 1, plus la distribution infra-communale de la population est hétérogène, avec peu de pôles démographiques (centre-ville) concentrant l'essentiel de la population. Cet indice permet donc de mesurer la « nucléarité » spatiale de la densité à l'échelle infra-communale (Galster et al., 2001).

<sup>60</sup> EPCI : établissement public de coopération intercommunale. Les données intercommunales proviennent du site de l'OFGL.

<sup>61</sup> Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (1) (1986)

<sup>62</sup> Par opposition aux communes « partiellement littorales » (6 en 2019), qui sont des communes issues d'une fusion entre une(des) commune(s) anciennement non-littorale(s) et une(des) commune(s) antérieurement classée(s) littorale(s) par la « loi Littoral ».

exclues (dont 3 communes littorales, l'Île-de-Bréhat, l'Île-d'Yeu et l'île d'Ouessant). Enfin, 84 communes pour lesquelles nous ne disposons pas de données relatives au revenu moyen par habitant ont été exclues des estimations et des statistiques descriptives. Ce sont toutes des communes non littorales très peu peuplées<sup>63</sup>.

### 2.3.Méthodologie économétrique

Il peut exister une causalité inverse entre les densités et les dépenses par habitants : les dépenses par habitants évoluent-elles en réponse à la densité du territoire ? Ou à l'inverse, la densité observée est-elle le fruit d'une politique d'attractivité via les dépenses communales (plus de services publics locaux et donc de dépenses par habitant dans le but d'attirer davantage de populations) ? De plus, ces deux relations peuvent exister conjointement (biais de simultanéité). Afin de contrôler ces problèmes économétriques et estimer exclusivement l'impact de la densité sur les dépenses par habitant, nous procédons à une estimation par doubles moindres carrés, en instrumentant les densités par leur retard de 10 ans (Breuillé et al., 2019; Holcombe & Williams, 2008). Les dépenses intercommunales sont également instrumentées par la population de l'EPCI (proxy des compétences obligatoires qui lui sont transférées). Les estimations menées par les doubles moindres carrés sont sans biais, car d'une part nous disposons d'autant d'instruments que de variables endogènes (système juste-identifié), et d'autre part ces instruments ne sont pas des « instruments faibles » (les instruments sont fortement corrélés aux variables endogènes ; cf. F-stat des régressions de première étape en annexe 7) (cf. chapitre 4 de Angrist & Pischke, 2008).

Pour certaines variables telles que la densité des hébergements touristiques, la longueur de la voirie, les dépenses intercommunales, ou encore les dotations perçues (DGF et compensation de la TVA), la transformation logarithmique se montre problématique, nombre de communes ayant des valeurs nulles. Pour ces variables, l'estimation sans biais de l'élasticité consiste (i) à imposer un zéro après la transformation logarithmique pour les communes à valeurs nulles et (ii) à introduire une variable indicatrice (*dummy* prenant la valeur 1 si un zéro a été imposé à l'étape (i) ; 0 sinon) identifiant ces communes (Battese, 1997). C'est pourquoi une mention « contrôle des valeurs nulles » est explicitée dans la dernière ligne de chaque tableau. Les résultats complets sont disponibles en annexe.

---

<sup>63</sup> La plus peuplée étant Poiley (50407) avec 930 habitants.

**Tableau 3: Statistiques descriptives**

Statistique	Communes non littorales (N=33626)				Communes littorales (N=823)			
	Moy.	Min	Max	Ecart-type.	Moy.	Min	Max	Ecart-type .
Dépenses de fonctionnement/ habitant (€/hab.)	710,49	127,63	41580,31	593,13	1223,95	281,45	28213,92	1261,76
Dépenses d'investissement/ habitant (€/hab.)	493,63	0,57	40501,89	672,45	693,85	8,49	13718,18	794,207
Densité démographique (hab./km2 artificialisés)	1216,11	3,05	35263,93	1054,16	1383,08	160,97	8801,14	965,88
Densité d'emploi (hab./km2 artificialisés)	279,66	0,59	30940,27	574,85	430,99	37,31	6662,39	518,24
Densité de résidents secondaires (hab./km2 artificialisés)	507,54	0,24	54920,71	1368,41	2309,04	1,76	21701,71	2776,70
Densité autres hébergements touristiques (hab./km2 artificialisés)	72,67	1	16825	339,24	573,65	1,00	10196,67	817,62
Gini (pop. infra-communale)	0,49	0,00	0,79	0,09	0,54	0,15	0,78	0,08
Taux d'artificialisation (%)	8,09	0,04	100,00	12,30	20,54	0,19	100,00	18,94
Part des <10ans (%)	12,59	0,00	32,89	3,49	10,26	1,80	18,90	2,86
Part des 11-17ans (%)	8,66	0,00	20,62	2,17	7,63	0,00	20,00	1,71
Part des 18-24ans (%)	4,92	0,00	17,14	1,53	4,59	0,00	8,77	1,13
Part des >65ans (%)	20,63	1,96	64,05	6,85	26,94	10,36	63,06	8,12
Revenu moyen/habitant (€/hab.)	13796	2768	73663,55	3320,23	16201,00	7397,83	44622,44	3683,20
Ratio fiscal	0,45	0,004	0,99	0,13	0,52	0,005	0,82	0,14
Taux de chômage (%)	10,92	0,50	55,60	4,78	13,55	3,40	30,80	4,25
Part des logements sociaux (%)	3,25	0,00	84,78	6,46	4,68	0,00	60,25	6,63
Longueur voirie (km)	19,41	0,05	1625,00	27,57	50,12	0,10	1250,00	72,08
Part votes Gauche (%)	24,53	0,00	90,00	8,22	24,20	2,44	50,73	7,10
Part votes Droite (%)	55,13	0,00	97,14	10,66	52,67	27,69	80,61	10,36
DGF/ habitant (€/hab.)	178,99	0,10	4495,85	136,88	224,96	1,00	4342,23	196,58
FCTVA/ habitant (€/hab.)	50,05	0,00	7625,06	92,51	65,80	0,03	1215,20	85,29
Dépenses de fonctionnement/ habitant EPCI (€/hab.)	427,68	1,00	2910,62	211,29	504,45	1,00	1318,67	242,99
Dépenses d'investissement/ habitant EPCI (€/hab.)	196,17	7,67	993,77	127,79	263,73	38,42	857,83	162,12

### 3. Résultats

Nous présentons d'abord les résultats de l'estimation par la méthode des doubles moindres carrés des dépenses communales pour nos deux échantillons respectifs (communes littorales et communes non-littorales) dans le paragraphe 1 ci-dessous. Puis, nous appliquons la décomposition d'Oaxaca-Blinder dans le paragraphe 2. Dans un premier temps, la décomposition globale nous permet de déterminer dans quelles proportions les inégalités de dépenses entre les deux groupes de communes sont globalement expliquées, soit par des différences dans les variables explicatives des dépenses (effet de composition), soit par des différences de comportement entre elles (effet de structure). Dans un second temps, nous évaluons la principale motivation du chapitre, à savoir identifier la contribution des différentes variables, dont la densité démographique, à l'effet de structure. Enfin, dans un dernier temps (paragraphe 3), nous menons plusieurs analyses de robustesse.

#### 3.1. Régressions des dépenses par habitant pour les communes littorales et les communes non-littorales

Les résultats des régressions sont fournis dans le tableau 2. Les 2 premières colonnes présentent les estimations pour les dépenses de fonctionnement, et les 2 dernières celles des dépenses d'investissement. Dans chaque cas, les estimations sont menées sur l'échantillon des communes littorales (colonnes 1 et 3) puis sur les autres communes (non littorales, colonnes 2 et 4). Les écart-types robustes ajustés par cluster (au niveau des départements) sont fournis entre parenthèses en-dessous des coefficients.

Le résultat central des estimations est que les variables de densité (densité démographique, densité d'emploi, densités touristiques, à savoir résidents secondaires et autres hébergements touristiques) exercent un impact significatif mais hétérogène sur les deux types de dépenses/habitant considérées (fonctionnement et investissement). Seule l'élasticité à la densité démographique (qui rapporte la population INSEE à la superficie artificialisée communale) présente une valeur négative. Ainsi, une hausse de la densité démographique de 1% conduit à réduire les dépenses de fonctionnement par habitant de 0,441% pour les communes littorales et de 0,107% pour les autres communes. Quant aux dépenses d'investissement par habitant, ces élasticité sont respectivement de -0,367 et -0,112. Au contraire de ces élasticité aux densités démographiques, les élasticité aux densités d'emploi et de résidents secondaires sont positives et significatives, ce qui est un résultat intuitif : pour un nombre d'habitants donné, une forte présence d'usagers non-résidents des services publics tend à accroître le niveau de dépenses (de fonctionnement et d'investissement) exprimées par habitant. Enfin, pour ce qui est des autres hébergements touristiques (chambres d'hôtel, places de camping), la densité n'a d'impact significatif que pour les communes non littorales. Ceci peut s'expliquer par la corrélation entre le nombre de résidences secondaires et le nombre d'autres hébergements touristiques au sein des communes littorales. Ainsi, à nombre de résidences secondaires donné, une hausse du nombre de chambres d'hôtel et de places de camping n'a pas d'incidence sur les dépenses des communes littorales.

La littérature fournit peu de travaux avec des résultats comparables. En effet, la grande majorité des travaux disponibles (sur données américaines ou françaises) n'analyse pas les effets de la densité nette (qui rapporte ici

chaque population d'usagers du service public local à la superficie artificialisée du territoire communal) mais ceux de la densité brute, avec la superficie totale de la commune au dénominateur de l'indicateur. C'est un inconvénient majeur dans la mesure où la part artificialisée du territoire communal est très hétérogène entre communes. Seuls Breuillé et al (2019) suivent une démarche comparable, mais avec des différences importantes : les auteurs estiment l'impact de la densité « humaine » sur les dépenses des communes des grandes aires urbaines, en additionnant le nombre d'habitants et le nombre d'emplois au numérateur, et en mobilisant une mesure de la superficie urbanisée issue de la BD-TOPO de l'IGN. L'élasticité estimée est en général négative, suggérant (pour leur échantillon de communes des aires urbaines) des économies d'échelle en termes de densité, mais sans distinguer les effets de la population résidente de ceux des employés au lieu de travail.

Deuxièmement, le **Tableau 4** montre que les dépenses communales ne sont pas seulement sensibles aux densités moyennes d'usagers, au sein des superficies artificialisées, mais également aux inégalités d'occupation du territoire par les habitants (Gini de la population infra-communale)<sup>64</sup>. En effet, à superficie artificialisée donnée, le **Tableau 4** montre que plus les habitants sont répartis de manière inégale au sein du territoire communal artificialisé, plus les dépenses de fonctionnement sont élevées. Ainsi, la densification doit être encouragée de manière homogène sur l'ensemble du territoire communal déjà artificialisé. Ce résultat n'est retrouvé, pour les dépenses d'investissement, que pour les communes non-littorales.

#### **Résultat 1 :**

**Toutes choses égales par ailleurs, une densité démographique plus élevée permet de réduire les dépenses par habitant (fonctionnement et investissement) des communes. Les densités des autres familles d'usagers (emploi au lieu de travail et touristes) accroissent quant à elles les dépenses par habitant.**

---

<sup>64</sup> Les inégalités infra-communales d'occupation par l'emploi et les touristes ne sont pas disponibles à notre connaissance. C'est pourquoi nos modèles étudient l'échelle infra-communale uniquement pour la population résidente.

**Tableau 4: Régressions par la méthode des variables instrumentales**

	Fonctionnement		Investissement	
	Communes littorales	Communes non littorales	Communes littorales	Communes non littorales
	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	1,568 (1,664)	6,822*** (0,708)	5,589*** (0,711)	6,481*** (0,464)
log(densité démographique)	-0,441*** (0,069)	-0,107*** (0,021)	-0,367*** (0,097)	-0,112*** (0,025)
log(densité d'emploi)	0,313*** (0,050)	0,114*** (0,013)	0,201** (0,072)	0,093*** (0,017)
log(densité de résidents secondaires.)	0,149*** (0,021)	0,076*** (0,011)	0,115** (0,036)	0,071*** (0,013)
log(densité d'autres hébergements touristiques)	0,031* (0,015)	0,034*** (0,008)	0,020 (0,016)	0,046*** (0,008)
Gini (pop. infra-communale)	0,702** (0,269)	0,409*** (0,102)	0,616 (0,381)	0,388*** (0,111)
Taux d'artificialisation	-0,0004 (0,002)	0,004*** (0,001)	-0,0001 (0,002)	0,0001 (0,001)
log(Revenu/ habitant)	0,611*** (0,130)	0,239*** (0,013)	0,084 (0,117)	0,057** (0,023)
log(FCTVA/ habitant)			0,336*** (0,037)	0,338*** (0,008)
(Contrôles)	Oui	Oui	Oui	Oui
(Contrôle des valeurs nulles)	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	823	33 626	820	33 619
Adjusted R2	0,645	0,368	0,547	0,378
Residual Std. Error	0,333 (df = 799)	0,347 (df = 33518)	0,490 (df = 796)	0,634 (df = 33511)
F Statistic	66,044***(df = 23 ; 799)	853,163***(df = 23 ; 33518)	44,002***(df = 23 ; 796)	888,913***(df = 23 ; 33511)

Note :

\*p<0,05 ; \*\*p<0,01 ; \*\*\*p<0,001

Les 12 variables de contrôle comprennent notamment la longueur de la voirie, le nombre de logements sociaux, le taux de chômage, la structure par âge de la population résidente et un proxy de l'orientation politique des électeurs. La ligne *Contrôles des valeurs nulles* renvoie à l'introduction d'une variable indicatrice contrôlant les valeurs nulles (pour la densité des hébergements touristiques, la longueur de la voirie, les DGF, les FCTVA et les dépenses intercommunales) modifiées après la transformation logarithmique (Battese, 1997) (cf. *supra*, section 3c). Les écart-types robustes à l'hétéroscédasticité sont fournies entre parenthèses.

Ces premiers résultats suggèrent une incitation budgétaire (sous forme de dépenses plus faibles) à densifier la population dans les communes. Toutefois, les différences d'élasticités obtenues entre nos 2 groupes de communes ne peuvent être interprétées comme l'effet causal du fait d'être une commune littorale. En effet, les communes littorales se distinguant des autres communes par leurs caractéristiques, une comparaison directe des élasticités entre les 2 groupes peut comporter un biais de sélection. Par la décomposition d'Oaxaca-Blinder, ce biais de sélection est contrôlé via l'*effet de composition* et nous identifions l'effet causal du fait d'être une commune littorale pour les communes littorales (average treatment effect on the treated, ATT) via l'*effet de structure*.

### **3.2. Résultats de la décomposition d'Oaxaca-Blinder appliquée aux communes littorales**

Les estimations économétriques prédisent des dépenses moyennes de 1 014 €/habitant pour les communes littorales au titre du fonctionnement, contre 631 €/habitant pour les autres communes (cf. **Tableau 5**<sup>65</sup>). Au titre des dépenses d'investissement, ces moyennes sont respectivement de 520 et 350 €/habitant (**Tableau 6**). La décomposition d'Oaxaca-Blinder nous permet de mettre en évidence les sources de cet écart de dépenses entre les communes littorales et non littorales, en procédant à une décomposition agrégée (panel A des **Tableau 5** et **Tableau 6**) puis à une décomposition détaillée (panel B)<sup>66</sup>. Nous exposons la décomposition agrégée dans le résultat 2 puis la décomposition détaillée dans les résultats 3 à 5.

Premièrement, nous montrons que l'effet de composition comme l'effet de structure contribuent à expliquer de manière significative l'écart de dépenses de fonctionnement par habitant entre communes littorales et non-littorales. De plus, c'est l'effet de composition qui fournit la contribution majeure à l'écart, avec plus de 81% des écarts de dépenses de fonctionnement (**Tableau 5**, panel A). Ainsi, le surplus de dépenses supporté par les communes littorales comparativement aux autres communes est essentiellement dû à la différence (en moyenne) des déterminants des dépenses entre ces 2 groupes de communes.

#### **Résultat 2 :**

**Les inégalités de dépenses par habitant entre communes littorales et communes non-littorales s'expliquent principalement par l'effet de composition évalué par la méthode d'Oaxaca-Blinder. L'hétérogénéité des comportements de dépenses (effet de structure) est significative mais secondaire pour les dépenses de fonctionnement.**

Deuxièmement, plus que les densités démographiques ou d'emploi, ce sont les densités de populations touristiques qui contribuent le plus à l'effet de composition (**Tableau 5**, panel B, colonne 2). C'est le cas par

---

<sup>65</sup> Les valeurs présentées dans le **Tableau 5** et le **Tableau 6** sont exprimées en logarithme. Les montants en €/habitant sont obtenus par transformation exponentielle.

<sup>66</sup> Cf. annexe 3 pour les tableaux complets de résultats. Comme pour le tableau 2, nous présentons les résultats pour les principales variables d'intérêt (densités notamment) et pour la variable de contrôle qui contribue le plus (revenu pour les dépenses de fonctionnement, FCTVA pour les dépenses d'investissement) aux effets dans la décomposition détaillée.

exemple de la densité de résidences secondaires, qui est 4,5 fois plus élevée sur le littoral qu'ailleurs, et qui exerce un impact significatif et positif sur les dépenses par habitant. Pour les dépenses de fonctionnement, la colonne 2 indique que 30,78% de l'écart de dépenses entre les communes littorales et les autres communes s'explique par la surreprésentation des résidences secondaires sur le littoral. En d'autres termes, l'écart de dépenses de fonctionnement serait 30,78% plus faible si les communes littorales accueillaient autant de résidents secondaires (à superficie artificialisée donnée, donc en densité) que les autres communes, à élasticité inchangée de la dépense de fonctionnement. La densité des autres populations touristiques (approchées par le nombre de lits d'hébergements touristiques) contribue également, presque à même hauteur (27,39%) que celle des résidences secondaires, à accroître l'écart de dépenses de fonctionnement entre les deux types de communes via l'*effet de composition*.

En revanche, la densité démographique n'explique que marginalement l'effet de composition et contribue à réduire l'écart de dépenses. En effet, avec un effet négatif de la densité démographique sur les dépenses/habitant, le fait que les communes littorales soient en moyenne 14% plus denses que les autres communes contribue à réduire l'écart de dépenses de fonctionnement de 2,56%. En d'autres termes, si les communes littorales étaient « aussi peu denses » que les autres communes, l'écart de dépenses de fonctionnement par habitant serait 2,56% plus élevé (à élasticité inchangée).

### **Résultat 3 :**

**Les inégalités de densités de populations touristiques (tant en résidences secondaires qu'en autres lits touristiques) contribuent à expliquer l'essentiel de l'effet de composition dans les inégalités de dépenses de fonctionnement entre communes littorales et communes non-littorales.**

La décomposition de l'écart de dépenses d'investissement entre communes littorales et non-littorales est fournie au **Tableau 6**. L'*effet de structure* n'y est pas statistiquement significatif (panel A), sans doute parce que les effets fixes en lien avec la création ou l'entretien des infrastructures publiques locales ne sont pas spécifiques aux communes littorales. L'écart moyen de dépenses d'investissement entre les communes littorales et les autres communes provient donc exclusivement des différences de caractéristiques communales entre ces deux groupes de communes. De plus, le panel B du **Tableau 6** précise l'origine de cet effet de composition : ce sont les densités de résidents secondaires (à 34,77%) et d'hébergements touristiques (à 44,33%), ainsi que le niveau de subvention par le FCTVA (à 47,6%), principale subvention d'investissement de l'Etat aux communes, qui sont les trois principales caractéristiques communales qui contribuent le plus fortement à l'*effet de composition* des dépenses d'investissement.

#### Résultat 4 :

**A effet de structure non significatif, les inégalités de densités de populations touristiques, associées aux différences de dotations d'équipement reçues (FCTVA), contribuent à expliquer l'essentiel de l'effet de composition dans les inégalités de dépenses d'investissement entre communes littorales et communes non-littorales.**

Enfin, la méthode d'Oaxaca-Blinder nous permet de savoir comment les effets (coefficients) de la densité démographique contribuent à l'écart de dépenses entre les communes littorales et les autres communes. En effet, puisque le résultat 2 montre que la différence en moyenne des déterminants des dépenses entre les 2 groupes de communes (*effet de composition*) n'est pas la seule source de l'écart de dépenses de fonctionnement, ceci implique que l'écart est aussi lié à la différence dans la manière dont les déterminants des dépenses (les caractéristiques communales) sont valorisés d'une part par les communes littorales et d'autre part par les autres communes. Il s'agit de l'*effet de structure*, qui est ici significatif pour les seules dépenses de fonctionnement. Il quantifie, pour les communes littorales, l'écart entre le niveau moyen de dépenses observé et le niveau moyen de dépenses (contrefactuel inobservé) qu'elles supporteraient si elles valorisaient leurs caractéristiques comme les autres communes, non littorales (à caractéristiques inchangées). L'effet de structure correspond donc, pour les communes littorales, à l'effet causal du *traitement* « être une commune littorale » sur leurs dépenses, et la décomposition détaillée permet d'évaluer la contribution de chaque variable à cet effet causal.

Concernant les dépenses de fonctionnement, l'*effet de structure* représente 18,59% de l'écart entre les communes littorales et les autres communes. Les variables qui contribuent le plus à l'*effet de structure* sont le revenu moyen par habitant et la densité démographique ; la première ayant un impact positif sur l'écart de dépenses (1 310,57%), quand la seconde tend à le réduire (-495,94%) comme l'indique la colonne 4 du **Tableau 5**. La contribution positive du revenu moyen par habitant à l'*effet de structure* implique d'abord que les élasticités des dépenses de fonctionnement relativement à cette variable sont significativement différentes entre communes littorales et communes non littorales. En d'autres termes, il existe une différence dans la propension marginale à consommer le bien public local (plus importante pour les communes littorales si le bien public local est un bien normal). Ensuite, ce résultat signifie que compte tenu du niveau moyen du revenu par habitant des communes littorales, l'écart de dépenses de fonctionnement serait moins important si la propension marginale à consommer le bien public local était la même entre les communes littorales et les communes non littorales.

C'est l'inverse pour ce qui est de la contribution de la densité démographique à l'*effet de structure* : si l'élasticité des dépenses de fonctionnement à la densité démographique pour les communes littorales était la même que celle des autres communes, l'écart de dépenses serait 4,95 fois supérieur à celui effectivement observé. La contribution de la densité démographique à l'effet de structure est donc de faire converger les coûts des services publics locaux (en termes de dépenses de fonctionnement) entre communes littorales et communes non littorales.

## Résultat 5

La décomposition détaillée de l'effet de structure au sein des dépenses de fonctionnement indique que les différences d'élasticités, d'une part au revenu, d'autre part à la densité démographique, sont les principales sources de différenciation des comportements des communes littorales.

**Tableau 5 : Décompositions agrégée détaillée des écarts de dépenses de fonctionnement**

**Panel A** : Décomposition agrégée

	Valeur (en log)	%
Dépenses des communes littorales	6,922	
Dépenses des communes non littorales	6,447	
Différence	0,475	100
Effet de composition	0,387***	81,413
Effet de structure	0,088***	18,587

**Panel B** : Décomposition détaillée

	Composition (1)	% (2)	Structure (3)	% (4)
log(densité démographique)	-0,012***	-2,559	-2,357***	-495,935
log(densité d'emploi)	0,057***	12,060	1.124**	236,420
log(densité de résidents secondaires)	0,146***	30,776	0.518***	108,914
log(densité d'autres hébergements touristiques)	0,13***	27,389	-0.017	-3,506
Gini (pop. infra-communale)	0,02***	4,262	0,159	33,383
Taux d'artificialisation	0,054***	11,379	-0.098**	-20,694
log(Revenu/ habitant)	-0,006***	-1,313	6,23***	1 310,573
(Contrôles)		<i>Oui</i>		<i>Oui</i>
(Contrôle des valeurs nulles)		<i>Oui</i>		<i>Oui</i>

**Tableau 6: Décompositions agrégée et détaillée des écarts de dépenses d'investissement**

**Panel A : Décomposition agrégée**

	Valeur (log)	%
Dépenses des communes littorales	6,253	
Dépenses des communes non littorales	5,859	
Différence	0,395	100
Effet de composition	0,393 ***	99,429
Effet de structure	0,002	0,571

**Panel B : Décomposition détaillée**

	Composition (1)	% (2)
log(densité démographique)	-0,013***	-3,293
log(densité d'emploi)	0,047***	11,876
log(densité de résidents secondaires)	0,137***	34,772
log(densité d'autres hébergements touristiques)	0,175***	44,332
Gini (pop. infra-communale)	0,019***	4,881
Taux d'artificialisation	0,001	0,298
log(Revenu/ habitant)	-0,005*	-1,350
log(FCTVA/ habitant)	0,188***	47,612
(Contrôles)		Oui
(Contrôle des valeurs nulles)		Oui

### 3.3. Analyses de robustesse

#### 3.3.1. Indicateurs alternatifs

Nous avons effectué une série d'estimations additionnelles qui révèlent la forte robustesse de nos résultats. Premièrement, puisque les variables de densités nettes des populations d'usagers sont conditionnées par l'indicateur de superficie artificialisée du CEREMA, nous mobilisons la source alternative proposée par les données CORINE Land Cover. Ces données proposent une évaluation des surfaces urbanisées moins fine (seules les surfaces urbanisées de plus de 25 hectares en continue sont identifiées) que celle du CEREMA (issues des fichiers fonciers, donc d'une approche à la parcelle cadastrale). Deuxièmement, pour contrôler différemment les effets du partage de compétences entre communes et intercommunalité, nous adoptons l'approche de (Breuillé et al., 2019) qui additionnent les dépenses communales et les dépenses intercommunales réparties au prorata de la population communale. Troisièmement, nous faisons varier la définition de la commune littorale, en intégrant, en plus des communes maritimes « totalement littorales », celles « partiellement littorales », puis également les communes riveraines d'estuaires (partiellement et totalement). Les résultats sont dans l'ensemble robustes, avec un effet de structure toujours significatif pour les dépenses de fonctionnement et marqué par les contributions de la densité démographique et du revenu moyen par habitant (à l'exception du modèle intégrant les communes d'estuaires aux communes littorales, où l'effet de structure du revenu n'est pas significatif). Ces résultats sont disponibles en annexe.

#### 3.3.2. Décomposition au-delà de la moyenne

Une critique de l'approche mobilisée jusqu'à présent pourrait concerner la limite de l'utilisation de la moyenne. La décomposition ayant été effectuée sur l'**écart moyen** des dépenses par habitant entre les communes littorales et les autres communes, les implications des effets de structure et de composition ne reflètent pas forcément la réalité de chacune des communes. Notamment, concernant l'effet de structure, il est possible que les petites communes rurales (littorales et non-littorales) ne diffèrent pas en termes de propension marginale à consommer le bien public local (coefficient du revenu/habitant) ou d'économies d'échelle liées à la densité. De plus, l'hétérogénéité intra-groupe (ex. entre communes littorales) des déterminants des dépenses par habitant nécessitent de nuancer les implications de la décomposition détaillée de l'effet de composition : toutes les communes littorales n'accueillent pas systématiquement plus de résidents secondaires et/ou de touristes que les communes non-littorales comparables (ex. les stations de ski et autres communes de montagne).

Une manière de tenir compte de ce type d'hétérogénéité serait de mener la décomposition des écarts moyens par strates démographiques par exemple, en comparant d'une part les communes de moins de 1 000 habitants (littorales et non littorales), d'autre part celles entre 1 000 et 3 500 habitants, etc. Bien que facile à implémenter, cette approche présenterait deux limites majeures. Premièrement, la définition des seuils de population se fait souvent arbitrairement et peut donc conserver de l'hétérogénéité à l'intérieur des strates. Deuxièmement, les différences de taille d'échantillon, d'une strate à une autre, peuvent impacter les inférences statistiques.

Une autre manière de rendre compte des écarts de dépenses par habitant entre communes littorales et non-littorales serait de considérer l'ensemble de leur distribution statistique. Les quantiles constituent un indicateur pertinent pour ce faire, et se montrent mieux adaptés que des strates démographiques par exemple. Des décompositions de type Oaxaca-Blinder appliquées aux régression quantiles inconditionnelles (Firpo et al., 2018) sont donc mobilisées afin de nuancer les résultats obtenus sur les écarts moyens.

- **Décompositions appliquées aux régressions quantiles inconditionnelles**

Il convient de relever la différence entre la régression quantile inconditionnelle, basée sur les RIF (Firpo et al., 2018), et la régression quantile conditionnelle (Koenker & Bassett, 1978), employée plus couramment. Les coefficients obtenus par cette dernière quantifient, pour un changement (de la distribution) de  $X$ , la variation des quantiles (ex. la médiane) de la distribution de  $Y$  conditionnelle à  $X$ <sup>67</sup>. Le cas d'une variable explicative binaire permet une interprétation plus aisée. Dans ce cas, le coefficient de la régression quantile conditionnelle, par exemple pour la médiane, mesure la différence entre la médiane de  $Y$  pour  $X=1$  et la médiane de  $Y$  pour  $X=0$ <sup>68</sup>. Ainsi, sauf sous l'hypothèse d'invariance des rangs (c'est-à-dire que les individus conservent leurs positions respectives dans les distributions sous  $X=0$  et sous  $X=1$ ), la régression quantile conditionnelle ne mesure pas l'effet d'une hausse de  $X$  sur le  $Y$  pour les individus se trouvant au quantile  $\tau$  (Givord & D'Haultfoeuille, 2013)<sup>69</sup>. Elle ne permet pas de répondre à la question que nous nous posons, qui est de quantifier les effets de  $X$  **sur la distribution marginale** (ou inconditionnelle) de  $Y$ , par analogie avec les régressions linéaires usuelles (par exemple la méthode des moindres carrés ordinaires – MCO) qui quantifient les **effets marginaux moyens** de  $X$  sur  $Y$ <sup>70</sup>. Grâce aux fonctions d'influence recentrées (recentered influence functions, RIF), appliquées aux quantiles inconditionnels, il est possible de modéliser les effets de variables  $X$  sur la distribution marginale de  $Y$ . C'est la régression quantile inconditionnelle (Firpo et al., 2009). Elle est approximée linéairement par la relation :

$$E[RIF(Y; Q^\tau(Y))] = X \times \eta(\tau) \quad (9)$$

Où  $RIF(Y; Q^\tau(Y)) = Q^\tau(Y) + \frac{\tau - 1\{Y < Q^\tau(Y)\}}{f_Y(Q^\tau(Y))}$  représente la fonction d'influence recentrée (RIF) pour  $f_Y(Q^\tau(Y))$

la densité marginale de  $Y$  calculée sur le quantile inconditionnel d'ordre  $\tau$ ,  $Q^\tau(Y)$ . L'hypothèse de linéarité<sup>71</sup>

<sup>67</sup> Dans notre contexte, l'équation s'écrirait :  $Q^\tau(Y|X) = X \times \eta(\tau)$ .

<sup>68</sup> Il ne s'agit donc pas de la médiane des effets marginaux des individus.

<sup>69</sup> Cela s'explique par le fait qu'avec des rangs variables, rien ne garantit que l'on observe les mêmes individus au quantile conditionnel  $\tau$  avant et après la hausse marginale de  $X$  (sous  $X=0$  et sous  $X=1$ ). L'hypothèse d'invariance des rangs est encore plus difficile à vérifier dans le cas d'une variable explicative continue.

<sup>70</sup> Dans le cas des régressions linéaires usuelles (ex. MCO), les effets sur la moyenne conditionnelle  $E(Y|X)$  correspondent aux effets moyens marginaux car  $E[E(Y|X)] = E(Y)$ . Cette relation n'étant pas systématique pour les statistiques telles que les quantiles ( $E[Q^\tau(Y|X)] \neq Q^\tau(Y)$ ), la régression quantile conditionnelle ne permet pas d'identifier les effets sur la distribution marginale de  $Y$ .

<sup>71</sup> Il est possible de quantifier l'erreur d'approximation liée à cette spécification linéaire en mesurant la différence entre les écarts de quantiles (empiriques) et les écarts de quantiles estimés par la régression RIF linéaire :

$$\text{Erreur de spécification} = Q_1(Y) - Q_0(Y) - (\hat{Q}_1^\tau(Y) - \hat{Q}_0^\tau(Y))$$

permet de formuler la décomposition de l'écart des quantiles comme celle de la moyenne, et d'identifier les contributions des variables explicatives (Firpo et al., 2018):

$$\hat{Q}_1^\tau(Y) - \hat{Q}_0^\tau(Y) = \underbrace{\sum_{k=1}^K (\bar{x}_k^1 - \bar{x}_k^0) \hat{\eta}_k^0(\tau)}_{\text{effet de composition ordre } \tau} + \underbrace{\sum_{k=1}^K \bar{x}_k^1 (\hat{\eta}_k^1(\tau) - \hat{\eta}_k^0(\tau))}_{\text{effet de structure ordre } \tau} \quad (10)$$

Les coefficients  $\hat{\eta}_k^g(\tau)$  représentent les effets marginaux de la variable  $x_k$  sur les quantiles inconditionnels et  $g = 0,1$  indique l'appartenance au groupe des communes littorales et celui des communes non littorales, respectivement.

Il convient de rappeler que, comme le précisent Firpo et al. (2018), il aurait été possible d'appliquer une décomposition de type Oaxaca-Blinder à partir de la régression quantile conditionnelle (Machado & Mata, 2005). Toutefois, elle n'aurait pas permis d'identifier les contributions des variables explicatives ( $\bar{x}_k^g$ ) à l'effet de composition comme il est possible avec les quantiles inconditionnels.

- **Résultats de la décomposition selon les quantiles**

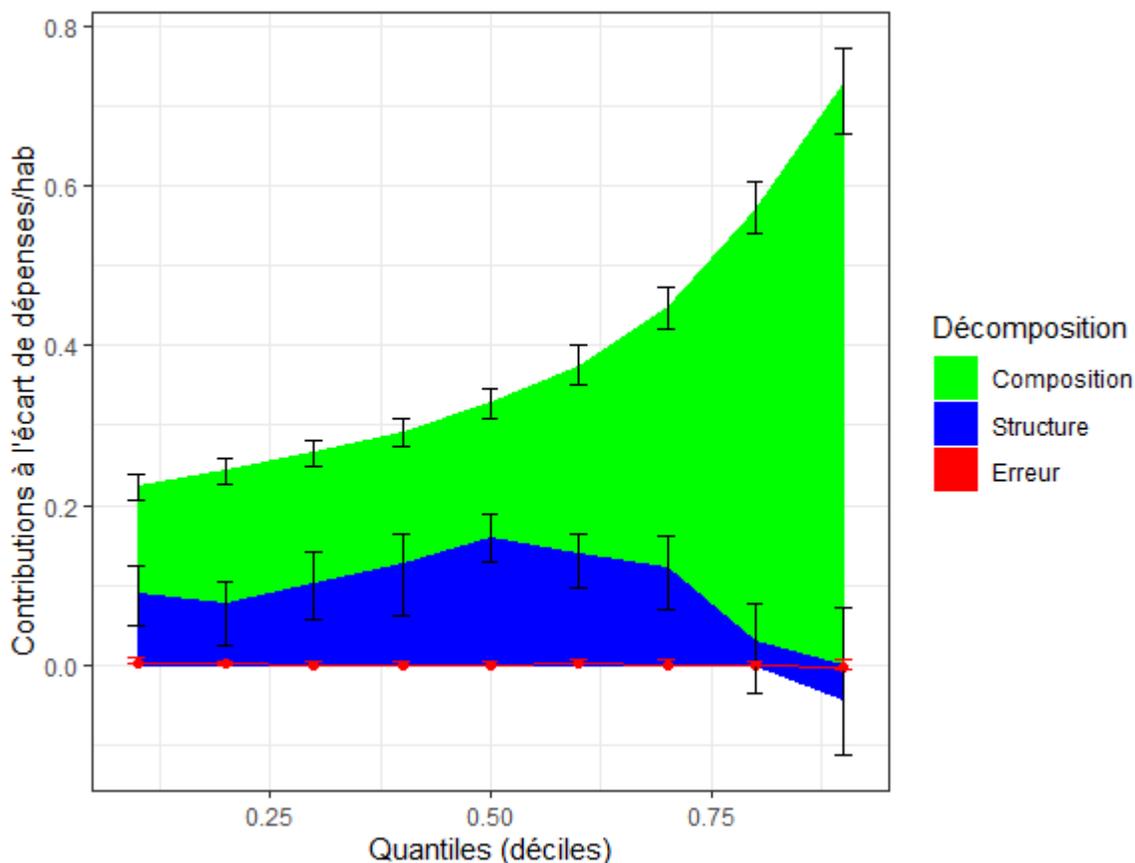
Les régressions quantiles ont été implémentées sous le logiciel statistique R à l'aide du package « uqr »<sup>72</sup>. Par parcimonie, les résultats de la décomposition sont représentés sous forme de graphiques permettant de visualiser les écarts selon les quantiles. Les tableaux comprenant les résultats complets sont disponibles en annexe. La **Figure 2** et la **Figure 3** ci-après synthétisent la décomposition agrégée des écarts de dépenses de fonctionnement et d'investissement par habitant (en log) entre communes littorales et non-littorales selon les déciles.

Pour l'essentiel de la distribution (sur les sept premiers déciles) des dépenses de fonctionnement (**Figure 2**), l'effet de composition contribue deux fois plus que l'effet de structure aux écarts des quantiles entre les communes littorales et non-littorales. Par exemple, pour le septième décile ( $\tau = 0,7$ ), l'effet de composition s'élève à 0,45 quand l'effet de structure ne représente que 0,1, soit 81% et 18% des écarts, respectivement. À ce décile, la contribution relative des deux effets correspond à celle de la décomposition de la moyenne. Pour le haut de la distribution, la contribution de l'effet de structure réduit progressivement jusqu'à perdre en significativité (intervalles de confiance à 95% comprenant zéro pour les 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> déciles), laissant place à un effet de composition de plus en plus important. Ainsi, pour les 20% des communes qui supportent le plus de dépenses de fonctionnement par habitant, l'écart entre les communes littorales et non-littorales est dû exclusivement à une différence de caractéristiques.

Concernant les dépenses d'investissement (**Figure 3**), l'effet de composition est l'unique source des écarts entre quantiles littoraux et non-littoraux pour la majeure partie de la distribution (du 3<sup>ème</sup> décile au 8<sup>ème</sup> décile inclus). Pour les autres déciles (1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup>), bien que l'effet de structure soit significatif, les intervalles de confiances (à 95%) demeurent très grands et proches de zéro, poussant à s'interroger sur la robustesse de cet effet.

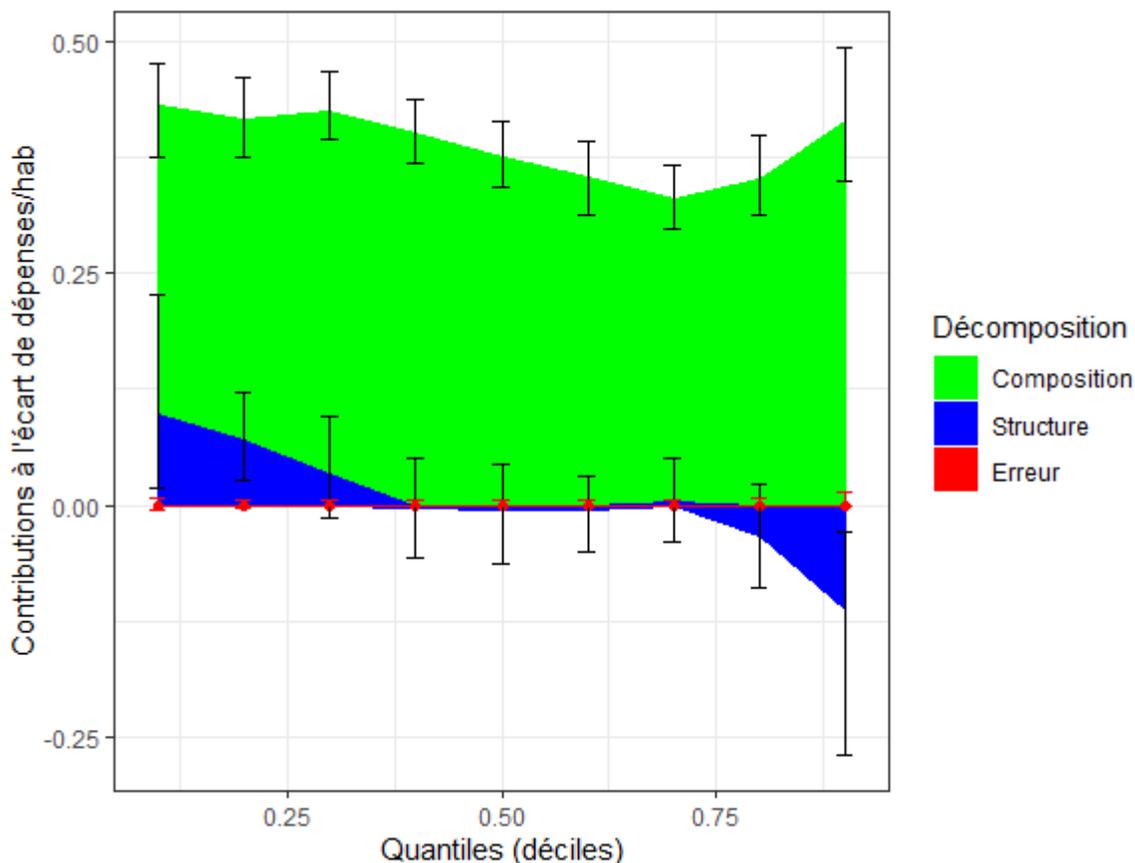
<sup>72</sup> Disponible en ligne : <https://cran.r-project.org/src/contrib/Archive/uqr/>. Les décompositions ont été calculées en suivant les méthodologies de Firpo et al. (2018) et de Maillard & Boutchenik (2018).

Pour les dépenses de fonctionnement comme pour les dépenses d'investissement, l'erreur d'approximation linéaire (courbe rouge sur les figures) n'est pas significativement différente de zéro sur l'ensemble de la distribution. Cela indique que la spécification linéaire choisie pour les régressions RIF fournit une approximation valide des quantiles inconditionnels.



**Figure 2. Décomposition (agrégée) de l'écart de dépenses de fonctionnement/habitant entre communes littorales et non-littorales, selon les déciles**

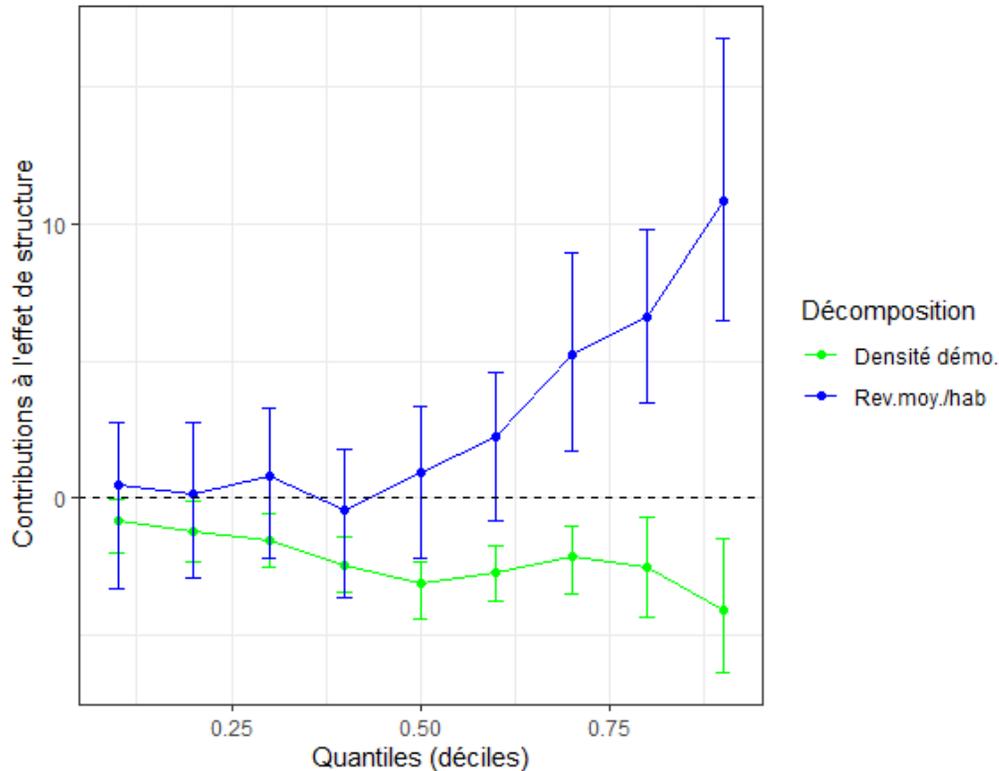
Note : Les effets de composition (vert) et de structure (bleu) sont représentés pour les 9 déciles. Les intervalles de confiance à 95%, obtenus par bootstrap, permettent d'évaluer la significativité des effets. Exemple de lecture : l'effet de composition de l'écart des médianes de dépenses de fonctionnement/habitant (en log) entre les communes littorales et non-littorales est d'environ 0,31 ; l'effet de structure correspondant est d'environ 0,15, soit la moitié de la contribution de l'effet de composition. Pour le 9<sup>ème</sup> décile, l'effet de composition est d'environ 0,72 et l'effet de structure (environ -0,4) n'est pas significativement différent de zéro. L'erreur d'approximation linéaire (rouge) n'est pas significativement différente de zéro sur l'ensemble de la distribution.



**Figure 3. Décomposition (agrégée) de l'écart de dépenses d'investissement/habitant entre communes littorales et non-littorales, selon les déciles**

Note : Les effets de composition (vert) et de structure (bleu) sont représentés pour les 9 déciles. Les intervalles de confiances à 95%, obtenus par bootstrap, permettent d'évaluer la significativité des effets. Exemple de lecture : l'effet de composition de l'écart des médianes de dépenses d'investissement/habitant (en log) entre les communes littorales et non-littorales est d'environ 0,375 ; l'effet de structure correspondant est très faible et n'est pas significativement différent de zéro. Pour le 9<sup>ème</sup> décile, l'effet de composition est d'environ 0,4 et l'effet de structure est d'environ -0,12. L'erreur d'approximation linéaire (rouge) n'est pas significativement différent de zéro sur l'ensemble de la distribution.

À partir de la décomposition détaillée, il est possible d'identifier dans quelle mesure chacune des caractéristiques (décomposition détaillée de l'effet de composition) ou leurs coefficients (décomposition détaillée de l'effet de structure) contribuent à l'écart des distributions entre les communes littorales et non littorales. La **Figure 4** et la **Figure 5** représentent les variables les plus contributrices aux écarts de dépenses de fonctionnement (effets de structure et de composition), quand la **Figure 6** et la **Figure 7** présentent les fortes contributions aux effets de structure et de composition des dépenses d'investissement. Les tableaux ainsi que les graphiques complets de la décomposition détaillée des écarts de quantiles sont disponibles en annexe.

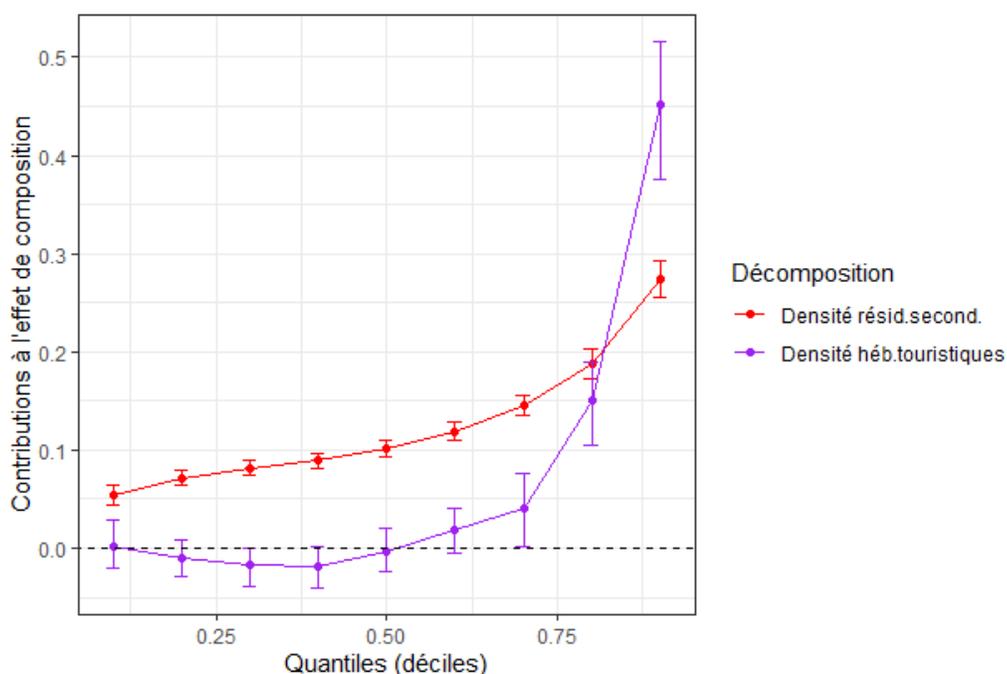


**Figure 4. Contribution de la densité et du revenu moyen à l'effet de structure des dépenses de fonctionnement, selon les déciles**

Note : Les contributions à l'effet de structure (de la différence de coefficients) de la densité démographique (vert) et du revenu moyen/habitant (bleu) sont représentées pour les 9 déciles. Les intervalles de confiance à 95%, obtenus par bootstrap, permettent d'évaluer la significativité des effets.

La **Figure 4** montre que, bien qu'il existe une différence de propension marginale à consommer le bien public local entre les communes littorales et les autres communes, sa contribution à l'effet de structure n'est pas significative en certains points de la distribution. En effet, la contribution de la différence du coefficient lié au revenu/habitant à l'effet de structure n'est significative que pour les 3 déciles les plus hauts de la distribution (pour  $\tau \geq 0,7$ ). Ainsi, pour les 60% des communes dont les dépenses de fonctionnement/habitant sont les moins élevées, la différence de propension marginale à consommer le bien public local n'explique pas l'écart de dépenses entre les communes littorales et les autres communes<sup>73</sup>. Concernant la densité démographique, sa contribution à l'effet de structure est significative dès le quantile d'ordre  $\tau \geq 0,3$ , indiquant que la différence de coefficients entre les communes littorales et les autres communes contribue à expliquer l'écart des dépenses de fonctionnement par habitant pour une grande partie de la distribution.

<sup>73</sup> Il convient de préciser que les régressions quantiles inconditionnelles ont identifié des propensions marginales à consommer le bien public local (coefficients du revenu/habitant) croissantes avec l'ordre des déciles et différentes entre les communes littorales et les autres communes (cf. Annexe). Le résultat de la décomposition quantile indique uniquement que cette différence ne contribue pas à l'effet de structure pour les quantiles d'ordre  $\tau \leq 0,6$ .



**Figure 5. Contribution des densités de résidences secondaires et autres hébergements touristiques à l'effet de composition des dépenses de fonctionnement, selon les déciles**

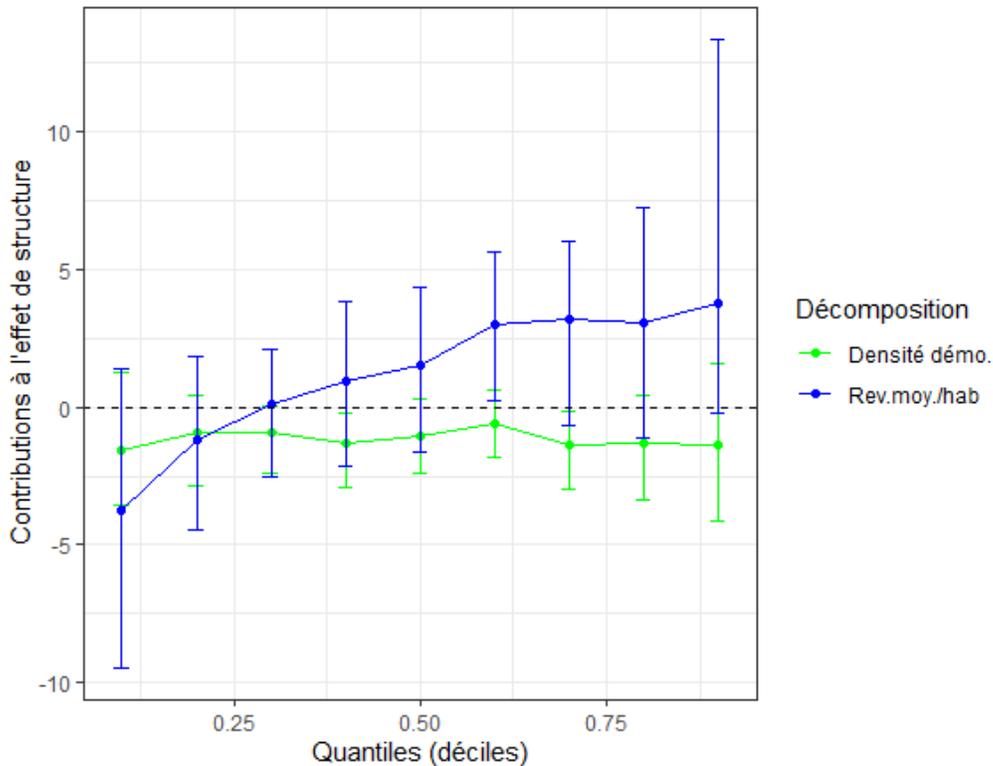
Note : Les contributions à l'effet de composition de la densité de résidents secondaires (rouge) et de la densité des autres touristes (mauve) sont représentées pour les 9 déciles. Les intervalles de confiance à 95%, obtenus par bootstrap, permettent d'évaluer la significativité des effets.

Quant à l'effet de composition, la contribution de la densité de résidents secondaires est significative et croît avec l'ordre des quantiles (**Figure 5**). Elle passe de 0,05 pour le 1<sup>er</sup> décile à 0,27 pour le 9<sup>ème</sup> décile (soit un facteur de 5). Ainsi, si la prépondérance de résidents secondaires au sein des communes littorales contribue à expliquer leur surplus de dépenses de fonctionnement par habitant sur l'ensemble de la distribution, cette contribution est beaucoup plus importante pour le haut de la distribution. La contribution des autres profils touristiques à l'effet de composition n'est significative que pour le deux derniers déciles ( $\tau \geq 0,8$ ).

Pour la décomposition détaillée des dépenses d'investissement, les contributions de la densité démographique et du revenu moyen/habitant à l'effet de structure ne sont pas significatives. Pour l'effet de composition, les contributions de la densité de résidents secondaires et de la densité des autres profils touristiques croissent avec l'ordre des quantiles et sont significatives pour  $\tau \geq 0,2$  et  $\tau \geq 0,5$ , respectivement

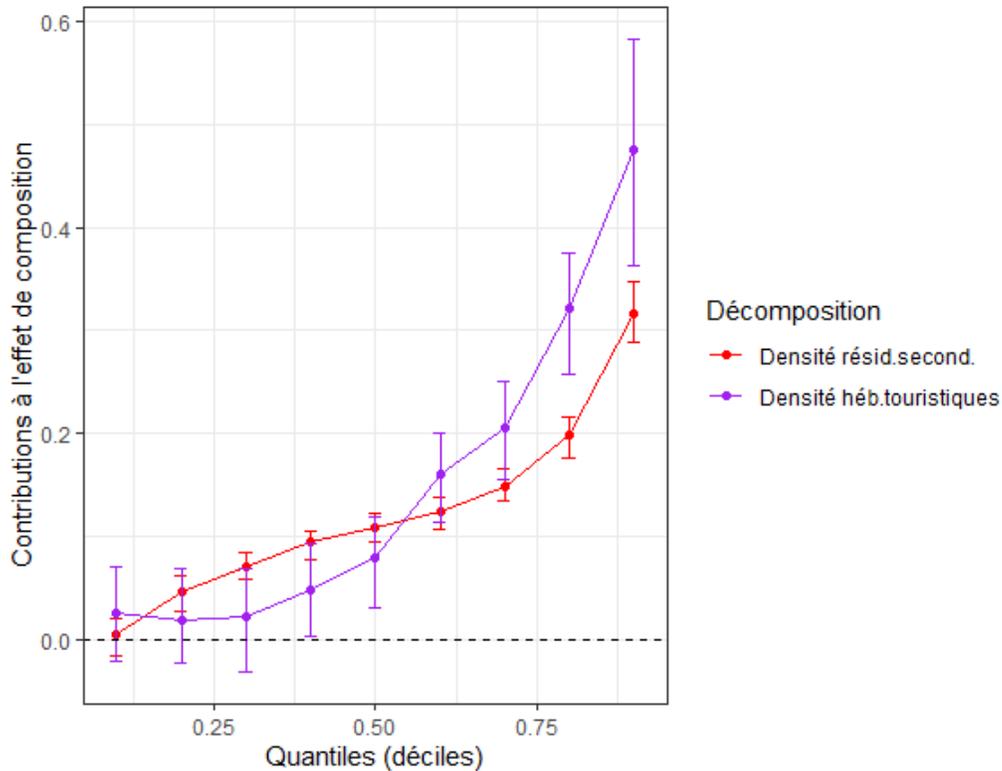
**En somme, la décomposition appliquée aux quantiles de la distribution a permis de nuancer les conclusions de la décomposition des écarts moyens de dépenses de fonctionnement par habitant.** Si en moyenne les communes littorales supportent plus de dépenses de fonctionnement par habitant que les autres communes, cet écart est plus important pour le haut de la distribution, du fait de la prépondérance croissante des populations non résidentes (densités de résidents secondaires et autres touristes plus élevées sur le littoral). La différence

d'économies d'échelle liées à la densité contribue à réduire les écarts de dépenses et demeure relativement stable sur la majeure partie de la distribution. Concernant la propension marginale à consommer le bien public local (coefficient du revenu moyen/habitant), bien que sa contribution soit croissante avec l'ordre des quantiles, la contribution des autres facteurs (dont la densité) tend à contenir son impact sur le surplus de dépenses (effet de structure agrégé non significatif pour  $\tau \geq 0,8$ ).



**Figure 6. Contribution de la densité et du revenu moyen à l'effet de structure des dépenses d'investissement, selon les déciles**

Note : Les contributions à l'effet de structure (de la différence de coefficients) de la densité démographique (vert) et du revenu moyen/habitant (bleu) sont représentées pour les 9 déciles. Les intervalles de confiances à 95%, obtenus par bootstrap, permettent d'évaluer la significativité des effets.



**Figure 7. Contribution des densités de résidences secondaires et autres hébergements touristiques à l'effet de composition des dépenses d'investissement, selon les déciles**

Note : Les contributions à l'effet de composition de la densité de résidents secondaires (rouge) et de la densité des autres touristes (mauve) sont représentées pour les 9 déciles. Les intervalles de confiance à 95%, obtenus par bootstrap, permettent d'évaluer la significativité des effets.

#### 4. Conclusion

Le chapitre est motivé par le double constat que, d'une part, les territoires littoraux témoignent d'un taux d'artificialisation plus élevé et d'une densité démographique plus importante, et d'autre part, les dépenses de fourniture de services publics pour les communes littorales sont plus élevées. Le chapitre se focalise sur les comportements de dépenses des communes et analyse les incitations budgétaires induites par une densification plus importante. Plus précisément, nous estimons les effets de la densité sur les dépenses locales et évaluons dans quelle mesure une densité démographique plus importante permettrait de faire converger le niveau de dépenses des communes littorales vers celui des autres communes. Nous montrons qu'en moyenne, une hausse de la densité démographique permet de réduire les dépenses communales par habitant, toutes choses égales par ailleurs, traduisant des économies d'échelle. Au-delà de l'effet moyen, elle permet de réduire les écarts dans la distribution des dépenses communales par habitant car elle réduit plus fortement les quantiles supérieurs que les quantiles inférieurs. De plus, ces économies d'échelle sont plus importantes pour les communes littorales. Ainsi, comme le montre la décomposition d'Oaxaca-Blinder, si la forte attractivité des communes littorales, mesurée par la concentration de résidents secondaires et de populations touristiques, contribue à expliquer le niveau élevé de

dépenses publiques pour ces territoires, les économies d'échelle liées à leur densité permettent de contenir l'écart de dépenses vis-à-vis des autres communes. En d'autres termes, sans ces économies d'échelle plus importantes sur le littoral, les dépenses des communes littorales seraient bien plus élevées que le niveau actuellement observé. Par conséquent, une hausse de la densité démographique permet non seulement de répondre à l'enjeu environnemental de lutte contre l'étalement urbain et l'artificialisation des sols, mais également de réduire les inégalités de dépenses.

Les résultats obtenus soulignent le besoin de travaux complémentaires permettant d'isoler plus finement les sources de dépenses liées à la densification. Par exemple, les données actuellement à notre disposition ne permettent pas de distinguer la densification en renouvellement urbain, à l'intérieur des parcelles déjà urbanisées, et la densification en extension urbaine, celle-ci étant partiellement nécessaire quand l'attractivité des territoires littoraux induit une saturation des espaces disponibles parmi les espaces déjà urbanisés. Une voie fructueuse de recherche serait alors d'évaluer la sensibilité des dépenses à ces deux types de densification.

Bien que nos résultats indiquent des incitations à densifier plus importantes pour les communes littorales, la densification et la dynamique d'étalement urbain ne relèvent pas exclusivement de choix de politiques publiques. Des forces de marché, telles que l'offre de logements et le prix du foncier littoral, influencent les choix de localisation des ménages, notamment à travers une éviction vers l'arrière-pays proche. Ces mécanismes ne sont toutefois pas pris en compte dans nos estimations. Des travaux supplémentaires sont nécessaires en vue d'évaluer l'antagonisme entre ces forces de marché et les incitations budgétaires estimées dans la présente étude.

## Annexes du chapitre 2

### Annexe 1 : Le modèle de demande

C'est le modèle de demande de bien public communal qui nous guide dans la présentation et la spécification des facteurs explicatifs qui impactent la dépense communale. L'électeur médian ( $m$ ) est supposé consommer deux types de biens : le numéraire en quantité  $x_m$  et le bien public local ( $z$ ) dans le but de maximiser son utilité ( $U_m$ ). Le bien public est mis à disposition par la collectivité locale, qui en assure la fourniture et le financement grâce à la fiscalité locale (l'indice de pression fiscale est noté  $\tau$ ) et les dotations perçues du gouvernement central.

Le programme de l'électeur médian s'écrit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{x_m, z} U_m(x_m, z) \\ s. c.: \left\{ \begin{array}{l} x_m + \tau b_m = y_m \quad (1) \\ C(Z) = \tau B + G \quad (2) \\ z = f(N)Z \quad (3) \\ f(N) = f(R, L, T) \quad (4) \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Où  $b_m$  indique la base fiscale de l'électeur médian de chaque commune ;  $y_m$  son revenu.  $C(Z)$ ,  $Z$ ,  $B$  et  $G$  représentent respectivement le coût de fourniture du bien public, la quantité offerte, la base fiscale totale et les dotations reçues de l'Etat. Comme l'enseigne la littérature sur les fonctions de congestion des biens publics locaux (Oates, 1988), il est essentiel de distinguer la quantité  $Z$  offerte et la qualité du bien public réellement disponible pour le médian, notée  $z$ . L'écart entre  $Z$  et  $z$  est dû aux différentes familles d'usagers  $N$  du bien public qui en dégradent la qualité et  $f(N)$  est la fonction de congestion décrivant leur impact sur  $z$ . Nous distinguons la population résidente ( $R$ ) des autres usagers, à savoir les travailleurs (emplois,  $L$ ) et les touristes ( $T$ ), en considérant une fonction de congestion multiplicative de type Borcharding-Deacon (Borcharding & Deacon, 1972; Guengant, 1998) :

$$f(R, L, T) = R^r \times L^l \times T^t \quad (5)$$

$r$ ,  $l$  et  $t$  sont les élasticités de  $z$  respectivement à la population résidente, à l'emploi et aux populations touristiques.

La relation (1) représente la contrainte budgétaire du médian ; (2) celle de la collectivité locale. Les équations (3) et (4) décrivent la contrainte de disponibilité du bien public pour les usagers.

En substituant (3) et (4) dans (2), puis (2) dans (1), le programme du médian devient :

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{x_m, z} U_m(x_m, z) \\ \text{s. c. : } x_m + \frac{C(f(R, L, T)^{-1}z) b_m}{R} = y_m + g \frac{b_m}{b} \end{array} \right. \quad (6)$$

Où  $b$  et  $g$  représentent respectivement la base fiscale par habitant et le niveau de dotations par habitant ( $b = \frac{B}{R}$  ;  $g = \frac{G}{R}$ ).

Le prix fiscal ( $p_m$ ) – qui représente la part du coût par habitant du bien public supportée par l'électeur médian – est donné par :

$$p_m \equiv \frac{\frac{\partial U_m}{\partial z}}{\frac{\partial U_m}{\partial x_m}} = C'_z \frac{f(R, L, T)^{-1} b_m}{R} \frac{1}{b} \quad (7)$$

Supposons que la demande du bien public  $z$  soit de type Cobb-Douglas, en fonction du prix fiscal et du revenu dont on distingue les deux composantes (revenu privé et la part des dotations qui revient à l'électeur<sup>74</sup>) :

$$z = A (p_m)^\alpha (y_m)^{\beta_1} \left(g \frac{b_m}{b}\right)^{\beta_2} \quad (8)$$

Où  $A$  est une constante ;  $\alpha$  est l'élasticité de la demande au « prix fiscal » et  $(\beta_1 ; \beta_2)$  sont les élasticités de la demande au revenu privé et à la part des dotations qui revient au demandeur.

Supposons que la fonction de coût de fourniture du service public ( $C(Z)$ ) est linéaire et sans coût fixe :

$$C(Z) = Z \times C'_Z \quad (9)$$

$C'_Z$  représente le coût marginal constant pour chaque commune, mais différent d'une commune à une autre.  $z$  n'étant pas observable, nous approchons le coût par habitant du bien public par la dépense par habitant.

$$(8), (3) \text{ et } (4) \text{ impliquent: } z = f(R, L, T) \frac{C(Z)}{C'_Z} .$$

Avec (6) et (7), on en déduit la formalisation du coût par habitant, en fonction de la demande de l'électeur médian :

$$\frac{C(Z)}{R} = C'_Z (Rf(R, L, T))^{-1} z \quad (10)$$

$$\frac{C(Z)}{R} = A C'_Z (Rf(R, L, T))^{-1} \left(C'_Z \frac{f(R, L, T)^{-1} b_m}{R} \right)^\alpha (y_m)^{\beta_1} \left(g \frac{b_m}{b}\right)^{\beta_2} \quad (11)$$

$$\frac{C(Z)}{R} = A (C'_Z)^{1+\alpha} (Rf(R, L, T))^{-(1+\alpha)} \left(\frac{b_m}{b}\right)^{\alpha+\beta_2} (y_m)^{\beta_1} (g)^{\beta_2} \quad (12)$$

Pour introduire les densités des différentes familles d'utilisateurs, nous développons l'expression du coût marginal  $C'_Z$  de fourniture du bien public, en lui attribuant (à la suite de Guengant et al., 2002) une forme multiplicative. Classiquement sont retenus parmi les composantes de  $C'_Z$ , des critères démographiques (structure par âge de la population), sociaux (part des logements sociaux) ou géographiques tels que la superficie communale (dans notre cas la superficie communale artificialisée). Ainsi,  $C'_Z$  s'écrit :

$$C'_Z = \prod_i S_i^{\gamma_i} \quad (13)$$

<sup>74</sup> En effet, les dotations  $G$  (par habitant  $g$ ) versées aux collectivités par le gouvernement central constituent des revenus indirects pour les résidents, car à  $C(Z)$  constant elles représentent une baisse de la pression fiscale (équilibre budgétaire en (i) et (ii)). Comme souvent dans la littérature (Le Maux et Paty, 2020), l'effet marginal du revenu privé est supposé différent de l'effet marginal de cet effet dotation : c'est l'effet « papier collant » (ou *fly paper effect*).

En remplaçant l'expression du coût marginal (équation 13) dans l'équation (12), on en déduit que les coûts communaux (approximés par les dépenses) par habitant sont proportionnels aux densités nettes des différentes familles d'usager :

$$\frac{C(Z)}{R} \propto \left( \left( \frac{R}{S_1} \right)^{1+r} \times \left( \frac{L}{S_1} \right)^l \times \left( \frac{T}{S_1} \right)^t \times \frac{1}{S_1^\delta} \right)^{-(1+\alpha)} \quad (14)$$

Où  $S_1$  représente la superficie artificialisée, et  $\frac{R}{S_1}$ ,  $\frac{L}{S_1}$ ,  $\frac{T}{S_1}$  les densités nettes démographique, d'emplois et de touristes respectivement ; avec  $\gamma_1 = 1 + r + l + t + \delta$ , pour  $\delta$  correspondant à une valeur réelle.

Les dépenses par habitant peuvent être log-linéarisées afin d'estimer l'élasticité relative à chacun des déterminants, dont les densités des différentes familles d'usagers.

$$\log\left(\frac{C(Z)}{R}\right) = Constante + \eta_R \times \log\left(\frac{R}{S_1}\right) + \eta_L \times \log\left(\frac{L}{S_1}\right) + \eta_T \times \log\left(\frac{T}{S_1}\right) + (X_{Contrôles})' \times \eta_{Contrôles} + \varepsilon \quad (15)$$

Avec  $\eta_R$ ,  $\eta_L$  et  $\eta_T$  les élasticités des dépenses par habitant aux densités : démographique (résidents), d'emplois et de touristes respectivement.  $X_{Contrôles}$  est le vecteur contenant l'ensemble des variables de contrôles,  $\eta_{Contrôles}$  les élasticités relatives, et  $\varepsilon$  le terme d'erreur.

## **Annexe 2 : Régressions variables instrumentales (fonctionnement et investissement), contrôles complets**

Le **Tableau A. 3** fournit les résultats des régressions pour l'ensemble des variables de contrôle de notre modèle. Bien que la densité démographique présente des économies d'échelle que traduit une baisse des dépenses par habitant, il est difficile de conclure à la significativité du taux d'artificialisation ici (surface artificialisée/superficie communale). Toutefois, la répartition infra-communale de la population a un impact significatif sur les dépenses/habitant. En effet, plus le coefficient de Gini est élevé, plus les dépenses/habitant sont importantes. Ainsi, une configuration de type centre-périphérie dans laquelle le/les pôles serait trop importants induit une hausse des dépenses/habitant. Il convient donc de promouvoir une plus forte densification des communes tout en encourageant une répartition plus homogène de la population sur le territoire : renforcer les espaces les moins denses (pour rappel, l'indice de Gini est calculé à partir des données carroyées de la population de l'INSEE, en excluant les carreaux sans habitants). Ce résultat est conforme à celui de (Breuillé et al., 2019).

**Tableau A. 3 : Régressions variables instrumentales (fonctionnement et investissement), contrôles complets**

	log(Dépenses/habitant)			
	Fonctionnement		Investissement	
	Communes littorales	Communes non littorales	Communes littorales	Communes non littorales
	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	1,568 (1,664)	6,822*** (0,708)	5,589*** (0,711)	6,481*** (0,464)
log(densité démographique)	-0,441*** (0,069)	-0,107*** (0,021)	-0,367*** (0,097)	-0,112*** (0,025)
log(densité d'emploi)	0,313*** (0,050)	0,114*** (0,013)	0,201** (0,072)	0,093*** (0,017)
log(densité résidents secondaires.)	0,149*** (0,021)	0,076*** (0,011)	0,115** (0,036)	0,071*** (0,013)
log(densité autres hébergements touristiques)	0,031* (0,015)	0,034*** (0,008)	0,020 (0,016)	0,046*** (0,008)
Dummy (hébergements touristiques)	0,105 (0,077)	0,056 (0,030)	0,129 (0,089)	0,107*** (0,029)
Gini (pop. infra-communale)	0,702** (0,269)	0,409*** (0,102)	0,616 (0,381)	0,388*** (0,111)
Taux d'artificialisation	-0,0004 (0,002)	0,004*** (0,001)	-0,0001 (0,002)	0,0001 (0,001)
Part des <10ans	-0,018 (0,010)	-0,020*** (0,003)	-0,010 (0,017)	-0,015*** (0,003)
Part des 11-17ans	-0,012 (0,021)	-0,022*** (0,002)	-0,039 (0,020)	-0,021*** (0,003)
Part des 18-24ans	-0,118*** (0,018)	-0,021*** (0,003)	-0,049 (0,028)	-0,011* (0,004)
Part des >65ans	-0,012 (0,007)	-0,004 (0,002)	-0,001 (0,006)	-0,003 (0,002)
log(Revenu/ habitant)	0,611*** (0,130)	0,239*** (0,013)	0,084 (0,117)	0,057** (0,023)
log(Ratio fiscal)	-0,235* (0,104)	-0,252*** (0,051)	-0,235 (0,123)	-0,305*** (0,044)
Taux de chômage	0,026*** (0,006)	0,003 (0,002)	0,001 (0,008)	-0,006** (0,002)

Part des logements sociaux	0,021*** (0,004)	0,007*** (0,001)	0,007 (0,004)	0,001 (0,001)
log(longueur voirie)	0,002 (0,022)	-0,019 (0,010)	0,016 (0,027)	-0,029* (0,013)
Dummy (longueur voirie)	0,341 (0,318)	0,087 (0,149)	0,225 (0,186)	-0,003 (0,099)
Part votes Gauche	0,014* (0,006)	0,002 (0,001)	-0,004 (0,007)	-0,003 (0,002)
Part votes Droite	0,012*** (0,004)	-0,001 (0,001)	-0,001 (0,005)	-0,005** (0,002)
log(DGF/ habitant)	0,050 (0,044)	0,060*** (0,018)		
Dummy (DGF/ habitant)	0,414 (0,229)	0,662*** (0,068)		
log(Dépenses de fonctionnement/habitant EPCI)	-0,260 (0,229)	-0,086 (0,120)		
log(FCTVA/ habitant)			0,336*** (0,037)	0,338*** (0,008)
Dummy (FCTVA/ habitant)			0,950*** (0,174)	0,817*** (0,042)
log(Dépenses d'investissement/habitant) EPCI			-0,169 (0,142)	-0,225** (0,076)
Dummy (EPCI)	-1,437 (1,372)	-0,543 (0,728)	0,048 (0,092)	0,115* (0,058)
Observations	823	33 626	820	33 619
R <sup>2</sup>	0,655	0,369	0,560	0,378
Adjusted R2	0,645	0,368	0,547	0,378
Residual Std. Error	0,333 (df = 799)	0,347 (df = 33518)	0,490 (df = 796)	0,634 (df = 33511)
F Statistic	66,044***(df = 23 ; 799)	853,163***(df = 23 ; 33518)	44,002***(df = 23 ; 796)	888,913***(df = 23 ; 33511)

Note :

\*p<0,05 ; \*\*p<0,01 ; \*\*\*p<0,001

**Tableau A. 4: Décomposition détaillée des écarts de dépenses de fonctionnement, contrôles complets**

	Valeur(log) %	
Littorales	6,922	
Non littorales	6,447	
Différence	0,475	100
Effet de composition	0,387***	81,413
Effet de structure	0,088***	18,587

	Composition	%	Structure	%
Constante	0	0	-5,253***	-1 105,164
log(densité démographique)	-0,012***	-2,559	-2,357***	-495,935
log(densité d'emploi)	0,057***	12,060	1.124**	236,420
log(densité résidents secondaires)	0,146***	30,776	0.518***	108,914
log(densité autres hébergements touristiques)	0,13***	27,389	-0.017	-3,506
Dummy (autres hébergements touristiques)	-0,034***	-7,152	0,008	1,658
Gini (pop. infra-communale)	0,02***	4,262	0,159	33,383
Taux d'artificialisation	0,054***	11,379	-0.098**	-20,694
Part des <10ans	0,047***	9,979	0,029	6,074
Part des 11-17ans	0,023***	4,870	0,082	17,355
Part des 18-24ans	0,007***	1,471	-0,442***	-92,959
Part des >65ans	-0,023***	-4,932	-0,21	-44,250
log(Revenu/ habitant)	-0,006***	-1,313	6,23***	1 310,573
log(Ratio fiscal)	-0,034***	-7,139	-0,013	-2,645
Taux de chômage	0,007***	1,487	0,315***	66,343
Part des logements sociaux	0,01***	2,022	0,065***	13,619
log(longueur voirie)	-0,018***	-3,688	0,071	14,847
Dummy (longueur voirie)	0	-0,001	0.001	0,195
Part votes Gauche	-0,001	-0,142	0.287**	60,469
Part votes Droite	0,001	0,296	0.679***	142,799

log(DGF/ habitant)	0,013***	2,773	-0,05	-10,589
Dummy (DGF/ habitant)	0,002	0,424	-0.004	-0:761
log(Dépenses de fonctionnement/ habitant)				
EPCI	0,023*	4,810	-0,966	-203,162
Dummy (EPCI)	-0,027**	-5,658	-0,068	-14,397

---

**Tableau A. 5 : Décomposition détaillée de l'effet de composition de dépenses d'investissement, contrôles complets**

	Valeur(log)	%
Littorales	6,253	
Non littorales	5,859	
Différence	0,395	100
Effet de composition	0,393 ***	99,429
Effet de structure	0,002	0,571

	Composition	%
Constante	0	0
log(densité démographique)	-0,013***	-3,293
log(densité d'emploi)	0,047***	11,876
log(densité résidents secondaires)	0,137***	34,772
log(densité autres hébergements touristiques)	0,175***	44,332
Dummy (autres hébergements touristiques)	-0,065***	-16,388
Gini (pop. infra-communale)	0,019***	4,881
Taux d'artificialisation	0,001	0,298
Part des <10ans	0,035***	8,890
Part des 11-17ans	0,021***	5,397
Part des 18-24ans	0,004***	0,907
Part des >65ans	-0,019*	-4,712
log(Revenu/ habitant)	-0,005*	-1,350
log(Ratio fiscal)	-0,041***	-10,358
Taux de chômage	-0,017***	-4,324
Part des logements sociaux	0,002	0,452
log(longueur voirie)	-0,026***	-6,555
Dummy (longueur voirie)	0	0,0001
Part votes Gauche	0,001	0,268
Part votes Droite	0,012***	2,971

log(FCTVA/ habitant)	0,188***	47, 612
Dummy (FCTVA/ habitant)	-0,033***	-8, 391
log(Dépenses d'investissement/ habitant)		
EPCI	-0,036***	-9,196
Dummy (EPCI)	0,005***	1, 341

---

### Annexe 3 : Synthèse des tests de robustesse

Notre définition du littoral se réfère à la loi de 1986 dite « loi Littoral ». Nous ne considérons initialement que les communes classées « totalement » en « loi Littoral » pour leur localisation maritime. A titre de robustesse (colonnes (2) et (3) du **Tableau A. 6**), nous réitérons l'analyse en étendant progressivement notre groupe de traitement aux communes « partiellement littorales » (motif de classement : mer), puis aux communes riveraines d'estuaires (« partiellement » et « totalement »)<sup>75</sup>. La part de *l'effet de structure* dans l'écart moyen de dépenses de fonctionnement par habitant demeure significative et robuste. La décomposition détaillée est robuste, à l'exception de *l'effet de structure* associé au revenu/habitant, non significatif en élargissant le littoral aux estuaires.

---

<sup>75</sup> Nous passons donc de 823 communes littorales initialement, à 840, puis 922 (respectivement les colonnes (1), (2) et (3) du tableau 5).

**Tableau A. 6: Synthèse des tests de robustesse**

	Communes totalement littorales		y.c. communes partiellement littorales		y.c. communes d'estuaires		Bloc communes + EPCI		Bloc communes + EPCI, avec densité humaine		CORINE Land Cover	
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)	
	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%
	81,41***	18,59***	81,02***	18,98***	83,31***	16,69***	64,15***	35,85***	64,66***	35,34***	81,65***	18,35***
	Décomposition agrégée											
	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%
	81,41***	18,59***	81,02***	18,98***	83,31***	16,69***	64,15***	35,85***	64,66***	35,34***	81,65***	18,35***
	Décomposition détaillée											
	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%	C%	S%
log(densité démographique)	-3***	-496***	-2***	-500***	-2***	-605***	-1***	-506***			-54***	-326***
log(densité d'emploi)	12***	236**	12***	237***	12***	263***	7***	275***			37***	157**
log(densité humaine)									2***	-122		
log(densité résidents secondaires)	31***	109***	31***	111***	31***	118***	29***	67**	29***	62	34***	77**
log(densité autres hébergements touristiques)	27***	-4	27***	-2	28***	6	29***	-8	30***	-6	18***	-2
Gini (pop. infra-communale)	4***	33	4***	34	5***	30	4***	16	4***	54*	4***	57
Taux d'artificialisation	11***	-21**	11***	-21***	12***	-4	12***	-11*	13***	-3	21***	-24***
log(Revenu/habitant)	-1***	1311***	-1***	1335***	-1***	313	-1***	1627***	-1***	1696***	-2***	1290***
log(Ratio fiscal)	-7***	-3	-7***	-3	-6***	-23	-11***	-23	-13***	10	-4***	14
log(Dépenses de fonctionnement/habitant) EPCI	5*	-203	5*	-211	6*	54					-12***	-402**
(Contrôles)	Oui		Oui		Oui		Oui		Oui		Oui	
(Contrôle des valeurs nulles)	Oui		Oui		Oui		Oui		Oui		Oui	

Nous proposons 3 tests additionnels de robustesse. Premièrement, pour tenir compte de l'interaction intercommunale, nous considérons initialement (tableaux 2, 3 et 4) un modèle conditionnel dans lequel les dépenses communales par habitant sont fonction des dépenses intercommunales par habitant (Leprince & Guengant, 2002). Afin de tester la sensibilité de nos résultats au mode de contrôle de la coopération intercommunale, nous mobilisons une spécification alternative (colonne (4) du tableau 5) dans laquelle les dépenses communales et intercommunales par habitant sont cumulées, après répartition de la dépense intercommunale au prorata de la population communale, comme le suggèrent Breuillé et al. (2019). Les résultats montrent une contribution plus importante de l'*effet de structure* à l'écart de dépenses (décomposition agrégée) ; soit 36%, contre 19% dans le modèle conditionnel. La densité démographique et le revenu moyen/habitant restent cependant les variables majeures de la décomposition détaillée de l'*effet de structure*.

Deuxièmement, pour fournir un test de robustesse plus proche encore de la spécification de Breuillé et al (2019), nous adoptons leur indicateur de densité humaine en additionnant les stocks de population résidente et d'emplois au numérateur. Nous montrons alors que l'*effet de structure* associé à la densité humaine n'est pas significatif (colonne (5) du tableau 5). Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans la majorité des communes (surtout des communes non littorales), les emplois au lieu de travail sont essentiellement occupés par la population résidente ; la densité humaine aurait donc tendance à surévaluer la densité dans ces communes et minimiser la particularité du littoral.

Enfin, nous mesurons les superficies artificialisées (mobilisée dans le calcul du taux d'artificialisation communal et des densités nettes) à travers une source alternative : CORINE Land Cover (CLC). Ces données fournissent une observation du mode d'occupation des sols (artificialisés, naturels et semi-naturels, agricoles, etc.) sur des surfaces homogènes de plus de 25 hectares à l'échelle européenne. Les résultats de la décomposition sont fournis dans la colonne (6) du tableau 5. A l'échelle des communes françaises, la superposition du découpage administratif et le seuil de 25 hectares homogènes (du point de vue de l'occupation des sols) peut présenter des limites. Au sens de CLC, près d'un tiers des communes étudiées (soit 9 937 en géographie 2019, dont 34 communes littorales) sont jugées non artificialisées, ne présentant pas de surfaces artificialisées homogènes d'au moins 25 hectares. Cette mesure tend donc à minimiser le taux d'artificialisation des communes les moins artificialisées et conduit à exagérer la contribution de la densité démographique à l'*effet de composition* (-54% contre -3% dans la colonne (1) mobilisant les fichiers fonciers du Cerema). Quant à l'*effet de structure*, la décomposition détaillée semble robuste à l'emploi de superficies CLC : la densité démographique et le revenu moyen/habitant sont les variables dont les élasticités se distinguent le plus entre communes littorales et non littorales.

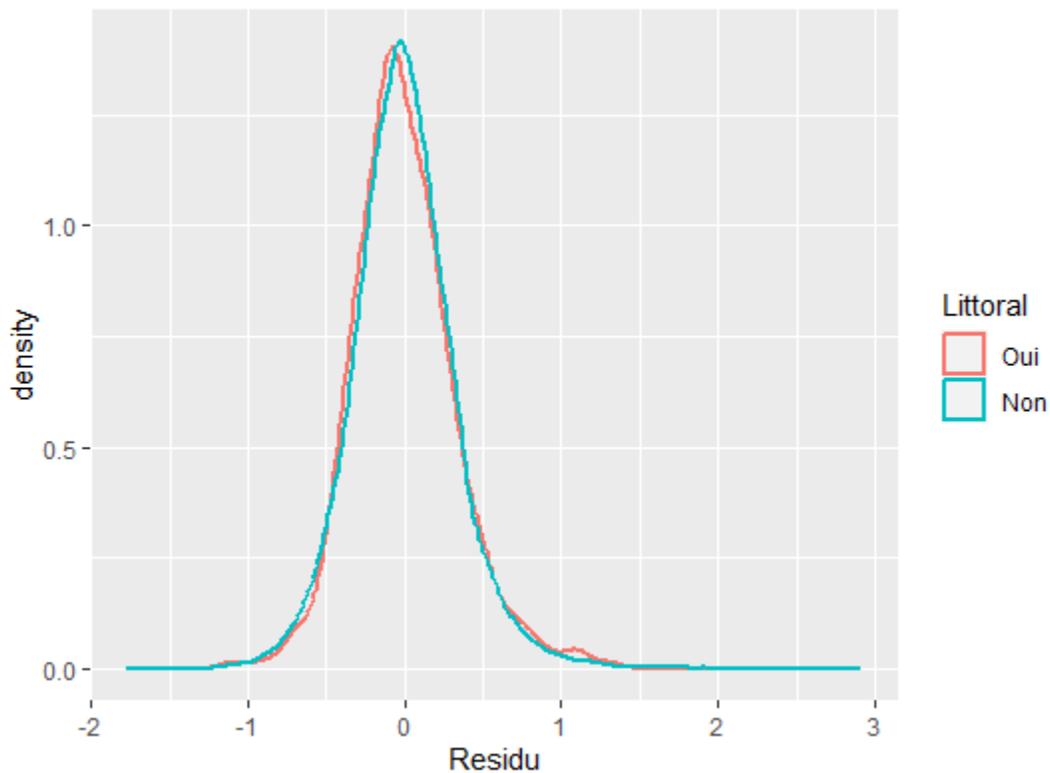
**Tableau A. 7: Régressions de première étape des variables instrumentales**

	Variable endogène			
	log(densité démogr.)	log(densité d'emploi)	log(Dép.fonc EPCI/hab.)	log(Dép.Inv EPCI/hab.)
	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	0,449*** (0,034)	-0,050 (0,075)	5,159*** (0,109)	3,690*** (0,116)
log(densité démographique 2006)	0,888*** (0,002)	0,171*** (0,005)	-0,004 (0,008)	0,029** (0,009)
log(densité d'emploi 2006)	0,007*** (0,002)	0,766*** (0,004)	-0,012* (0,005)	-0,051*** (0,006)
log(population) EPCI	0,016*** (0,001)	-0,004 (0,002)	0,090*** (0,003)	0,165*** (0,004)
log(densité résidents secondaires)	0,021*** (0,001)	0,014*** (0,002)	0,009*** (0,002)	0,018*** (0,003)
log(densité autres hébergements touristiques)	0,004** (0,001)	0,010*** (0,003)	0,027*** (0,004)	0,046*** (0,005)
Dummy (autres hébergements touristiques)	0,010 (0,007)	-0,034* (0,015)	0,078*** (0,021)	0,142*** (0,024)
Gini (pop. infra-communale)	0,034** (0,012)	0,258*** (0,027)	0,509*** (0,039)	0,091* (0,043)
Taux d'artificialisation	0,001*** (0,0001)	0,003*** (0,0002)	-0,009*** (0,0003)	-0,002*** (0,0004)
Part des <10ans	0,021*** (0,0004)	0,002* (0,001)	-0,010*** (0,001)	-0,004** (0,001)
Part des 11-17ans	0,015*** (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,007*** (0,002)	-0,008*** (0,002)
Part des 18-24ans	-0,001* (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,003 (0,002)	-0,002 (0,002)
Part des >65ans	-0,003*** (0,0003)	-0,003*** (0,001)	0,003*** (0,001)	0,003*** (0,001)
log(Revenu/habitant)	-0,009*** (0,002)	-0,0003 (0,004)	0,0003 (0,006)	-0,018** (0,007)
log(Ratio fiscal)	0,132*** (0,003)	-0,063*** (0,008)	-0,274*** (0,011)	-0,364*** (0,011)
Taux de chômage	0,002***	-0,005***	-0,002*	-0,012***

	(0,0002)	(0,0005)	(0,001)	(0,001)
Part des logements sociaux	-0,001***	0,003***	-0,003***	0,005***
	(0,0002)	(0,0005)	(0,001)	(0,001)
log(longueur voirie)	-0,007***	0,033***	-0,024***	-0,001
	(0,001)	(0,002)	(0,004)	(0,004)
Dummy (longueur voirie)	0,015	0,173***	0,949***	0,694***
	(0,015)	(0,034)	(0,049)	(0,055)
Part votes Gauche	0,002***	0,001	-0,002***	-0,005***
	(0,0002)	(0,0005)	(0,001)	(0,001)
Part votes Droite	-0,0002	-0,001**	-0,007***	-0,006***
	(0,0002)	(0,0004)	(0,001)	(0,001)
log(DGF/ habitant)	-0,031***	-0,031***	0,014**	
	(0,002)	(0,004)	(0,005)	
Dummy (DGF/ habitant)	-0,079***	-0,008	-0,170***	
	(0,011)	(0,024)	(0,035)	
log(FCTVA/ habitant)				-0,009**
				(0,003)
Dummy (FCTVA/ habitant)				-0,028
				(0,014)
Dummy (EPCI)	0,010	0,010	-6,039***	0,221***
	(0,005)	(0,012)	(0,017)	(0,020)
Observations	34 449	34 449	34 449	34 446
R <sup>2</sup>	0,922	0,841	0,787	0,147
Adjusted R <sup>2</sup>	0,921	0,841	0,787	0,147
Residual Std. Error	0,163	0,362	0,523	0,593
	(df= 34425)	(df= 34425)	(df= 34425)	(df= 34422)
F Statistic	17 582,370***	7 929,855***	5 533,482***	258,661***
	(df= 23 ; 34425)	(df= 23 ; 34425)	(df= 23 ; 34425)	(df= 23 ; 34422)

Note :

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001



**Figure A. 4: Distribution conditionnelle des résidus des régressions sur les échantillons des communes littorales et non-littorales : Test d'ignorabilité du traitement « être une commune littorale »**

L'équation (3) estimée sur les échantillons des communes littorales et non-littorales produit des résidus dont les distributions conditionnelles sont très proches, voire quasiment identiques. Nous pouvons considérer qu'à caractéristiques observées contrôlées, les caractéristiques inobservées des communes littorales et des communes non littorales sont identiquement distribuées, et que toute différence résiduelle du niveau de dépenses par habitant entre ces deux groupes provient exclusivement du fait d'être (ou non) une commune littorale. Ainsi, l'effet de structure estimé correspond à l'effet causal (ATT) du fait d'être une commune littorale (Fortin et al., 2011).

## Annexe 4 : Résultats des régressions et décompositions quantiles

- *Régressions quantiles inconditionnelles*

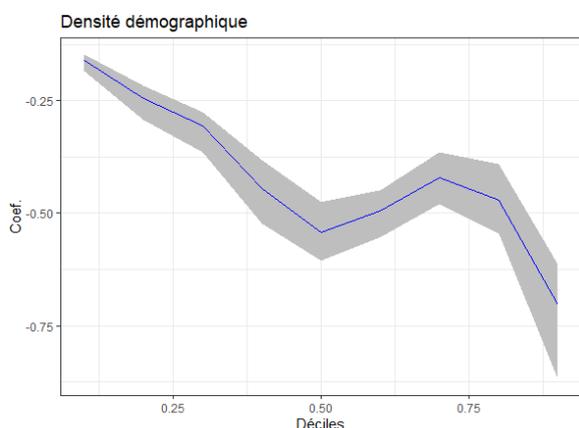
**Tableau A. 8: Régressions quantiles inconditionnelles : Coefficients estimés pour les dépenses de fonctionnement**

	Communes littorales			Communes non littorales		
	1er décile	Médiane	9eme décile	1er décile	Médiane	9eme décile
Constante	7.8042***	5.0312***	-7.4314***	3.5916***	4.8554***	4.7449***
log(densité démogr.)	-0.1609***	-0.5416***	-0.7028***	-0.042***	-0.1036***	-0.1256***
log(densité d'emploi)	0.1621***	0.3572***	0.391***	0.0562***	0.1045***	0.1276***
log(densité résid.secnd.)	0.0738***	0.1595***	0.2097***	0.0277***	0.0524***	0.1413***
log(densité héb.tourstq.)	0.0218***	0.0713***	-0.0333***	4e-04	-0.0011***	0.118***
Dummy (héb.tourstq.)	-0.2517***	0.3225***	-0.0561	-0.0038	-0.08***	0.3578***
Gini (pop. infra-communale)	1.1215***	0.2957***	0.9645***	0.4222***	0.4351***	0.1976***
Taux d'artificialisation	-0.0042***	0.002***	-0.002	0.0004***	0.0015***	0.0118***
Part des <10ans	-0.0018	-0.0186***	0.0159**	-0.0066***	-0.011***	-0.0246***
Part des 11-17ans	0.0053	-0.042***	0.0149	-0.0106***	-0.0145***	-0.0343***
Part des 18-24ans	-0.1524***	-0.0851***	-0.0641***	-0.0066***	-0.0134***	-0.0328***
Part des >65ans	-0.0046***	-0.0122***	-0.0015	0.0027***	0.0046***	-0.007***
log(Revenu/hab.)	0.2062***	0.2789***	1.3445***	0.1549***	0.1808***	0.2226***
log(Ratio fiscal)	-0.1119***	-0.0748**	-0.3031***	-0.0552***	-0.1871***	-0.5695***
Taux de chômage	0.0168***	0.0332***	0.0356***	0.0055***	0.0063***	0.0064***
Part des logements sociaux	0.012***	0.0255***	0.0214***	0.0044***	0.0077***	0.0137***
log(longueur voirie)	0.0441***	0.0159**	-0.0607***	0.0476***	0.0001	-0.0989***
Dummy (longueur voirie)	1.0116***	0.0462	-0.1385	0.1659***	0.2551***	-0.1182***
Part votes Gauche	0.0058***	0.0153***	0.0372***	0.0051***	0.0047***	0.0026***
Part votes Droite	-0.0037***	0.0125***	0.0316***	0.0027***	0.0012***	-0.0028***
log(DGF/hab.)	-0.0087	-0.0704***	0.1097***	0.0049***	0.0283***	0.1867***
Dummy (DGF/hab.)	0.16**	-0.2314***	1.2267***	0.0941***	0.206***	1.8167***
log(Dép.de.fonc./hab.) EPCI	-0.6718***	-0.1495***	-0.1079	0.0274***	-0.1283***	-0.215***
Dummy (EPCI)	-3.9711***	-0.6957**	-0.5543	0.0475	-0.8013***	-1.2799***

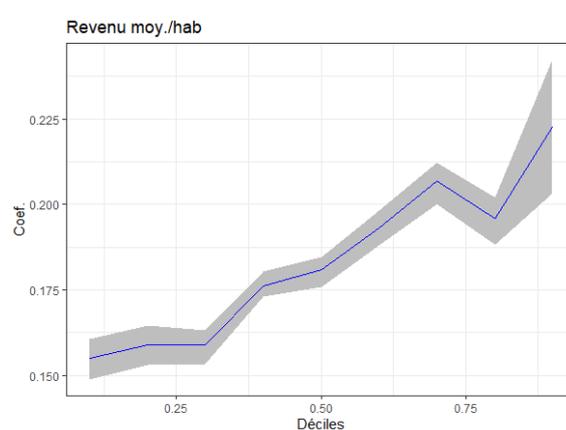
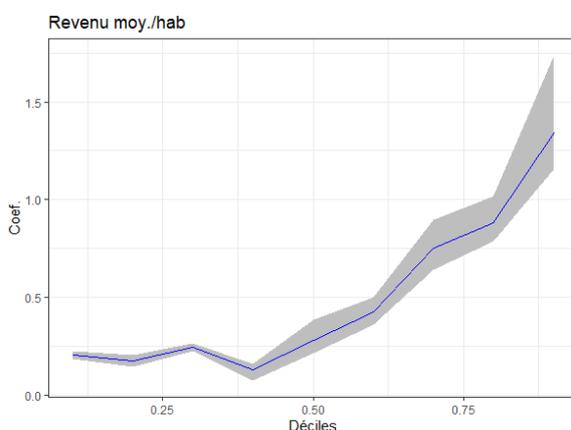
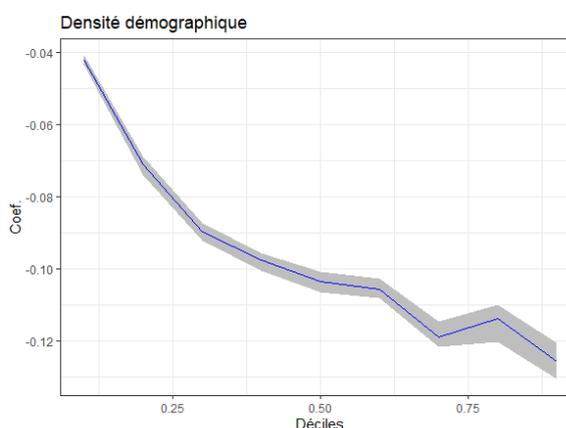
**Tableau A. 9: Régressions quantiles inconditionnelles : Coefficients estimés pour les dépenses d'investissement**

	Communes littorales			Communes non littorales		
	1er décile	Médiane	9eme décile	1er décile	Médiane	9eme décile
Constante	7.4488***	5.3495***	5.5686***	3.3461***	5.4651***	9.0461***
log(densité démogr.)	-0.2811***	-0.2565***	-0.3605***	-0.0608***	-0.1111***	-0.1609***
log(densité d'emploi)	0.2181***	0.0467	0.152***	0.0834***	0.099***	0.0579***
log(densité résid.secnd.)	0.0831***	0.1278***	0.14***	0.0027***	0.0566***	0.1637***
log(densité héb.tourstq.)	-0.016	0.0389***	0.0003	0.0068***	0.0209***	0.1242***
Dummy (héb.tourstq.)	-0.0015	0.1448***	0.2147**	-0.0216***	-0.0257***	0.4187***
Gini (pop. infra-communale)	1.1246***	0.6945***	0.2246	0.9816***	0.3228***	-0.1694***
Taux d'artificialisation	0.0005	0.0009	-0.0042***	0.0017***	-0.0006***	-0.0011***
Part des <10ans	-0.0057	-0.0038	-0.04***	-0.0048***	-0.0049***	-0.0303***
Part des 11-17ans	-0.0957***	-0.0206***	-0.1055***	-0.0115***	-0.0106***	-0.0416***
Part des 18-24ans	-0.0149	-0.0366***	-0.1248***	0.0018***	-0.0055***	-0.0391***
Part des >65ans	-0.0054	0.0054**	-0.0163***	0.0058***	0.0031***	-0.0127***
log(Revenu/hab.)	-0.2948**	0.2454***	0.3355***	0.0912***	0.0898***	-0.0533***
log(Ratio fiscal)	0.0362	-0.4351***	-0.5338***	-0.0454***	-0.2538***	-0.6419***
Taux de chômage	-0.0034	0.0023	0.0169***	-0.0034***	-0.0029***	-0.0137***
Part des logements sociaux	-0.0058	0.0104***	0.0128***	0.0026***	0.0022***	0.0013***
log(longueur voirie)	0.2006***	0.0243***	-0.0814	0.0798***	-0.0015	-0.19***
Dummy (longueur voirie)	1.5002***	0.1843***	-0.1422	0.4229***	0.0115	-0.3098***
Part votes Gauche	1e-04	-0.0031	-0.0092	-0.0017***	-0.0023***	-0.0038***
Part votes Droite	-0.0093***	-0.0023***	0.0047	-0.0033***	-0.0043***	-0.0059***
log(FCTVA/hab.)	0.4026***	0.2803***	0.365***	0.3478***	0.3055***	0.3703***
Dummy (FCTVA/hab.)	1.1056***	0.8783***	0.8553***	0.6759***	0.8231***	1.0021***
log(Dep.d'inv./hab.) EPCI	-0.0305	-0.4926***	-0.1157	-0.176***	-0.2798***	-0.3242***
Dummy (EPCI)	0.1419***	0.2634***	-0.2173***	0.0421***	0.1039***	0.2473***

### Communes littorales



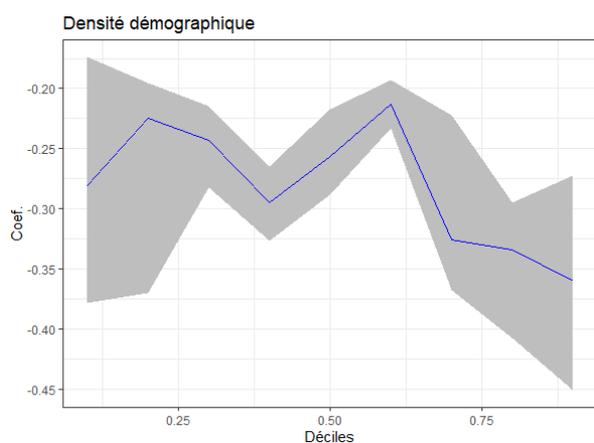
### Communes non littorales



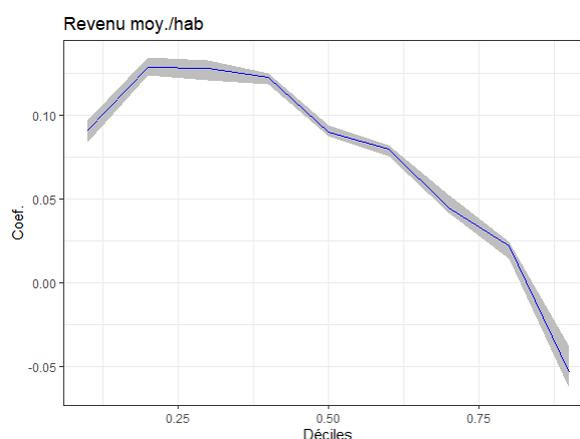
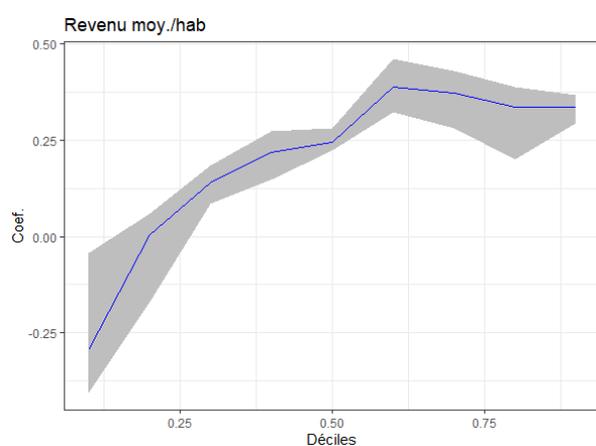
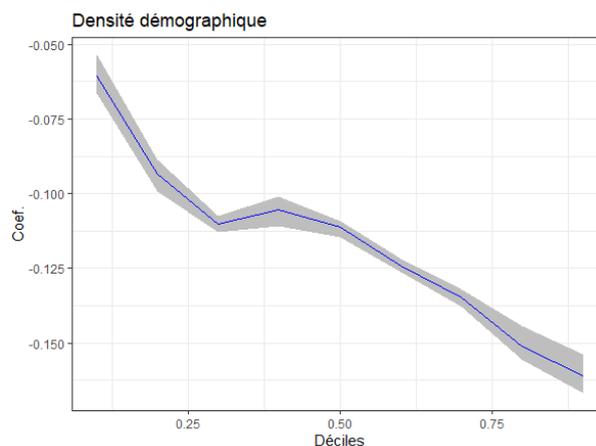
**Figure A. 5. Impacts de la densité démographique et du revenu moyen sur les dépenses de fonctionnement (par habitant), selon les déciles**

Avant même de s'intéresser aux écarts entre communes littorales et non-littorales avec la décomposition, les régressions quantiles inconditionnelles permettent d'étudier le rôle des variables explicatives sur la distribution des dépenses au sein même de chacun des groupes de communes. La **Figure A. 5** montre qu'une hausse de la densité démographique permet de réduire les inégalités de dépenses de fonctionnement par habitant parmi les communes littorales (graphique de gauche) et également parmi les communes non-littorales (graphique de droite) parce qu'elle a un impact (en valeur absolue) sur les quantiles supérieurs plus important que sur les quantiles inférieurs (coefficient décroissant avec l'ordre des quantiles). L'effet inverse est observé pour le revenu moyen/habitant (coefficient croissant avec l'ordre des quantiles) : la propension marginale à consommer le bien public local est plus importante pour les quantiles supérieurs que pour les quantiles inférieurs. Une hausse du revenu moyen/habitant a donc tendance à exacerber les écarts de dépenses de fonctionnement/habitant au sein de chacun des deux groupes.

### Communes littorales



### Communes non littorales

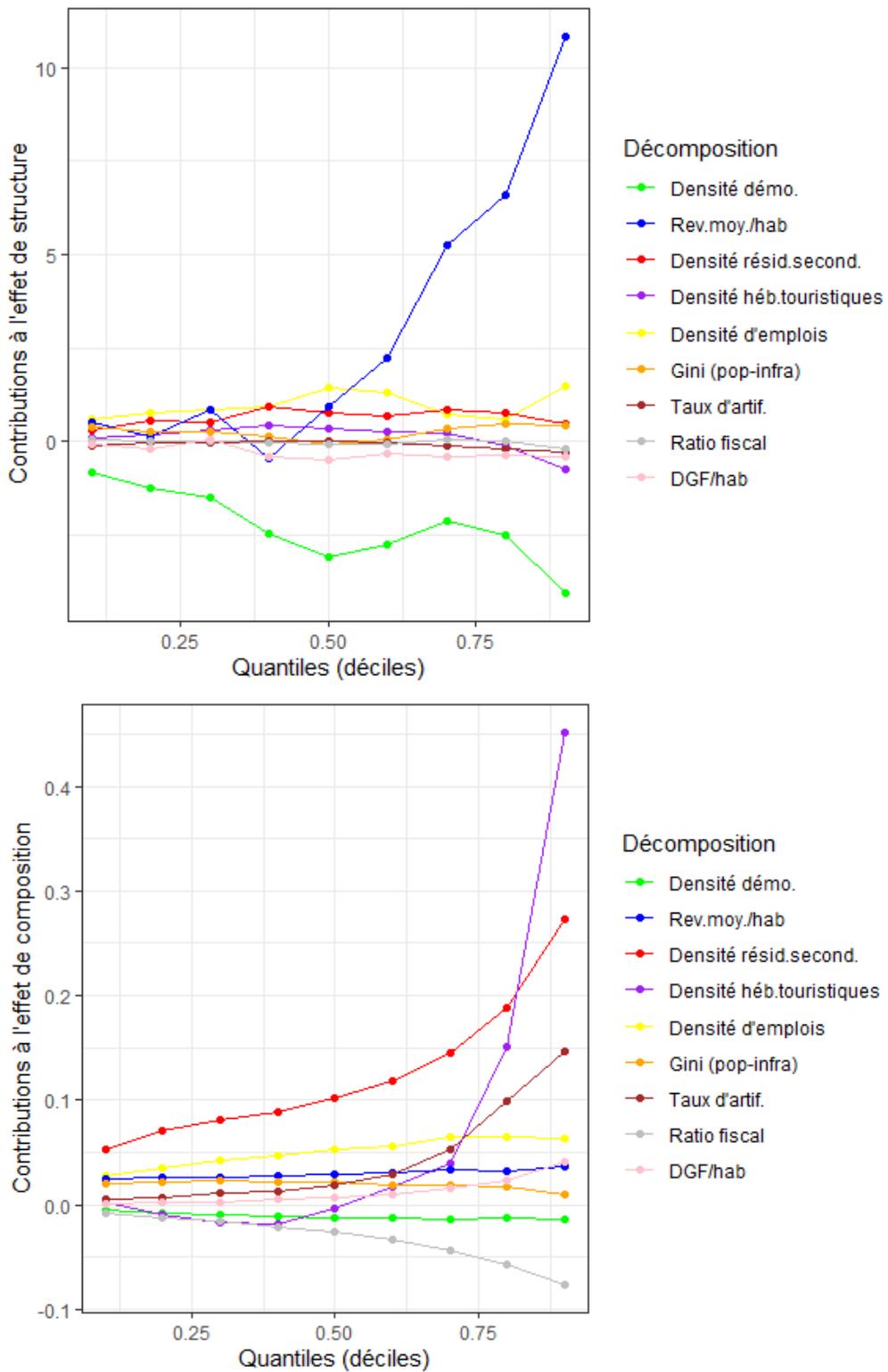


**Figure A. 6. Impacts de la densité démographique et du revenu moyen sur les dépenses d'investissement (par habitant), selon les déciles**

Pour les dépenses d'investissement/habitant (figure A.8.2), bien que l'effet de la densité démographique soit significativement différent de zéro (et toujours négatif), son évolution selon les quantiles, pour les communes littorales (graphique de gauche), est moins certaine que dans le cas des dépenses de fonctionnement/habitant du fait de la largeur de l'intervalle de confiance. Concernant le revenu moyen/habitant, son impact diffère pour le cas des communes non littorales : il décroît avec les quantiles (graphique de droite). Ainsi, les communes dont les dépenses d'investissement/habitant sont les plus élevées semblent moins réagir à une hausse du revenu moyen/habitant que celles en bas de la distribution<sup>76</sup>. Cela pourrait potentiellement s'expliquer par le fait que ces communes (du haut de la distribution) aient déjà réalisé un niveau important d'investissements par le passé leur ayant permis d'accumuler un stock critique d'équipements, quand le bas de la distribution nécessite encore des investissements nouveaux relativement plus importants. La différence avec les dépenses de fonctionnement résiderait donc dans leur nature récurrente et leur corrélation positive avec le stock d'équipements existants.

<sup>76</sup> Le 9<sup>ème</sup> décile a même un coefficient négatif.

- **Résultats des décompositions quantiles**



**Figure A. 7. Contribution de quelques variables clés aux effets de structure et de composition des dépenses de fonctionnement, selon les déciles**

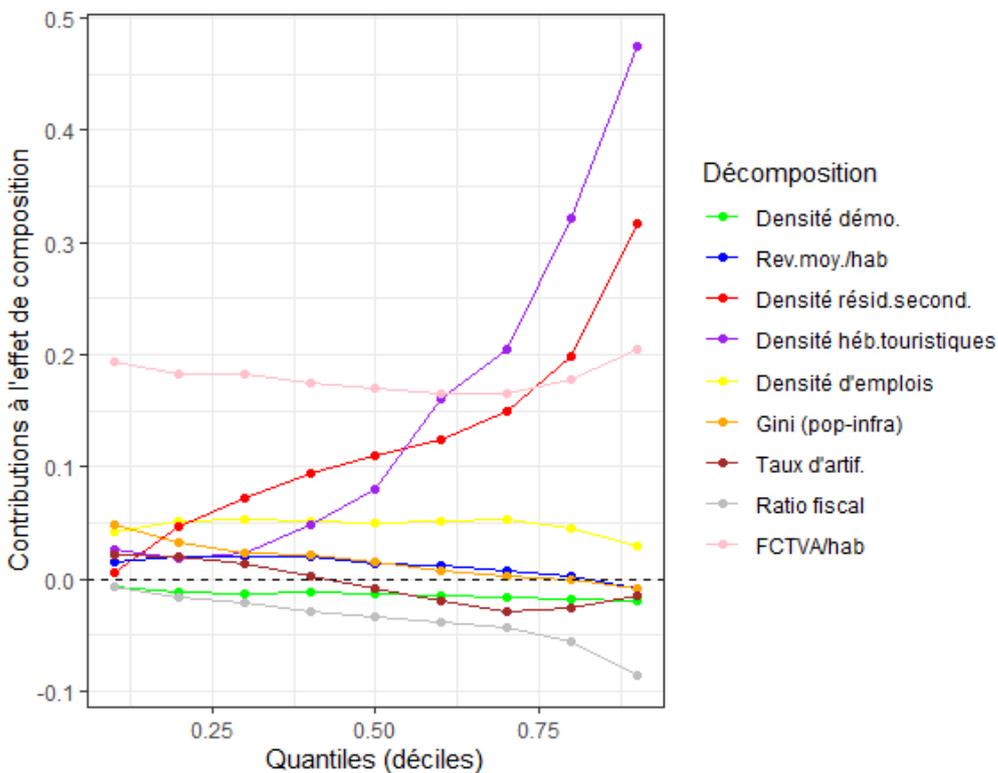
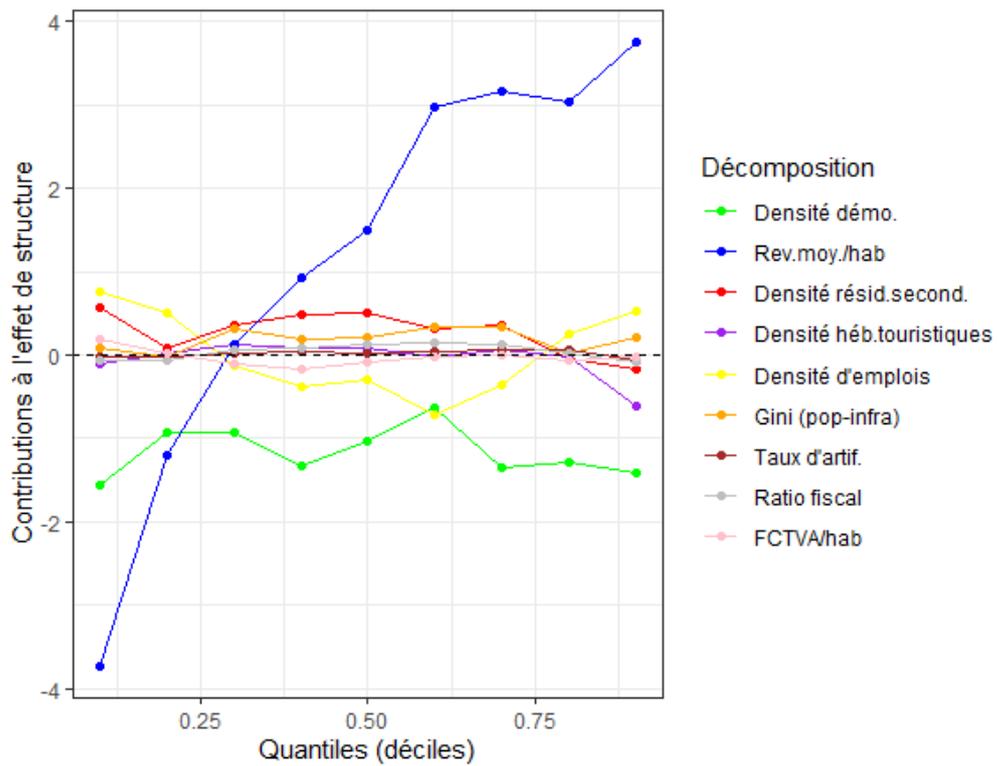


Figure A. 8. Contribution de quelques variables clés aux effets de structure et de composition des dépenses d'investissement, selon les déciles

**Tableau A. 10 : Décomposition détaillée de l'effet de structure, dépenses de fonctionnement, avec les intervalles de confiance**

	1er décile			Médiane			9eme décile		
	Structure	Lower CI	Upper CI	Structure	Lower CI	Upper CI	Structure	Lower CI	Upper CI
log(densité démogr.)	-0.837	-1.977	-0.012	-3.084	-4.383	-2.340	-4.064	-6.381	-1.502
log(densité d'emploi)	0.598	-0.094	1.316	1.428	0.857	2.279	1.488	0.212	3.037
log(densité résid.secnd.)	0.325	-0.168	0.763	0.756	0.414	1.126	0.483	-0.126	1.379
log(densité héb.tourstq.)	0.106	-0.071	0.310	0.358	0.162	0.515	-0.749	-1.100	-0.394
Dummy (héb.tourstq.)	-0.040	-0.090	-0.002	0.065	0.026	0.098	-0.067	-0.123	-0.006
Gini (pop.infra-communale)	0.379	0.031	0.845	-0.075	-0.406	0.257	0.415	-0.268	0.900
Taux d'artificialisation	-0.094	-0.185	-0.017	0.010	-0.063	0.110	-0.283	-0.498	-0.103
Part des <10ans	0.049	-0.355	0.474	-0.078	-0.311	0.232	0.416	-0.171	1.196
Part des 11-17ans	0.122	-0.260	0.539	-0.210	-0.459	0.046	0.375	-0.103	0.957
Part des 18-24ans	-0.669	-0.882	-0.302	-0.329	-0.556	-0.155	-0.144	-0.527	0.174
Part des >65ans	-0.198	-0.630	0.250	-0.453	-0.730	-0.115	0.149	-0.654	1.200
log(Revenu/hab.)	0.496	-3.326	2.747	0.949	-2.165	3.345	10.848	6.513	16.817
log(Ratio fiscal)	0.041	-0.110	0.240	-0.081	-0.274	0.098	-0.193	-0.571	0.091
Taux de chômage	0.153	-0.032	0.323	0.365	0.198	0.535	0.396	-0.014	0.788
Part logements sociaux	0.036	-0.033	0.075	0.083	0.042	0.132	0.036	-0.081	0.139
log(longueur voirie)	-0.012	-0.197	0.144	0.053	-0.097	0.185	0.129	-0.168	0.495
Dummy (longueur voirie)	0.003	-0.001	0.006	-0.001	-0.005	0.004	-0.0001	-0.005	0.007
Part votes Gauche	0.016	-0.337	0.351	0.257	-0.097	0.540	0.842	0.254	1.404
Part votes Droite	-0.335	-0.846	0.165	0.595	0.182	1.064	1.809	0.896	2.648
log(DGF/hab.)	-0.070	-0.584	0.125	-0.509	-0.939	-0.085	-0.397	-1.276	0.308
Dummy (DGF/hab.)	0.001	-0.006	0.005	-0.006	-0.015	0.003	-0.009	-0.029	0.008
log(Dép.fonc./hab.) EPCI	-3.884	-7.010	-1.927	-0.118	-2.271	2.318	0.595	-4.418	5.886
Dummy (EPCI)	-0.308	-0.569	-0.157	0.008	-0.212	0.208	0.056	0.396	0.471

**Tableau A. 11: Décomposition détaillée de l'effet de composition, dépenses de fonctionnement, avec les intervalles de confiance**

	1er décile			Médiane			9eme décile		
	Composition	Lower CI	Upper CI	Composition	Lower CI	Upper CI	Composition	Lower CI	Upper CI
log(densité démogr.)	-0.005	-0.007	-0.003	-0.012	-0.014	-0.008	-0.005	-0.019	-0.008
log(densité d'emploi)	0.028	0.021	0.036	0.052	0.044	0.059	0.028	0.046	0.079
log(densité résid.secd.)	0.054	0.045	0.065	0.101	0.093	0.109	0.054	0.255	0.292
log(densité héb.tourstq.)	0.002	-0.021	0.029	-0.004	-0.023	0.019	0.002	0.375	0.516
Dummy (héb.tourstq.)	0.002	-0.021	0.018	0.048	0.031	0.065	0.002	-0.267	-0.165
Gini (pop.infra-communale)	0.021	0.015	0.025	0.021	0.018	0.025	0.021	0.002	0.017
Taux d'artificialisation	0.005	-0.003	0.015	0.019	0.011	0.026	0.005	0.122	0.175
Part des <10ans	0.015	0.008	0.022	0.026	0.021	0.031	0.015	0.045	0.069
Part des 11-17ans	0.011	0.007	0.014	0.015	0.012	0.018	0.011	0.028	0.042
Part des 18-24ans	0.002	0.0003	0.004	0.004	0.003	0.006	0.002	0.007	0.014
Part des >65ans	0.017	0.004	0.028	0.029	0.022	0.038	0.017	-0.064	-0.027
log(Revenu/hab.)	0.025	0.019	0.031	0.029	0.024	0.035	0.025	0.023	0.049
log(Ratio fiscal)	-0.007	-0.011	-0.002	-0.025	-0.032	-0.019	-0.007	-0.097	-0.058
Taux de chômage	0.015	0.010	0.018	0.017	0.013	0.020	0.015	0.010	0.026
Part logements sociaux	0.006	0.004	0.009	0.011	0.008	0.015	0.006	0.011	0.026
log(longueur voirie)	0.043	0.037	0.051	0.00005	-0.005	0.005	0.043	-0.102	-0.075
Dummy (longueur voirie)	-0.00001	-0.001	0.001	-0.00002	-0.001	0.001	-0.00001	-0.001	0.001
Part votes Gauche	-0.002	-0.004	0.001	-0.002	-0.004	0.001	-0.002	-0.002	0.002
Part votes Droite	-0.007	-0.010	-0.003	-0.003	-0.005	-0.0001	-0.007	0.002	0.013
log(DGF/hab.)	0.001	-0.001	0.003	0.006	0.003	0.009	0.001	0.026	0.053
Dummy (DGF/hab.)	0.0003	-0.001	0.001	0.001	-0.001	0.002	0.0003	-0.008	0.019
log(Dép.fonc./hab.) EPCI	-0.007	-0.033	0.015	0.034	0.010	0.051	-0.007	-0.0004	0.098
Dummy (EPCI)	0.002	-0.024	0.031	-0.040	-0.059	-0.014	0.002	-0.110	-0.0003

**Tableau A. 12 : Décomposition détaillée de l'effet de structure, dépenses d'investissement, avec les intervalles de confiance**

	1er décile			Médiane			9eme décile		
	Structure	Lower CI	Upper CI	Structure	Lower CI	Upper CI	Structure	Lower CI	Upper CI
log(densité démogr.)	-1.552	-3.558	1.270	-1.024	-2.422	0.314	-1.406	-4.144	1.558
log(densité d'emploi)	0.761	-0.980	1.972	-0.296	-1.147	0.596	0.532	-1.441	2.410
log(densité résid.secnd.)	0.567	-0.150	1.334	0.502	0.149	0.966	-0.167	-0.925	0.854
log(densité héb.tourstq.)	-0.113	-0.558	0.216	0.089	-0.108	0.316	-0.613	-1.185	-0.103
Dummy (héb.tourstq.)	0.003	-0.081	0.087	0.028	-0.009	0.077	-0.033	-0.121	0.077
Gini (pop.infra-communale)	0.077	-0.671	0.723	0.201	-0.200	0.591	0.213	-0.690	1.018
Taux d'artificialisation	-0.024	-0.145	0.112	0.032	-0.047	0.104	-0.064	-0.261	0.148
Part des <10ans	-0.009	-0.942	0.793	0.011	-0.283	0.410	-0.099	-1.121	0.839
Part des 11-17ans	-0.643	-1.374	-0.088	-0.076	-0.431	0.212	-0.487	-1.138	0.444
Part des 18-24ans	-0.077	-0.439	0.516	-0.143	-0.422	0.058	-0.394	-0.924	0.162
Part des >65ans	-0.302	-1.447	0.632	0.062	-0.265	0.494	-0.099	-1.161	0.994
log(Revenu/hab.)	-3.733	-9.475	1.413	1.505	-1.620	4.357	3.760	-0.211	13.349
log(Ratio fiscal)	-0.059	-0.322	0.327	0.131	-0.063	0.295	-0.078	-0.561	0.503
Taux de chômage	-0.001	-0.350	0.512	0.070	-0.111	0.267	0.415	-0.161	1.030
Part logements sociaux	-0.039	-0.140	0.043	0.038	-0.013	0.094	0.054	-0.059	0.181
log(longueur voirie)	0.407	-0.018	0.858	0.087	-0.123	0.273	0.366	0.016	0.876
Dummy (longueur voirie)	0.004	-0.001	0.007	0.001	-0.001	0.003	0.001	-0.005	0.005
Part votes Gauche	0.045	-0.542	0.653	-0.019	-0.447	0.365	-0.130	-1.247	0.622
Part votes Droite	-0.310	-1.307	0.477	0.105	-0.482	0.678	0.560	-1.089	1.836
log(FCTVA/hab.)	0.196	-0.561	0.773	-0.090	-0.449	0.240	-0.019	-0.706	0.461
Dummy (FCTVA/hab.)	0.025	-0.041	0.074	0.003	-0.019	0.024	-0.009	-0.045	0.027
log(Dep.d'inv./hab.) EPCI	0.764	-2.541	3.817	-1.118	-2.843	0.416	1.095	-2.590	6.171
Dummy (EPCI)	0.007	-0.016	0.033	0.012	-0.002	0.026	-0.034	-0.075	-0.006

**Tableau A. 13 : Décomposition détaillée de l'effet de composition, dépenses d'investissement, avec les intervalles de confiance**

	1er décile			Médiane			9eme décile		
	Composition	Lower CI	Upper CI	Composition	Lower CI	Upper CI	Composition	Lower CI	Upper CI
log(densité démogr.)	-0.007	-0.012	0.0004	-0.013	-0.018	-0.008	-0.007	-0.028	-0.007
log(densité d'emploi)	0.042	0.021	0.059	0.050	0.038	0.062	0.042	0.006	0.052
log(densité résid.second.)	0.005	-0.016	0.020	0.110	0.096	0.123	0.005	0.288	0.347
log(densité héb.tourstq.)	0.026	-0.021	0.071	0.080	0.031	0.119	0.026	0.363	0.583
Dummy (heéb.tourstq.)	0.013	-0.025	0.050	0.015	-0.015	0.056	0.013	-0.322	-0.170
Gini (pop.infra-communale)	0.048	0.035	0.059	0.016	0.010	0.020	0.048	-0.021	0.002
Taux d'artificialisation	0.021	0.005	0.035	-0.008	-0.020	0.006	0.021	-0.033	0.010
Part des <10ans	0.011	-0.005	0.027	0.011	0.003	0.021	0.011	0.056	0.090
Part des 11-17ans	0.012	0.003	0.022	0.011	0.004	0.017	0.012	0.034	0.054
Part des 18-24ans	-0.001	-0.004	0.003	0.002	0.00003	0.004	-0.001	0.008	0.018
Part des >65ans	0.037	0.009	0.059	0.020	0.005	0.034	0.037	-0.114	-0.055
log(Revenu/hab.)	0.015	0.001	0.029	0.014	0.006	0.021	0.015	-0.025	0.010
log(Ratio fiscal)	-0.006	-0.016	0.005	-0.034	-0.042	-0.022	-0.006	-0.106	-0.059
Taux de chômage	-0.009	-0.018	0.001	-0.008	-0.013	-0.003	-0.009	-0.049	-0.022
Part logements sociaux	0.004	-0.001	0.007	0.003	-0.0003	0.006	0.004	-0.002	0.006
log(longueur voirie)	0.072	0.057	0.087	-0.001	-0.011	0.007	0.072	-0.206	-0.148
Dummy (longueur voirie)	-0.00003	-0.002	0.001	-0.00000	-0.0003	0.0003	-0.00003	-0.001	0.001
Part votes Gauche	0.001	-0.001	0.002	0.001	-0.001	0.002	0.001	-0.002	0.003
Part votes Droite	0.008	0.002	0.016	0.010	0.006	0.015	0.008	0.006	0.023
log(FCTVA/hab.)	0.193	0.154	0.227	0.170	0.145	0.198	0.193	0.172	0.243
Dummy (FCTVA/hab.)	-0.027	-0.037	-0.016	-0.033	-0.044	-0.017	-0.027	-0.054	-0.020
log(Dep.d'inv./hab.) EPCI	-0.028	-0.046	-0.011	-0.045	-0.056	-0.032	-0.028	-0.069	-0.031
Dummy (EPCI)	0.002	-0.002	0.005	0.005	0.001	0.007	0.002	0.005	0.017

## **Chapitre 3 :**

# **Les aléas côtiers constituent-ils des facteurs de charges pour les communes littorales ?**

### **1. Introduction**

Du fait de l'importance de son littoral, la France est l'un des pays Européens les plus concernés par l'ambivalence des zones côtières, avec d'une part une forte attractivité, induite par les aménités littorales, et d'autre part la menace des aléas<sup>77</sup> marins. Près de 25% du littoral français est en recul<sup>78</sup> et plus de 12 % de la superficie des communes littorales est en zone basse<sup>79</sup>, exposant ces territoires à l'aléa de submersion marine<sup>80</sup>. Le changement climatique et la hausse du niveau de la mer auront tendance à accroître l'exposition des territoires littoraux et la sévérité des aléas. Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime la hausse du niveau de la mer en 2100 entre 33 et 61 cm si la hausse de la température mondiale est maintenue à +2°C<sup>81</sup>, et entre 63 cm et 1,02 mètre sous le scénario le plus extrême (BRGM & Cerema, 2022; IPCC, 2021). En plus d'une fréquence accrue des épisodes tempétueux et des submersions, parfois temporaires, ces bouleversements auront des impacts considérables et durables sur la position du trait de côte<sup>82</sup>. Ainsi, le Cerema estime à près de 17 000 le nombre de logements susceptibles d'être atteints par le recul du trait de côte en 2100 en France métropolitaine, soit une valeur de 3,2 Md€ (Cerema, 2019)<sup>83</sup>.

Diverses mesures peuvent être envisagées afin de favoriser l'adaptation des territoires aux aléas littoraux. Il s'agit principalement de mesures de protection (dont la construction d'ouvrages de défense), de mesures d'accommodation via l'aménagement<sup>84</sup> des infrastructures et des bâtiments leur permettant de mieux résister aux sinistres, de la relocalisation (repli) des enjeux menacés, ou encore de mesures d'évitement visant à limiter le développement dans les zones à risques (Butler et al., 2016; Meur-Ferec et al., 2013; OCDE, 2019a; Woodruff et al., 2020). La doctrine guidant le recours à l'une ou l'autre de

---

<sup>77</sup> Les aléas mesurent la probabilité d'occurrence ou la prédisposition d'un territoire à une catastrophe.

<sup>78</sup> En France métropolitaine (Hédou et al., 2018; Rocle et al., 2021).

<sup>79</sup> Zones topographiques situées sous le niveau centennal de la mer. Plus de 13% des zones basses des communes littorales sont artificialisées (Observatoire national de la mer et du littoral ONML, 2012).

<sup>80</sup> Plus d'un quart du littoral est confronté à l'un ou l'autre de ces aléas (Hédou et al., 2020).

<sup>81</sup> Hausse de 2°C par rapport au niveau préindustriel, conformément à l'Accord de Paris.

<sup>82</sup> « Selon la définition donnée par le SHOM (Service hydrographique et océanographique de la marine), le trait de côte représente « la ligne portée sur la carte séparant la terre et la mer. Sur la carte marine, c'est le plus souvent la laisse de haute mer (ligne mince et ondulée formée de sable fin, de débris de coquilles, de petits morceaux d'algues..., laissée par les vagues), qui marque la limite supérieure atteinte par leur mouvement sur la plage ». Il s'agit là d'une délimitation principalement géographique marquant la séparation de l'espace maritime avec l'espace terrestre » (Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2024b).

<sup>83</sup> Ces valeurs pouvant doubler dans le scénario le plus extrême.

<sup>84</sup> Les solutions basées sur la nature telles que la restauration de dunes, de mangroves, ou autres zones humides côtières peuvent être considérées comme des mesures d'accommodation et de protection.

ces mesures a considérablement évolué au fil des années, cependant les exemples de recomposition et de relocalisation spatiale sont rares à l'échelle internationale, l'essentiel des dépenses publiques étant destiné à renforcer les ouvrages de défense (Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes, 2024). En France, le cadre a évolué de manière significative entre 1986 avec la loi dite « Littoral »<sup>85</sup> et la loi dite « Climat et résilience » de 2021<sup>86</sup>, faisant progressivement émerger un changement de paradigme vers la nécessité de « vivre avec la mer plutôt que contre elle »<sup>87</sup>. Parallèlement, une nouvelle dynamique s'est installée, notamment pendant la dernière décennie, mettant en lumière le rôle des collectivités locales (plus particulièrement les communes et intercommunalités) dans l'adaptation aux évolutions et risques littoraux. Néanmoins, les coûts supportés par celles-ci, ainsi que les projections des besoins futurs, demeurent peu documentés. Il en va de même pour les modalités de financement et les marges de manœuvre qui s'offrent aux acteurs publics locaux.

En effet, la mesure des coûts de gestion des aléas côtiers s'accompagne de fortes incertitudes (Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes, 2024), pouvant s'expliquer par l'absence d'un suivi comptable homogène et par la pluralité dans les choix de stratégies d'intervention. Si des estimations peuvent être effectuées à l'aide de méthodes économétriques (comme le propose ce chapitre) ou en recensant les dépenses en faveur de la gestion du trait de côte sur un échantillon de collectivités, très peu d'études ont été menées sur le cas français à notre connaissance. A ces incertitudes s'ajoute l'insuffisance des modalités de financement. Bien que divers dispositifs de subvention contribuent au financement d'équipements et d'observations de l'aléa de submersion marine (tels que le Fonds de prévention des risques naturels majeurs, FPRNM, dit « Fonds Barnier »), il subsiste un reste à charge non négligeable pour les collectivités locales. De plus, concernant l'érosion du trait de côte, la couverture par ces dispositifs n'est pas systématique. Afin d'apporter un accompagnement supplémentaire, des mécanismes de péréquation (ou solidarité financière) sont envisagés (Buchou, 2019; CGEDD - IGA - IGF., 2019), à travers lesquels les collectivités les plus favorisées du littoral seraient mises à contribution pour constituer un fonds de péréquation qui permettrait de financer des projets d'adaptation dans les communes les plus défavorisées, notamment du fait d'une exposition élevée à l'érosion. Il reste cependant à identifier quel pourrait être l'impact budgétaire des aléas côtiers, considérés ici comme des facteurs de charge. A notre connaissance aucune analyse n'a été menée dans ce sens dans la littérature économique.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent chapitre. Premièrement, il constitue la première étude mesurant l'ampleur et la sévérité des aléas côtiers pour l'ensemble des communes françaises (hors outre-

---

<sup>85</sup> (Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (1), 1986)

<sup>86</sup> (Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1), 2021)

<sup>87</sup> (Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2024b; Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, 2017).

mer). Pour ce faire, le chapitre s'appuie sur des traitements effectués à notre demande par le Cerema<sup>88</sup> permettant d'observer les aléas et les caractéristiques géomorphologiques du trait de côte (longueur et nature) à l'échelle infranationale. Deuxièmement, il établit les premières estimations économétriques des effets des aléas côtiers sur les dépenses communales. Les analyses recourent au modèle de dépenses publiques locales présenté dans les chapitres précédents et quantifie pour l'année 2019 l'impact éventuel des aléas côtiers, tout en contrôlant les caractéristiques sociodémographiques et urbaines des communes littorales, ainsi que la géomorphologie du trait de côte. Il contribue donc à quantifier les coûts supportés par les communes littorales dans leurs stratégies d'adaptation en fonction de l'ampleur et la sévérité des aléas, et jeter les bases d'une méthode qui permettrait d'identifier les communes éligibles à un fonds de péréquation littoral si elles n'étaient pas, par ailleurs, avantagées par une richesse fiscale élevée.

La section suivante (2) précise le rôle des collectivités locales dans la stratégie d'adaptation aux aléas côtiers. Elle présente l'ensemble des mesures d'adaptation mobilisables, rappelle les arguments théoriques en faveur de l'action publique locale, et décrit la stratégie de gouvernance française pendant la période étudiée en précisant le rôle du bloc communal. La section 3 propose, d'une part, une revue des travaux sur l'incidence des aléas et catastrophes sur les budgets des collectivités locales et introduit, d'autre part, l'étude empirique du présent chapitre. Dans cette section, les données caractérisant les communes littorales sont décrites et la stratégie économétrique est présentée. Les résultats des estimations économétriques sont discutés dans la section 4, quand la section 5 déduit les implications de politiques publiques et apporte des éléments de conclusion.

## **2. Le rôle des collectivités locales dans la stratégie française d'adaptation aux évolutions du littoral**

### **2.1. La nature des mesures d'adaptation**

Bien que l'essentiel des dépenses publiques d'adaptation, à l'échelle internationale, soit destiné à la protection contre la mer, diverses mesures alternatives contribuent à l'adaptation des territoires aux aléas littoraux, à savoir l'accommodation, le repli, ou encore l'évitement. Le rapport de l'OCDE sur les stratégies adoptées par les pays membres (OCDE, 2019a) en fournit un état des lieux.

Contrairement aux idées reçues, les mesures de protection ne se limitent pas à la construction d'ouvrages durs tels que les digues, mais comprennent l'ensemble des mesures visant à réduire la probabilité de l'aléa, dont les solutions basées sur la nature telles que le rechargement des plages et des dunes, ou encore la restauration « des rivages vivants » (végétalisation, renforcement des écosystèmes littoraux

---

<sup>88</sup>Les données ont été produites suite à une convention établie entre le laboratoire AMURE et le Cerema (Cerema, 2021), permettant de formaliser les besoins de données identifiés au démarrage de la thèse pour pouvoir mener à bien l'analyse envisagée. Nous remercions ici vivement le Cerema, et notamment François Hédou, d'avoir accepté de produire les données nécessaires à ces travaux de thèse.

tels que les mangroves) (OCDE, 2019b - Chapitre 2<sup>89</sup>). L'accommodation quant à elle permet de réduire la vulnérabilité du territoire et des enjeux et consiste en la modification des codes de construction et des normes de conception des infrastructures, bâtiments et ouvrages, en vue de supporter l'occurrence d'un sinistre (notamment inondation ou épisode de submersion)<sup>90</sup>. Elle présente l'avantage d'être facile à combiner avec les autres mesures (par exemple modification des normes relatives au digues côtières), mais implique des coûts d'aménagement supplémentaires en plus de ceux supportés au départ. Enfin, les stratégies de repli et d'évitement visent toutes les deux à réduire l'exposition des enjeux en prônant une recomposition spatiale du territoire. Quand la première encourage la relocalisation des enjeux existants (logements, bâtiments, infrastructures), la seconde limite, voire prohibe, les nouvelles installations dans les zones du territoire les plus exposées. En France, la stratégie du repli se heurte à la forte attractivité du littoral (Meur-Ferec, 2021). En effet, si la recomposition spatiale n'est plus taboue, aucun projet concret n'a été introduit à grande échelle<sup>91</sup> (CGEDD - IGA - IGF, 2019), du fait, entre autres, des représentations sociales du littoral, tant par les élus locaux que par les ménages (Meur-Ferec, 2021; Rey-Valette et al., 2018; Rocle et al., 2021), et de la question du financement non encore résolue<sup>92</sup> (André et al., 2015; Guéguen & Renard, 2017; Rey-Valette et al., 2018).

Le choix de la stratégie adéquate doit s'inscrire dans un schéma de cohérence entre les différents acteurs locaux, publics (ex. communes, intercommunalités) ou privés (ex. ménages, assureurs).

## **2.2.L'adaptation aux aléas côtiers : un bien public local ?**

Un bien public est défini par deux caractéristiques fondamentales, à savoir l'impossibilité d'en restreindre l'accès (non-exclusion) et la non-rivalité, qui stipule que sa consommation par un usager ne réduit pas la consommation des autres usagers<sup>93</sup>. Les mesures d'adaptation aux aléas côtiers contribuent à la résilience des biens et services publics locaux des territoires littoraux et préservent la sécurité des populations (Tompkins & Eakin, 2012). Certaines de ces mesures présentent les caractéristiques de non-exclusion et non-rivalité et, du fait du caractère localisé des aléas (Boyer et al., 2017; Tselios & Tompkins, 2021), pourraient être assimilées à des biens publics locaux (Bisaro et al., 2020; Bisaro &

---

<sup>89</sup> Cf. Tableau 2.1 – Chapitre 2 (pp 39-40) dudit rapport pour une comparaison des avantages et des contraintes qu'impose chacune des stratégies.

<sup>90</sup> En Australie-Occidentale les projets de réhabilitation des infrastructures routières prennent en compte des projections de hausse du niveau de la mer entre 30 et 45cm (OCDE, 2019c - Chapitre 3).

<sup>91</sup> Des expérimentations ponctuelles sont étudiées, comme par exemple à Biscarosse, au sujet du repli stratégique de 3 bâtiments fortement menacés à court terme par l'érosion (GIP Littoral, 2022), ou encore, dans la commune de Lège-Cap-Ferret où les travaux de relocalisation du poste de secours de la plage de l'Horizon ainsi que la restauration des milieux dunaires sont en cours (de 2023 à 2024) (GIP Littoral, 2024).

<sup>92</sup> Ce constat est globalement le même à l'échelle des pays de l'OCDE parmi lesquels beaucoup investissent dans l'information et l'observation des phénomènes littoraux, mais la réglementation, les instruments économiques et financiers, ainsi que le suivi et l'évaluation des actions entreprises attirent moins l'attention (OCDE, 2019a).

<sup>93</sup> Les exemples de biens publics les plus courants sont la défense nationale et l'éclairage public.

Hinkel, 2018; Kok et al., 2021; Tompkins & Eakin, 2012)<sup>94</sup>. Toutefois, leur implémentation peut générer des « impuretés » (ou imperfections) (Boyer et al., 2017), telles que mises en avant par Woodruff et al. (2020), à savoir :

- l'hétérogénéité des bénéfices de l'adaptation,
- la création de bénéfices connexes,
- ou encore l'importance relative des coûts fixes liés à la mesure d'adaptation.

Tout d'abord, l'hétérogénéité des bénéfices de l'adaptation découle de la distribution spatiale des aléas : les individus les plus exposés tireraient plus de bénéfices de l'adaptation et seraient en faveur de la mesure, quand les moins exposés pourraient s'opposer à l'intervention publique pour des raisons d'équité (Bisaro & Hinkel, 2016; Mullin et al., 2019). La seconde impureté concerne la création de bénéfices connexes. Certaines mesures d'adaptation, en plus de gérer les risques littoraux, contribuent à préserver les aménités littorales et les services écosystémiques<sup>95</sup> (rechargement des plages, renaturation des espaces côtiers, etc.). Les biens et services privés tirent profit de ces bénéfices connexes (meilleure attractivité touristique, appréciation des valeurs foncières, etc.), constituant ainsi un argument en faveur du co-financement de l'adaptation par les acteurs publics et privés (Bisaro & Hinkel, 2018; Hinkel et al., 2013)<sup>96</sup>.

La troisième impureté des mesures d'adaptation aux aléas côtiers porte sur l'importance relative de leurs coûts fixes qui, dans le contexte des théories de l'action collective (Olson, 1971), désigne le seuil minimal de bien public à offrir avant que la mesure ne devienne effective (Sandler, 2015). L'existence ou non de ce seuil appelle à une modulation de l'intervention publique et de son financement. Par exemple, dans l'absolu, la plupart des mesures de protection ne sont effectives que lorsque l'ensemble du trait de côte menacé est protégé, nécessitant un investissement initial considérable (la construction d'une digue isolée ou le rechargement d'une dune sur une faible portion du trait de côte menacé ne génère pas de bénéfice incrémentiel). Au contraire, les actions d'accommodation effectuées par les particuliers, telles que la surélévation de leurs biens, les protections localisées par batardeaux, ou encore l'installation de pompes d'évacuation des eaux infiltrées<sup>97</sup>, sont directement effectives à l'échelle du

---

<sup>94</sup> De plus, divers travaux ont montré que la gestion des risques naturels par les collectivités locales dans un contexte décentralisé conduit à une meilleure efficacité et des pertes (humaines et matérielles) minimales, comparativement à une gestion centrale. Le lecteur pourra se référer aux travaux de Tselios & Tompkins (2021) pour une revue de la littérature ainsi que des estimations empiriques.

<sup>95</sup> Cf. par exemple Hynes et al. (2022) pour une analyse coûts-bénéfices comparative entre une mesure basée sur la nature (restauration de récifs ostréicoles) et le développement d'un ouvrage (digue) le long d'un sentier côtier pédestre dans la Baie de Galway, en Irlande. Les auteurs montrent que les deux alternatives de protection préservent les aménités littorales (ratios bénéfices/coûts importants), celles-ci étant plus importantes pour la mesure basée sur la nature.

<sup>96</sup> Il est possible que les effets connexes ne soient pas perçus comme des bénéfices. Par exemple, certains ouvrages d'ingénierie côtière sont perçus comme ayant un impact négatif sur le paysage et les aménités littorales (Bisaro & Hinkel, 2018; Dundas, 2017).

<sup>97</sup> Cf. DDTM du Pas-de-Calais (2017) pour une liste des actions réalisables par les particuliers.

ménage. Ainsi, la prise en charge partielle des travaux effectués par les particuliers constitue une solution de co-financement efficace en maintenant les incitations privées.

Le **Tableau 7** ci-après met en perspective les attributs d'un bien public (local) et ceux des différentes stratégies d'adaptation aux aléas côtiers. De toutes les stratégies, l'évitement est celle qui se rapproche le plus d'un bien public local, du fait de ses attributs de non-rivalité et de non-exclusion. Sur la base des mêmes critères, le repli se classe en seconde position. S'agissant des mesures dont l'implémentation par les acteurs privés (ménages et entreprises) est encouragée, la possibilité d'exclusion est essentielle dès lors qu'elle permet de contrôler les comportements de passagers clandestins (par exemple, des agents privés qui bénéficieraient d'une protection au financement de laquelle ils n'ont pas participé).

Dans l'ensemble, l'adaptation aux aléas littoraux est assimilable à un bien de club (rivalité faible, exclusion possible). Elle n'est pas exclusivement du ressort des collectivités locales, mais doit s'inscrire dans un schéma de gouvernance partagée avec les différents acteurs.

**Tableau 7: Attributs d'un bien public évalués pour les diverses stratégies d'adaptation aux aléas côtiers**

	<b>Accommodation</b>	<b>Protection</b>	<b>Repli</b>	<b>Evitement</b>
<b>Rivalité</b>	<b>Non :</b> les actions menées par la collectivité offrent le même niveau de sécurité à tous les usagers concernés et celles menées par les particuliers ne privent pas les autres d'en faire de même	<b>Non :</b> pour un projet donné, le niveau de protection d'un usager ne dépend pas de celui des autres	<b>Non :</b> offre le même niveau de sécurité à tous les usagers concernés par la relocalisation	<b>Non :</b> offre le même niveau de sécurité à tous les usagers installés en retrait de la zone
<b>Exclusion</b>	- <b>Oui :</b> les actions menées par les particuliers ne bénéficient qu'à leurs biens - <b>Non :</b> les actions menées par la collectivité pérennisent l'ensemble des biens et services publics concernés	<b>Oui :</b> selon la distribution spatiale des aléas et du projet de protection		
<b>Bénéfices hétérogènes</b>	<b>Oui :</b> selon la distribution spatiale des aléas et des actions d'accommodation menées	<b>Oui :</b> préservation, restauration ou altération des aménités littorales	<b>Oui :</b> selon l'utilité associée à la proximité côtière (ex. valeur foncière, rentabilité économique)	<b>Non :</b> les bénéfices de la non-exposition aux aléas sont uniformes (caractère préventif)
<b>Bénéfices connexes</b>	<b>Non</b>		<b>Oui :</b> préservation ou renaturation (indirecte) d'écosystèmes littoraux sur la zone tampon	
<b>Importance relative des coûts fixes</b>	- <b>Non :</b> les actions menées par les particuliers leur bénéficient directement - <b>Oui :</b> dimensionnement de l'action publique afin d'atteindre un seuil critique de résilience	<b>Oui :</b> doit couvrir l'ensemble de la zone d'aléa	<b>Oui :</b> selon l'ampleur de l'opération de rachat des biens et terrains exposés	<b>Non :</b> essentiellement de nature réglementaire, ne requiert pas d'investissement considérable en dehors des actions menées de manière complémentaire
<b>Financement recommandé</b>	<b>Public et privé</b>	<b>Public et privé</b>	<b>Public</b>	<b>Public</b>

Source : Adapté de Woodruff et al. (2020)

## 2.3. Contexte français de l'adaptation aux aléas côtiers

### 2.3.1. Des fonds essentiellement à destination des mesures de protection et d'accommodation

En France, le financement de l'adaptation aux aléas côtiers est partagé entre acteurs publics et privés, et est globalement en accord avec les principes théoriques. En effet, le Fonds de prévention des risques naturels majeurs, FPRNM, dit « Fonds Barnier »<sup>98</sup> peut être mobilisé pour le financement de la prévention ou de la protection des biens soumis aux aléas côtiers, tant par les collectivités locales que par les acteurs privés (particuliers et professionnels).

Pour les collectivités (notamment les communes), l'éligibilité est conditionnée à la couverture par un plan de prévention des risques naturels (PPRN) dont le statut détermine le degré de financement. Ainsi, le coût des études (diagnostic de vulnérabilité, définition des conditions d'aménagement, prise en compte de l'aléa dans l'élaboration et la révision des documents d'urbanisme, etc.) est couvert à hauteur de 50%, quand celui des travaux et équipements (dont la création ou le confortement de systèmes d'endiguements ou autres ouvrages de protection) est pris en charge entre 25% et 40% si un PPRN est prescrit, et entre 40% et 50% si le PPRN est approuvé<sup>99</sup>.

L'éligibilité et le degré de compensation à destination des particuliers et professionnels<sup>100</sup> dépendent également du niveau de prévention de la commune de résidence. Plus précisément, le fonds Barnier pourrait subventionner 80% du coût des travaux entrepris, si la commune est dotée d'un plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) avec prescriptions (coût des travaux plafonné à 10% de la valeur vénale du bien) ou si la commune bénéficie d'un programme d'actions de prévention des inondations (PAPI ; subvention plafonnée à 36 000€ pour les particuliers et 10% de la valeur vénale du bien pour les professionnels).

Dans le cas de la gestion des risques côtiers, le fonds Barnier ne peut être mobilisé que pour des actions en lien avec la submersion marine, l'évolution du trait de côte étant prévisible et suffisamment perceptible selon le législateur (CGEDD - IGA - IGF, 2019). Toutefois, dans les cas particuliers où la dynamique du trait de côte serait corrélée avec l'aléa de submersion marine, en particulier dans les zones basses dont les dunes seraient fragilisées, ou avec des mouvements de terrain, comme dans les secteurs à falaise où les actions continentales et marines se cumulent, l'adaptation à l'érosion côtière pourrait bénéficier des financements du fonds Barnier et/ou d'un PAPI<sup>101</sup> selon l'appréciation des services de l'Etat (Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes, 2024).

---

<sup>98</sup> Instauré par la Loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, 1995 dite « loi Barnier ».

<sup>99</sup> (Ministère de la Transition Écologique, 2023)

<sup>100</sup> Entreprises de moins de 20 salariés.

<sup>101</sup> Comme à Noirmoutier (Chambre régionale des comptes, Pays de la Loire, 2024).

La décennie des années 2010 a vu émerger un ensemble de politiques publiques visant à approfondir la connaissance des aléas côtiers et à élargir le panel d'outils financiers à disposition, en particulier concernant la problématique de l'érosion, insuffisamment prise en compte par les dispositifs précédents. C'est dans ce cadre qu'a été élaborée la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (SNGITC)<sup>102</sup>.

***Encadré 1: Champs d'action de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte***

La SNGITC vise à anticiper et favoriser une meilleure adaptation des évolutions du littoral, et à y repenser l'organisation territoriale. Elle a permis, à travers ses deux programmes d'actions consécutifs (2012 à 2015, puis 2017 à 2019<sup>103</sup>), le développement de l'indicateur national de l'érosion côtière (INEC), le lancement de la mise en réseau des observatoires du trait de côte, ainsi que l'intégration de la gestion du trait de côte dans les documents et stratégies de planification en matière de gestion des risques et d'aménagement du littoral (Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2024b). Elle a contribué à affirmer le rôle des collectivités locales, notamment à travers un ensemble d'actions destinées à élaborer « des stratégies partagées entre les acteurs publics et privés » (intitulé de l'Axe B de son plan d'actions<sup>104</sup>), à savoir :

- Le développement d'un diagnostic partagé des aléas et enjeux entre l'Etat et les collectivités territoriales
- L'intégration des choix d'aménagements du trait de côte dans les schémas de cohérence territoriale (SCOT)
- La modulation de la bande littorale des 100 mètres (prévue par la loi Littoral) dans les plans locaux d'urbanisme (PLU, ou plans locaux d'urbanisme intercommunaux, PLUi) et le refus de permis de construire dans les zones à aléas en l'absence de plan de prévention des risques (PPR)
- Un appui méthodologique aux acteurs locaux dans la mise en œuvre des choix d'aménagements opérationnels du trait de côte, sur la base de leurs compétences et responsabilités
- La prise en compte des risques littoraux dans la compétence relative à la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GeMAPI) confiée aux communes et à leurs groupements.

<sup>102</sup> Elle intervient à la suite de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) dont l'objectif était d'encourager la durabilité à long terme et la résilience des écosystèmes côtiers tout en répondant aux besoins des communautés locales et des économies régionales (Doat, 2013). Cette dernière englobait un cadre plus large que la gestion des risques côtiers, dans la mesure où elle associait aux problématiques environnementales les enjeux économiques, sociaux, culturels et patrimoniaux du littoral (Cicin-Sain & Knecht, 1998; Ritschard, 2017).

<sup>103</sup> Cf. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2012) et Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2017a), respectivement.

<sup>104</sup> L'INEC et le réseau des observatoires du trait de côte s'insèrent dans le programme d'actions à travers l'axe A – « Développer l'observation du trait de côte et identifier les territoires à risque d'érosion pour hiérarchiser l'action publique ». Les deux autres axes du programme d'actions, C et D, concernent respectivement la nécessité d'évolution vers une doctrine de recomposition spatiale et les modalités de financement des opérations d'adaptation (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2012). Bien que les actions se soient enrichies et précisées entre les programmes d'action de 2012 à 2015 et 2017 à 2019, les thématiques des axes demeurent inchangées.

### ***2.3.2. Face à la dynamique d'érosion, une recomposition spatiale des territoires est parfois nécessaire***

Les actions recommandées ou mises en place par les deux volets de la SNGITC portaient essentiellement sur une meilleure utilisation des outils d'urbanisme et de prévention des risques à court terme (stratégies d'accommodation, d'évitement, ou de renforcement de la protection, présentées *supra*), et portaient peu sur le repli, l'une des stratégies incontournables sur le long terme. De plus, concernant les modalités de financement (inscrites à l'Axe D de la SNGITC), la SNGITC a contribué à identifier les fonds mobilisables et a fait évoluer les critères d'éligibilité (entre autres, le conditionnement des financements de l'Etat à l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie locale de gestion du trait de côte, intégration des mesures de gestion de l'érosion aux contrats de plan Etat-Région, CPER), sans toutefois apporter de pistes nouvelles de financement, alors qu'elles seraient bienvenues au vu de l'évolution à venir des aléas.

La mission menée par le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD), l'Inspection générale des finances (IGF) et l'Inspection générale de l'administration (IGA) a poursuivi la réflexion sur les modalités de financement de la stratégie d'adaptation aux évolutions du trait de côte. Dans son rapport (CGEDD - IGA - IGF., 2019), la mission aborde la question de l'adaptation sous l'angle d'une réelle recomposition spatiale des territoires littoraux (articulation des approches, à savoir l'évitement, le repli, l'aménagement) et établit diverses recommandations dont la création et le recours à une nouvelle source de financement (le fonds d'aide à la recomposition spatiale, FARL), destinée à faire face aux dépenses de gestion du trait de côte. La mission recommande trois sources potentielles pour l'alimentation du FARL :

- A partir du budget général de l'Etat.

Bien que cette source ait l'avantage de la souplesse et de la simplicité dans l'intégration de la gestion du trait de côte dans la politique nationale, elle présenterait un problème d'équité en défaveur des communes intérieures, notamment celles qui pâtissent d'une baisse d'attractivité et qui ne bénéficient pas des aménités littorales. La mission émet néanmoins la possibilité d'y recourir aux prémices de la stratégie afin d'établir une projection des besoins futurs et de mobiliser par la suite l'une des deux solutions alternatives.

- A partir d'une taxe communale additionnelle (TCA) aux droits de mutation à titre onéreux (DMTO).

La TCA aux DMTO pourrait se heurter à une faible acceptabilité par les ménages dès lors qu'elle risque d'être perçue comme un prélèvement additionnel. De plus, elle irait à l'encontre de l'objectif de l'Etat

de simplification de la fiscalité locale. Cela dit, elle présente l'avantage d'être en cohérence avec la problématique d'équité en ciblant plus efficacement les bénéficiaires des aménités du littoral<sup>105</sup>.

- Enfin, un prélèvement sur les recettes réelles de fonctionnement des intercommunalités et communes littorales.

Ce prélèvement présenterait l'avantage de ne pas être perçu comme une imposition supplémentaire par les ménages. Toutefois, il ciblerait moins efficacement les bénéficiaires des aménités littorales et serait perçu comme un fonds de péréquation (horizontale) supplémentaire.

Ce rapport a été prolongé par une mission parlementaire, menée par Stéphane Buchou, député de Vendée, visant à poursuivre la réflexion autour de l'adaptation des territoires aux évolutions littorales (Buchou, 2019). Elle a, entre autres, confirmé les enjeux identifiés par la mission inter-inspection et précisé les aspects techniques, juridiques, et financiers, notamment relatifs au rôle des intercommunalités (jugées pertinentes pour porter les projets d'aménagement littoraux) et au financement du FARL (rebaptisé fonds d'aménagement littoral, FAL). Les projets d'aménagement littoraux, baptisés « *Litto 21* », devront être compatibles avec les documents d'urbanisme, justifier les conditions concrètes de leur mise en œuvre foncière, financière et en termes de protection des biens et des personnes. Ce sont ces projets qui bénéficieront des ressources du FARL/FAL, pour lequel la mission recommande l'alimentation via la TCA aux DMTO<sup>106</sup>.

En définitive, le bloc communal (communes et EPCI) est l'échelon adéquat car il dispose des outils de planification spatiale (plan locaux d'urbanisme communaux, PLU, ou intercommunaux, PLUi<sup>107</sup>) qu'il combine à la bonne connaissance du terrain indispensable, notamment pour l'établissement de plan de prévention des risques littoraux (PPRL) avec le préfet du département. Compte tenu de la diversité des actions nécessaires (Bisaro et al., 2020), les actions du bloc communal s'inscrivent néanmoins au sein d'un schéma de gouvernance auquel participent divers acteurs publics et privés, comme le montre la **Figure 8**.

---

<sup>105</sup> Afin de communiquer un ordre de grandeur sur la concentration des richesses issues des aménités du littoral, 1% des transactions dépassent le million d'euros, mais contribuent à près de 30% au produit fiscal sur la période 2015-2018 (CGEDD - IGA - IGF., 2019).

<sup>106</sup> Un abattement de 100 000 € est prévu sur le montant des transactions afin de ne pas pénaliser les acquéreurs les plus modestes. Le taux additionnel recommandé est de 0,2%.

<sup>107</sup> Au 31 décembre 2019, environ un EPCI sur deux a pris la compétence urbanisme (soit 631 EPCI compétents sur 1255). Parmi ceux-ci, 69 n'ont pas de PLUi / PLUi sectoriels opposables ou en cours (Cerema, 2020b).

### ***Encadré 2: Mission inter-inspection sur la recomposition spatiale du littoral***

Le 1<sup>er</sup> octobre 2018, le ministre de l'intérieur, le ministre d'État, ministre de la transition écologique et solidaire et le ministre de l'action et des comptes publics ont missionné le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD), l'Inspection générale des finances (IGF) et l'Inspection générale de l'administration (IGA) sur le financement de la recomposition spatiale des territoires littoraux. La mission, menée entre 2018 et 2019, (CGEDD - IGA - IGF, 2019) a permis de poursuivre la réflexion menée par le comité de suivi<sup>108</sup> de la SNGITC portant sur les modalités de financement de cette stratégie d'adaptation dans les territoires soumis au recul du trait de côte. Diverses recommandations ont été apportées à l'issue de la mission, toutefois dans le cadre du présent chapitre, nous nous focaliserons sur celles en lien direct avec le rôle des collectivités locales dans la stratégie intégrée et les modalités de financement (axes B et D de la SNGITC, respectivement).

La mission établit que les EPCI à fiscalité propre sont les plus pertinents pour établir et mettre en œuvre une stratégie locale de gestion intégrée du trait de côte (SLGITC), déclinaison directe de la SNGITC et qui devra être cohérente avec le schéma régional de l'aménagement, de développement durable et d'équité territoriale (SRADDET). Bien que l'essentiel des initiatives aient été prises jusqu'à présent à l'échelle communale (Buchou, 2019), l'étroitesse géographique des communes peut parfois constituer une limite à la cohérence spatiale des stratégies d'adaptation dès lors que la commune correspond très rarement à l'unité hydro-sédimentaire (Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes, 2024). Les EPCI représentent des périmètres de solidarité émanant d'une volonté de coopération au-delà des frontières administratives communales (Doat, 2013). De plus, ils se substituent depuis janvier 2018 aux communes dans le cadre de la compétence GeMAPI. Les autres échelons territoriaux sont, quant à eux, trop éloignés des réalités locales (territoires administratifs trop vastes), mais s'insèrent dans le schéma de gouvernance en définissant les grandes orientations stratégiques des échelons inférieurs (par exemple au niveau régional avec le SRADDET ; cf. **Figure 8**).

La connexion entre l'Etat et le bloc communal (communes et/ou EPCI) serait maintenue grâce au recours à la procédure « transmission d'informations aux maires » (TIM) par le préfet afin de communiquer aux maires l'état des connaissances sur les zones menacées par l'érosion côtière et de les inciter à restreindre la délivrance de permis de construire dans l'attente de PPR ou de modification des documents d'urbanisme. Les particuliers aussi seraient intégrés, via la réforme de l'information des acquéreurs et locataires (IAL), imposant, entre autres, une signature de décharge par les acquéreurs et locataires attestant la connaissance de l'évolution du trait de côte dans la zone du bien<sup>109</sup>. Cette procédure devrait survenir en amont de la transaction et serait obligatoire dans les communes pour lesquelles une TIM a été effectuée. Pour les collectivités locales souhaitant effectuer un achat à l'amiable de biens menacés (ex. préemption), les estimations de prix devront tenir compte de leur durée de vie réduite<sup>110</sup>.

Afin d'inciter les collectivités locales à initier des projets concrets dans le sens de la protection face au recul du trait de côte, la mission recommande une contractualisation avec l'Etat<sup>111</sup>, favorisant la mobilisation de fonds existants et conditionnant l'accès à de nouveaux financements et outils d'urbanisme. Ainsi, concernant les modalités de financement (Axe D de la SNGITC), la mission confirme la nécessité de ne pas créer de régime d'indemnisation au titre du recul du trait de côte. S'agissant d'un phénomène progressif et anticipable (seule l'échéance exacte demeurant incertaine), cet

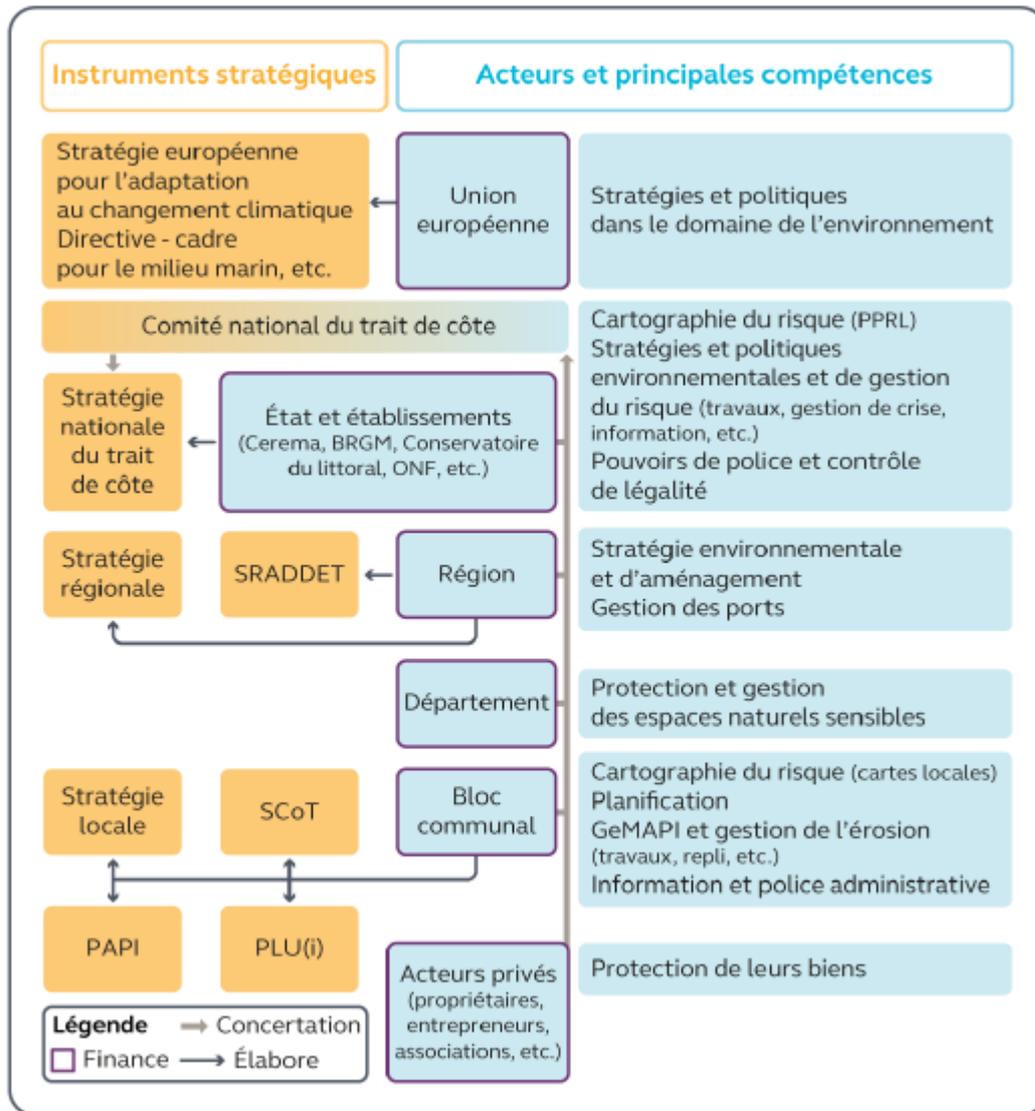
<sup>108</sup> Présidé par Stéphane Buchou député de Vendée (3<sup>e</sup> circonscription), depuis décembre 2017, succédant aux députées Chantal Berthelot (Guyane, 2<sup>e</sup> circonscription) et Pascale Got (Gironde, 5<sup>e</sup> circonscription).

<sup>109</sup> Cette recommandation a été intégrée à la loi dite « climat et résilience » à l'Article 236 (Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1), 2021).

<sup>110</sup> Il s'agirait là encore d'une confirmation de l'absence de régime d'indemnisation et de l'écart avec l'aléa submersion pour lequel le fonds FPRNM couvre une partie du rachat à la valeur vénale.

<sup>111</sup> Par exemple dans le cadre de projets partenariaux d'aménagement (PPA) à l'échelle intercommunale. Les PPA sont des outils contractuels mobilisables par les collectivités territoriales (essentiellement les EPCI à fiscalité propre, les établissements publics territoriaux, la métropole de Lyon, les communes membres de ces établissements, la Ville de Paris) pour faciliter l'émergence d'opérations d'aménagement avec le concours de l'État, notamment (Cerema, 2022).

aléa ne constitue pas un danger pour les vies humaines si les mesures adéquates sont prises à temps. Ainsi, le caractère prévisible de l'érosion justifie un mode de financement spécifique via le recours à un fonds d'aide à la recomposition du littoral (FARL) qui permettrait de cofinancer les opérations de délocalisation de biens publics, de renaturation du trait de côte, ou encore de rachat des biens privés menacés.



Source : Cour des comptes

Figure 8. La gouvernance de la gestion du trait de côte

Si l'adaptation aux évolutions du littoral relève d'un bien public local ou d'un bien de club offert par les collectivités locales, très peu d'études disponibles, à notre connaissance, l'intègrent dans les fonctions de dépenses publiques locales.

### 3. Estimation de l'incidence des aléas littoraux sur les dépenses communales

La question du financement demeure le premier obstacle à l'adoption de stratégies d'adaptation effectives (Woodruff et al., 2020). Bien qu'elle ne soit pas encore résolue, diverses pistes sont

envisagées par le législateur français, notamment celle du fonds d'aide à la recomposition du littoral alimenté par une taxe sur les DMTO. Afin d'anticiper les besoins en financement futurs de l'adaptation du littoral, il convient d'estimer, aujourd'hui, les dépenses engagées par les territoires les plus exposés. Les estimations peuvent être menées par un recensement des dépenses effectuées par un échantillon de territoires ou par des méthodes économétriques quantifiant le lien entre exposition aux aléas et niveau de dépenses. Le recensement se montrerait plus précis dans la mesure où il permettrait d'observer les dépenses effectivement engagées dans le cadre de stratégies d'adaptations. Le rapport annuel de 2024 de la Cour des Comptes<sup>112</sup> mobilise cette approche pour 20 communes ou EPCI et conclut que là où elles sont suivies, les dépenses locales de gestion du trait de côte paraissent soutenables, avec une moyenne de 0,36 M€ par territoire par an (sur la période de 2018 à 2021)<sup>113</sup>. Cette approche présente néanmoins l'inconvénient d'être difficilement reproductible à une large échelle du fait du coût nécessaire à une telle opération, et l'absence de suivi homogène dans les modes d'imputation des dépenses rend les généralisations à partir des échantillons peu fiables. De plus, il conviendrait de mettre en perspective le coût moyen de l'adaptation par territoire avec l'ampleur de l'aléa ou, à minima, l'étendue de la façade maritime, ceux-ci influençant considérablement la taille des projets et les moyens engagés.

Ces défauts de l'approche comptable ont conduit à choisir de développer, dans ce chapitre, une approche économétrique. Celle-ci devrait permettre de mettre en perspective les niveaux d'aléas et de dépenses, et de prédire (par exemple pour les territoires pour lesquels l'observation des comptes publics ne le permet pas) les coûts de l'adaptation du littoral. Cette approche nécessiterait de disposer du montant des dépenses effectivement engagées (à partir de recensements par exemple) pour un nombre important de territoires afin d'entraîner le modèle statistique. Toutefois, comme mentionné dans le paragraphe précédent, les dépenses en faveur de l'adaptation du littoral ne sont pas toujours suivies. A défaut, il est possible de contourner cette limite en estimant la relation entre les aléas et les **dépenses totales par habitant** (sommant d'une part les dépenses de fonctionnement et d'autre part les dépenses d'investissement), l'incidence des aléas sur ces dépenses offrant la meilleure estimation des dépenses d'adaptation. Le présent chapitre opte pour cette dernière approche qui constituerait une première étape pour des prédictions plus poussées des besoins de financements futurs.

Plusieurs travaux récents ont évalué l'incidence de catastrophes naturelles sur les budgets des collectivités locales à partir d'estimations économétriques (Afonso et al., 2024; Capuno et al., 2024; Jerch et al., 2023; Masiero & Santarossa, 2019; Miao et al., 2018, 2020; Morvan, 2022; Morvan & Paty, 2024; Noy & Nualsri, 2011; Panwar & Sen, 2020; Shi & Sun, 2021). Concernant les dépenses, les évaluations économétriques concluent globalement à une hausse induite par les catastrophes. A partir

---

<sup>112</sup> Cf. Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes (2024)

<sup>113</sup> Ces dépenses ont été cofinancées à plus de 60%, avec comme partenaires, l'Etat, les régions et départements, les agences de l'eau, ou encore l'Union Européenne.

d'un échantillon de communes françaises ayant subi diverses catastrophes naturelles entre 2000 et 2019, Morvan (2022) conclut, entre autres, à une hausse de leurs dépenses, jusqu'à 10 ans après le sinistre. En moyenne, ce surplus de dépenses est évité par les communes dotées d'un PPRN (pas d'effet significatif sur les dépenses), ou est financé par des dotations de l'Etat (hausse des dotations en l'absence de PPRN) (Morvan & Paty, 2024).

Le présent chapitre diffère quelque peu de ce champ de la littérature, dans la mesure où lorsque ces travaux estiment les coûts de réponse après les **catastrophes**, notre analyse vise à estimer les effets des **aléas**. Ainsi, les dépenses estimées dans ce chapitre comprendront les coûts des mesures préventives engagées par le bloc communal, en plus d'éventuels coûts de réponse. L'approche de Boswell et al. (1999) est celle qui se rapproche le plus de la nôtre car, à partir des régressions économétriques, les auteurs effectuent une inférence leur permettant d'établir par anticipation un ordre de grandeur des dépenses publiques locales selon la sévérité des ouragans, dans le Comté de Lee en Floride (Etats-Unis d'Amérique). Ils estiment donc les coûts entre 4,7 et 130 M\$, pour des ouragans de catégorie 1 avec des vents à 137 km/h et des ouragans de catégorie 5 avec des vents de 265 km/h, respectivement.

Les analyses introduites dans cette section, et dont les résultats sont présentés dans la section suivante, permettront de répondre à la question : « **les communes littorales supportent-elles des charges supplémentaires du fait de leur exposition aux aléas côtiers ?** » Nos estimations contribuent à quantifier si les mesures engagées en faveur de l'adaptation aux aléas côtiers conduisent les communes littorales à supporter un niveau de dépenses supérieur à celui des autres communes, toutes choses égales par ailleurs. Les inférences dégagées de ces résultats pourraient permettre d'établir un ordre de grandeur des coûts supplémentaires supportés par les communes littorales en fonction de l'ampleur et de la sévérité des aléas auxquels elles sont exposées. Elles ne constitueraient, au mieux, **qu'une fourchette basse des besoins de financement actuels** en faveur de l'adaptation côtière car : (1) rien ne garantit que chacune des mesures d'adaptation implémentées sur la période d'étude, et dont les dépenses sont intégrées au modèle statistique, constituent une réponse optimale face aux aléas ; (2) les besoins de financement sont appelés à croître au fil du temps compte tenu des effets du changement climatique et de la hausse du niveau de la mer ; (3) certaines communes, bien qu'exposées, ne mettent pas en œuvre de stratégie d'adaptation.

Les estimations économétriques sont menées sur les dépenses de fonctionnement et d'investissement (par habitant) des communes de France métropolitaine pour l'année 2019. Ces choix sont motivés par le fait que, d'une part, 2019<sup>114</sup> représente l'année la plus récente pour laquelle les données étaient disponibles lors de la définition de ce chapitre de thèse, et d'autre part, l'essentiel des initiatives

---

<sup>114</sup> Concernant les dépenses d'investissement, une moyenne est considérée sur la période 2017-2019 du fait de leur caractère cyclique.

d'adaptation était supporté à cette date par les communes. Des spécifications variées sont testées afin de neutraliser la répartition des compétences entre communes et EPCI.

Partant du modèle de demande de services publics locaux présenté dans les chapitres précédents<sup>115</sup>, les analyses sont donc enrichies de trois dimensions du littoral permettant respectivement de mesurer l'incidence (1) de l'aléa d'érosion du trait de côte et (2) de l'aléa de submersion marine, mesuré par les zones basses, tout en contrôlant (3) l'effet des facteurs d'aménités naturelles du littoral, avec la longueur et le type géomorphologique du trait de côte. La prise en compte de la longueur et du type géomorphologique du trait de côte s'avère indispensable car elle permet de distinguer, au sein des dépenses d'aménagement du littoral, la part liée à la mise en valeur des aménités du littoral de celle qui s'inscrit effectivement dans une stratégie d'adaptation aux aléas côtiers. Dans ce chapitre, le littoral est donc considéré comme un concept multidimensionnel dont chacune des dimensions peut se manifester sur les dépenses des communes. Dans le paragraphe suivant, des hypothèses quant aux effets attendus de chacune de ces dimensions sont émises. Par la suite, une analyse descriptive de chacune de ces dimensions est effectuée, avant de présenter la stratégie empirique permettant d'estimer leur incidence sur les dépenses communales.

### **3.1.Hypothèses sur les effets des aléas et des caractéristiques du trait de côte sur les dépenses communales**

#### ***3.1.1. Hypothèse 1 (H1) : Les dépenses en faveur de l'adaptation côtière représentent des charges récurrentes pour le bloc communal.***

Les mesures d'adaptation, qu'elles soient menées de façon préventive ou en réponse à une catastrophe naturelle, nécessitent diverses prestations de services, soit dans le cadre de diagnostics de vulnérabilité permettant la prise en compte des aléas dans l'élaboration et la révision des documents d'urbanisme, soit dans le cadre de la construction, du renforcement ou de l'entretien d'ouvrages de protection, induisant très souvent des dépenses récurrentes (Benson & Clay, 2004; O'Connor et al., 2010). Bien qu'il existe, en 2019, des dispositifs de prise en charge financière (sous réserve de l'éligibilité de l'aléa et de la mesure d'adaptation, comme présenté dans la section II), le reste à charge supporté par les communes et EPCI peut s'avérer important au point où, toutes choses égales par ailleurs, leurs dépenses excèdent la moyenne nationale. Si cette hypothèse est vérifiée, alors **l'exposition aux aléas côtiers peut**

---

<sup>115</sup> Pour rappel, les modèles précédents comprenaient la densité des différents usagers des services publics locaux (population résidente, employés au lieu de travail, résidents secondaires et autres populations touristiques), le profil sociodémographique moyen des populations résidentes (part des tranches d'âges, revenu moyen), les ressources fiscales (ratio fiscal, dotations de fonctionnement ou d'investissement), l'incidence de la coopération intercommunale (dépenses par habitant de l'EPCI ou indicatrice de commune isolée), et d'autres facteurs de charges ou de contrôle (tels que la longueur de la voirie, la superficie communale, un proxy de l'orientation politique de la population résidente).

**être considérée comme un facteur de charges pour les communes et EPCI.** Dans ce cas, le coefficient mesurant l'incidence des aléas sur les dépenses serait significatif et positif.

Au contraire, un coefficient statistiquement non significatif indiquerait que, bien que certaines communes supportent des dépenses en faveur de l'adaptation du littoral, celles-ci n'évoluent pas avec l'ampleur et/ou la sévérité des aléas littoraux auxquelles elles font face : les communes les plus exposées ne supportent pas des charges supplémentaires. Cette non-significativité pourrait s'expliquer soit par la capacité des dotations financières perçues à neutraliser le surplus de dépenses, soit par le manque de mesures d'adaptation engagées malgré l'exposition aux aléas.

Enfin, il est peu probable, a priori, que l'exposition aux aléas soit associée à une baisse des dépenses (coefficient significatif et négatif). Si un tel effet venait à être estimé, il serait possible qu'il reflète en réalité l'effet d'une autre dimension littorale (aménités du trait de côte par exemple) plutôt que celui des aléas (cf. hypothèse 2), justifiant ainsi la nécessité d'en tenir compte dans les estimations.

### ***3.1.2. Hypothèse 2 (H2) : Il existe une relation de complémentarité entre les aménités littorales et certains services publics locaux.***

Les populations des communes littorales ont la possibilité de profiter de services écosystémiques culturels et des aménités naturelles offertes par leur localisation (baignade et activités nautiques, pêche, bénéfices paysagers, etc.). Ces activités entretiennent une étroite relation avec certains services publics locaux : les communes littorales auront tendance à étendre certains services publics locaux vers les côtes, voire à les aménager, en vue d'en valoriser les aménités (par exemple : extension du réseau de transport urbain, aménagement et éclairage public le long d'une marina), en plus des aménagements prévus en centre-ville ou au chef-lieu de la commune pour les aménités urbaines. Dans ce cas, il existe **une relation de complémentarité entre les facteurs d'aménités littorales, tels que la longueur de la façade maritime, et les services publics locaux.** Vu qu'il n'existe pas de cadre théorique a priori sur la relation entre services publics locaux et aménités naturelles, il convient là encore de recourir à des estimations empiriques (Choumert, 2010; Choumert et al., 2008). Pour une relation de complémentarité, le coefficient estimé serait de signe positif. Il peut à l'inverse être de signe négatif, s'il s'agit d'une **relation de substituabilité.** Ce serait le cas, par exemple, d'une commune qui substituerait les aménités littorales à certains services publics récréatifs et culturels (ex. moins de piscines municipales du fait de plages aménagées et adaptées à la baignade ; moins de pistes de randonnées dans l'intérieur des terres laissant place aux sentiers côtiers aménagés, etc.). Dès lors que nous ne disposons ni d'une mesure explicite des aménités littorales ni du montant des dépenses communales en relation directe avec celles-ci, les coefficients estimés représenteront la relation entre **le proxy des caractéristiques littorales,** sources des aménités, (ex. longueur de la façade maritime, cf. *infra*) et **un panier de services publics locaux** (mesuré par l'ensemble des dépenses de fonctionnement ou d'investissement par habitant).

## 3.2. Données et stratégie empirique

### 3.2.1. *Caractérisation multidimensionnelle du littoral français : présentation des données et analyse exploratoire des hétérogénéités communales*

Initialement produites par le Cerema<sup>116</sup> à des fins cartographiques à l'échelle nationale, les données mobilisées ont subi un traitement géomatique afin de les transposer à l'échelle communale. Sur le plan technique, ce traitement visait à fragmenter le trait de côte national et à attribuer à chaque commune les segments les plus proches. Concernant les zones basses, l'attribution s'est effectuée sur la base d'une jointure spatiale : chevauchement de l'étendue des zones basses et du polygone représentant le territoire communal. Ces traitements ont été effectués par le Cerema via une collaboration<sup>117</sup> établie dans le cadre de la thèse, contribuant de plusieurs manières à l'originalité de cette dernière. Premièrement, les données permettent une caractérisation multidimensionnelle du littoral. Quand la plupart des travaux existants se focalisent sur l'une ou l'autre des dimensions du littoral, la présente analyse caractérise les territoires littoraux suivant trois dimensions fondamentales, à savoir les facteurs d'aménités géographiques (mesurés par la longueur et la nature du trait de côte), l'évolution du trait de côte (érosion et accrétion), et l'exposition au risque de submersions marine<sup>118</sup>, et ce de manière conjointe. La seconde originalité du jeu de données est liée à son échelle d'observation. A notre connaissance, aucune étude en Sciences Economiques n'a considéré ces dimensions géographiques du littoral pour l'ensemble des communes françaises (territoire métropolitain).

- **La nature du trait de côte**

Les données de nature du trait de côte permettent de distinguer sept (7) types de côtes (géomorphologie et ouvrages) :

- les falaises et côtes rocheuses de plus de 20 mètres de hauteur,
- les falaises et côtes rocheuses de moins de 20 mètres de hauteur,
- les côtes d'accumulation sableuses ou sablo-limoneuses (plages),
- les côtes d'accumulation sableuses ou sablo-limoneuses, de type plages de poche<sup>119</sup>,
- les côtes d'accumulation vaseuses,

---

<sup>116</sup> Concernant la nature et l'évolution du trait de côte, les données d'origine sont produites à partir de celles du projet Européen « Euroérosion » transférées sur le trait de côte Histolitt. Pour ce qui est de la submersion marine (zones basses) et des ouvrages de protection, le lecteur se référera au portail Géolittoral pour les données d'origine : <https://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/telechargement-en-ligne-donnees-geolittoral-a802.html>

<sup>117</sup> Un extrait du rapport méthodologique est fourni en annexe de la thèse.

<sup>118</sup> Il aurait été possible de considérer l'érosion du trait de côte et la submersion marine sous une dimension unique, à savoir celle de l'exposition aux aléas littoraux. Toutefois, bien que les événements de submersions peuvent contribuer à exacerber le recul du trait de côte, ces deux aléas se montrent le plus souvent indépendants tant dans leur sévérité que dans le type de mesures de protection à adopter.

<sup>119</sup> Les plages de poche sont des petites baies sableuses situées entre deux caps rocheux. Elles sont fortement présentes sur les littoraux méditerranéens, et plus particulièrement en Corse.

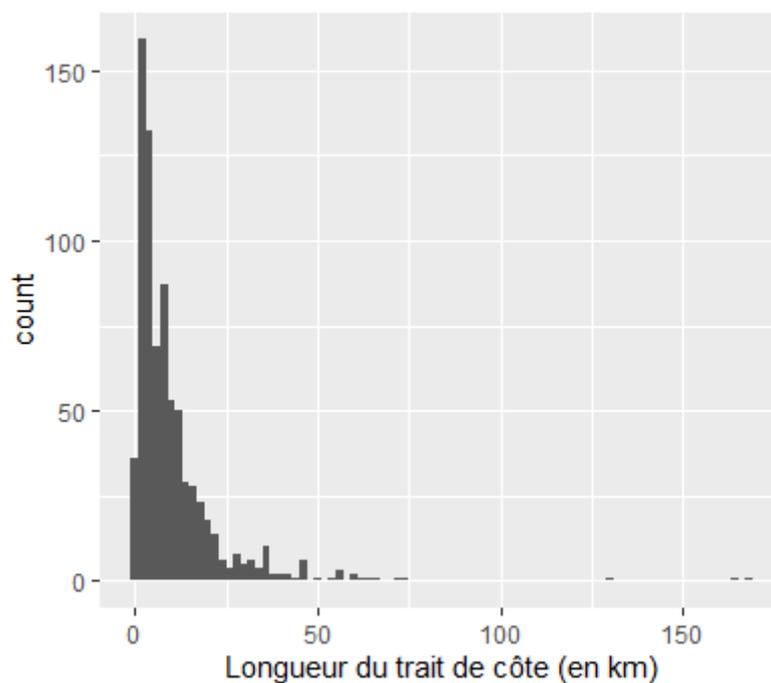
- les côtes artificialisées (trait de côte possédant des ouvrages littoraux hors ouvrages portuaires),
- les côtes portuaires.

Au total, ce sont 8 124,9 km de côtes prises en compte dans l'analyse<sup>120</sup>. Le littoral est essentiellement constitué de falaises (à 44%, soit 25% pour les côtes de plus de 20m et 19% pour celles de moins de 20m) et de côtes sableuses (à 31%, soit 26% de plages et 5% de plages de poche). Les côtes d'accumulation vaseuses, qui représentent 8% du linéaire total, sont le plus souvent rencontrées sur les littoraux atlantiques et de la Manche, notamment à proximité des rives de l'estuaire de la Gironde et aux embouchures des grands fleuves (Loire, Seine). A ces types géomorphologiques s'ajoutent les côtes artificialisées (16%), essentiellement par la présence d'infrastructures portuaires (13%) ou d'autres ouvrages littoraux (3%) (ouvrages se substituant au trait de côte<sup>121</sup> et ouvrages d'accès). A l'échelle des communes littorales, la composition (en pourcentage) géomorphologique moyenne correspond à celle de la répartition nationale, avec une longueur moyenne du trait de côte de 10,5 km. Toutefois, le trait de côte est loin d'être distribué uniformément entre les communes. La visualisation de l'histogramme de la **Figure 9** révèle une forte asymétrie et un aplatissement (vers la droite) de la distribution du fait de certaines valeurs très élevées. Ainsi, la majorité des communes se concentre au bas de la distribution quand très peu de communes ont un trait de côte de plus de 50 km.

---

<sup>120</sup> Trait de côte Histolitt modifié par le Cerema.

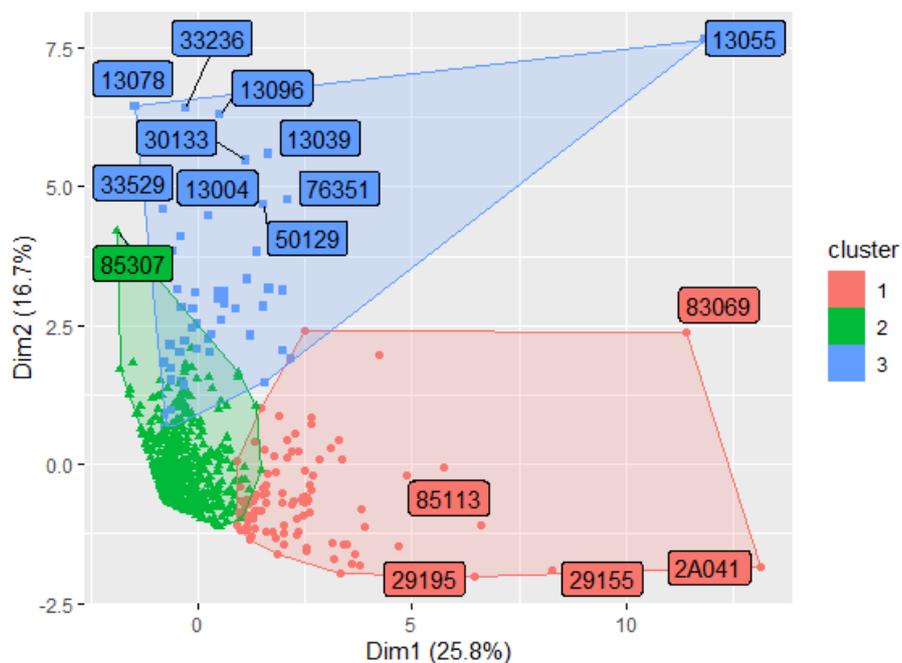
<sup>121</sup> Il s'agit de digues côtières, de murs de soutènement ou encore de perrés (Cerema, 2018).



**Figure 9. Histogramme de la longueur du trait de côte**

Note : La distribution présente un *skewness* (indicateur d'asymétrie) et un *kurtosis* (indicateur d'aplatissement) de 5,34 et 48,68, respectivement, permettant de quantifier l'écart par rapport à une distribution selon la loi normale (*skewness* de 0 et *kurtosis* de 3). Le premier décile correspond à un trait de côte de 1,65 km, la médiane à 6,67 km et le neuvième décile à 21,87 km.

Une analyse multivariée permet d'étudier l'hétérogénéité de la distribution des natures de trait de côte pour l'ensemble des communes. A l'aide d'algorithmes de regroupements hiérarchiques (classification ascendante hiérarchique) et de partitionnement en k-moyennes (*k-means*) appliqués aux différents types de côtes, nous dégageons 3 grands groupes de communes littorales. La **Figure 10** ci-après représente le résultat du partitionnement dans un plan bidimensionnel qui explique près de la moitié de l'hétérogénéité entre les communes littorales (42,5%). Globalement, la longueur du trait de côte permet de distinguer les communes à façade maritime atypique (*cluster 1* et *cluster 3*) des communes moyennes (*cluster 2*). Parmi les communes à façade maritime atypique, le degré d'artificialisation est le principal facteur déterminant. Le **Tableau 8** synthétise les longueurs moyennes des types de trait de côte selon les clusters.



**Figure 10. Partitionnement des communes littorales d'après la longueur et la nature du trait de côte**

*Note :* Les labels utilisés pour la visualisation correspondent aux codes INSEE des communes (géographie 2019). Par exemple, le point 29195 du cluster 1 correspond à la commune de Plouguerneau, et le point 13055 du cluster 3 correspond à la commune de Marseille.

**Tableau 8: Moyenne de la longueur des types de trait de côte selon les clusters, en km**

Clusters	Falaises de plus de 20 mètres de hauteur	Falaises de moins de 20 mètres de hauteur	Plages	Plages de poche	Côtes vaseuses	Côtes artificialisées	Côtes portuaires	Longueur totale du trait de côte (moyenne)
Cluster 1 (N=94)	10,951	9,457	2,793	2,986	0,269	0,264	1,532	28,255
Cluster 2 (N=629)	1,438	0,884	2,217	0,205	0,886	0,189	0,723	6,542
Cluster 3 (N=46)	1,578	2,887	9,158	0,245	1,694	2,832	10,514	28,907

**Cluster 1 : Côtes rocheuses peu artificialisées, trait de côte relativement long**

La première classe, ou *cluster 1*, regroupe les communes dont le littoral est essentiellement constitué de côtes rocheuses et de plages de poches. Ce type de côtes, peu artificialisées, est le plus souvent rencontré en Bretagne ou en méditerranée (notamment sur les côtes corses et varoises). Des communes à grande façade maritime (longueur totale du trait de côte) telles que Plouguerneau (29195), Crozon (29042),

Ouessant (29155), Belvédère-Campomoro (2A035), Bonifacio (2A041), ou encore Hyères (83069) en font partie. Cette catégorie compte 94 communes.

### **Cluster 3 : Côtes portuaires artificialisées, plages importantes, long trait de côte**

Le *cluster 3* comprend les communes ayant un long trait de côte, plutôt artificialisé et/ou caractérisé par la prépondérance de plages. Il s'agit de communes aux côtes sableuses de l'Atlantique, telles que Lège-Cap-Ferret (33236) ou la Teste-de-Buch (33529), de communes portuaires telles que Brest (29019), Marseille (13055), Le Havre (76351), ou encore de celles dont les côtes sont artificialisées par la présence d'autres ouvrages littoraux. C'est le cas de Fouras (17168) ou de Bourcefranc-le-Chapus (17058), caractérisées par la présence d'ouvrages se substituant au trait de côte (digues, perrés, mur de soutènement) ou d'ouvrages de lutte contre l'érosion (épis, brise-lames). Quarante-six (46) communes correspondent à cette classification.

### **Cluster 2 : Composition du trait de côte proche de la moyenne nationale**

Le *cluster 2* quant à lui comprend toutes les autres communes littorales (au nombre de 629), à savoir celles dont les côtes sont peu artificialisées, modérément rocheuses, et avec un linéaire total modérément long. Par exemple, la commune de La Faute-sur-Mer (85307), bien que dotée d'une façade maritime importante (35,69 km de trait de côte) ne fait pas partie du cluster 3 mais du cluster 2 (cf. **Figure 10**) du fait de ses côtes non artificialisées. Globalement, la composition du trait de côte des communes de ce groupe se rapproche des moyennes nationales, avec en majorité les falaises (22% de falaises de plus de 20m, puis 14% de falaises de moins de 20m, soit 36% au total), suivies des plages (34%).

La **Figure 11** à la **Figure 13** ci-après présentent les cartes de certaines communes caractérisant les différents clusters. Le *cluster 1* est illustré par les communes d'Hyères et de Crozon (**Figure 11**). Les communes de ce cluster sont dotées d'une longueur du trait de côte relativement importante par rapport à leur superficie. La Carte A de la **Figure 11** montre que la longueur atypique du trait de côte d'Hyères est due au rattachement administratif des îles de Porquerolles, de Port-Cros et du Levant, qui lui confère un ratio longueur du trait de côte (km)/superficie communale (km<sup>2</sup>) supérieur à 1. Pour les communes insulaires, du fait de l'absence de frontières communales terrestres, ce ratio est naturellement beaucoup plus élevé. C'est le cas de l'île-de-Bréhat (22016) avec un ratio de 9,85 et d'Ouessant (29155) avec un ratio de 4,5<sup>122</sup>. Concernant les autres communes de ce groupe, l'importance de leur trait de côte

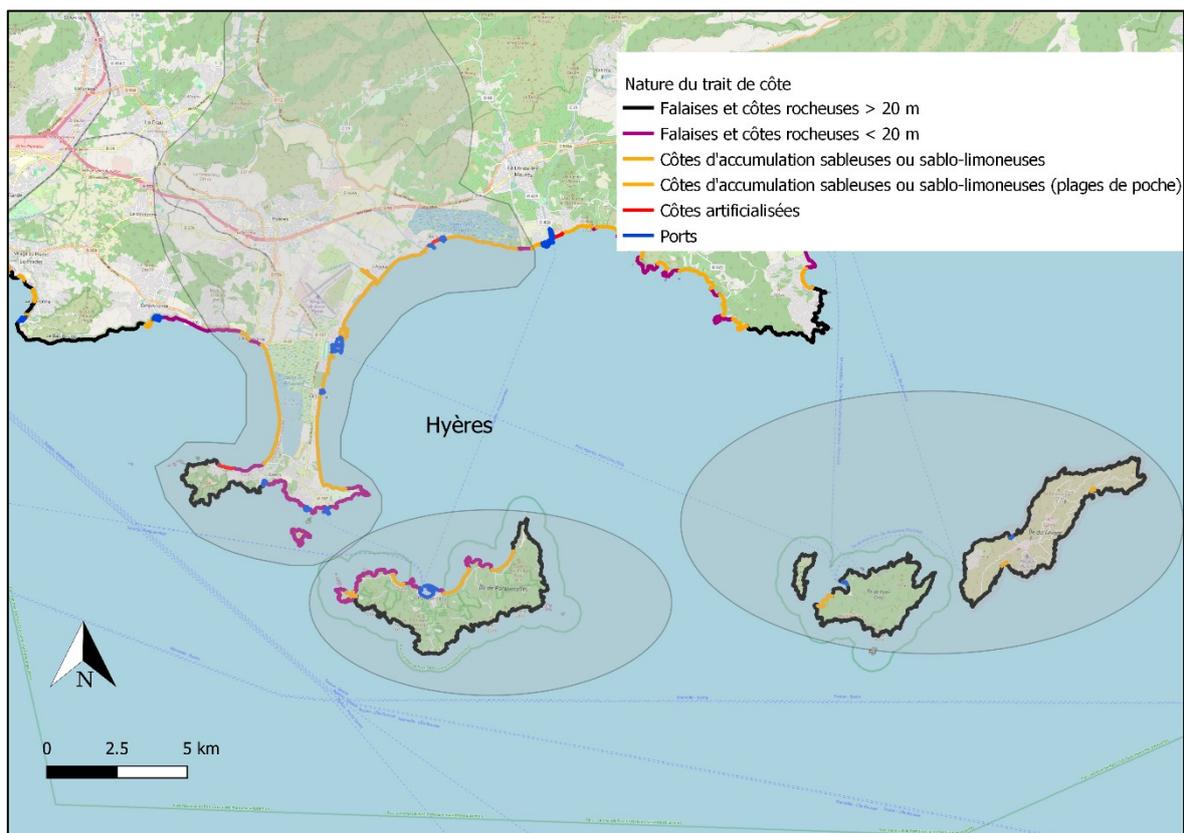
---

<sup>122</sup> L'île-de-Bréhat a un trait de côte de 34,25 km pour une superficie de 3,48 km<sup>2</sup>, quand l'île d'Ouessant a un trait de côte de 74,07 km pour une superficie communale de 16,28 km<sup>2</sup>.

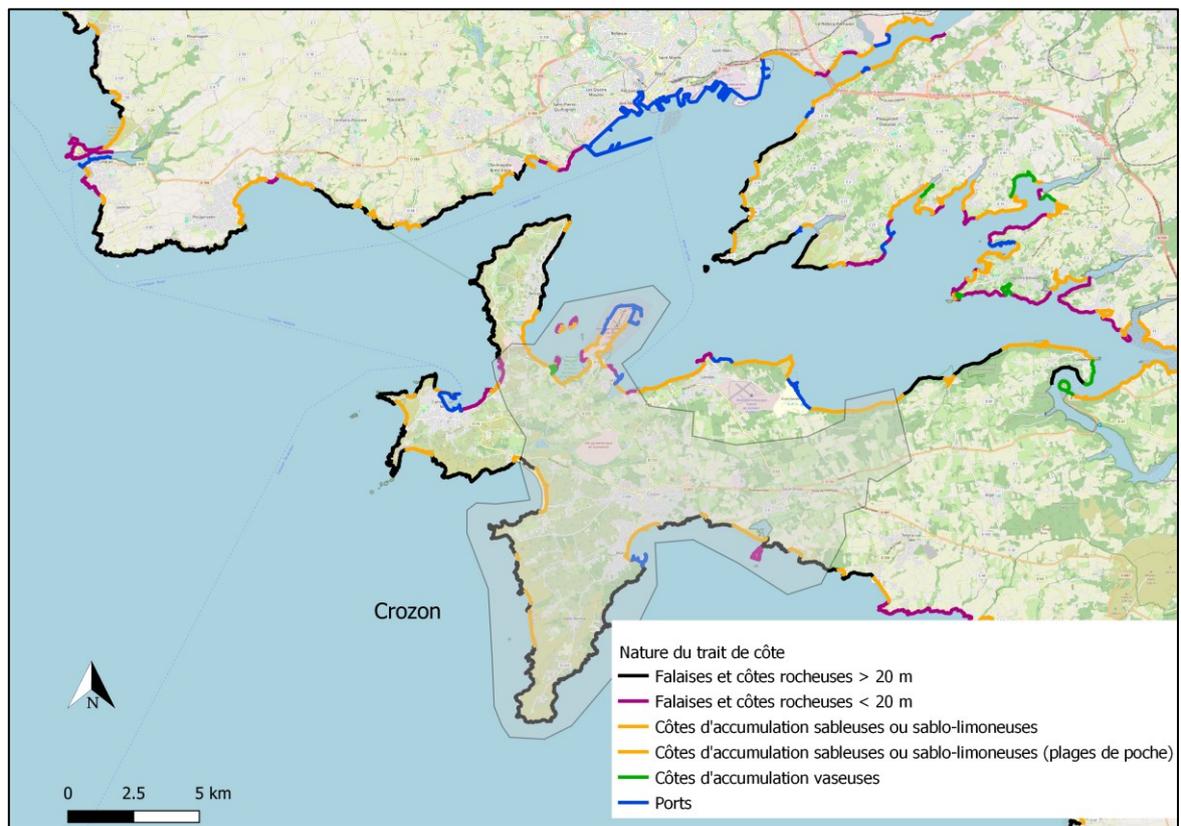
s'explique également par la forme de leur façade, généralement en forme de « U » (ex. Bonifacio (2A041) avec des orientations Est, Sud et Ouest) ou de presqu'île comme c'est le cas pour Crozon (29042) et Saint-Pierre-Quiberon (56234) (cf. carte B **Figure 11** pour le cas de la presqu'île de Crozon). En moyenne, le *cluster 1* a un ratio trait de côte/superficie communale de 1,35, quand celui-ci est de 0,54 et 0,89 pour les *clusters 2* et *3*, respectivement. Comme le montrent les cartes de la **Figure 13**, si les communes du *cluster 3* sont également dotées d'une grande longueur de trait de côte, cela est dû pour la plupart à la forme de leurs infrastructures portuaires. Le cas de la commune de Marseille (13055) est le plus marquant, avec un trait de côte de 168,88 km (valeur la plus élevée), dont 68,43 km (soit 40%) de linéaire portuaire.

Le *cluster 2* est composé de communes dont le trait de côte est le moins atypique. Les cartes de la **Figure 12** présentent le cas de Fécamp (76259) et de Biarritz (64122).

**Carte A : Hyères (83069) – 164,88 km de trait de côte pour une superficie communale de 133,62 km<sup>2</sup>**

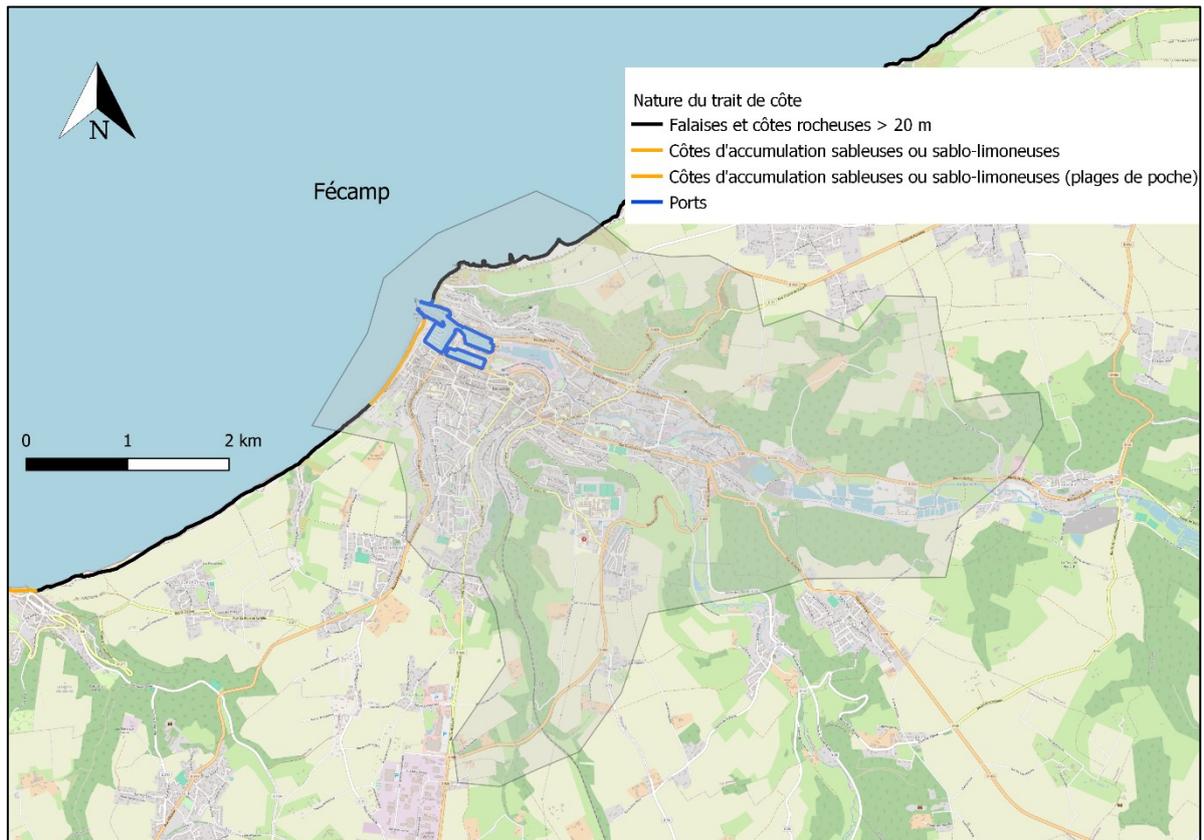


**Carte B : Crozon (29042) – 72,93 km de trait de côte pour une superficie communale de 80,51 km<sup>2</sup>**

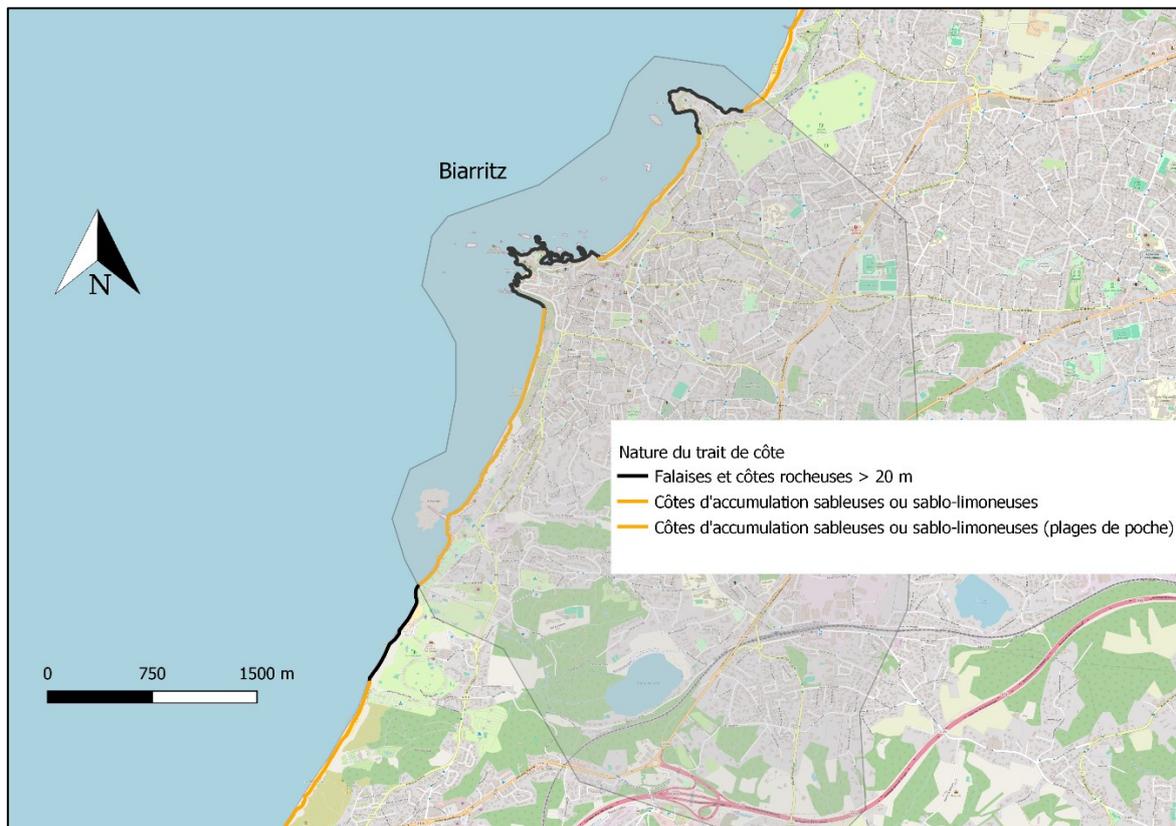


**Figure 11. Nature du trait de côte des communes du cluster 1**

**Carte A : Fécamp (76259) – 7,38 km de trait de côte pour une superficie communale de 15,24 km<sup>2</sup>**

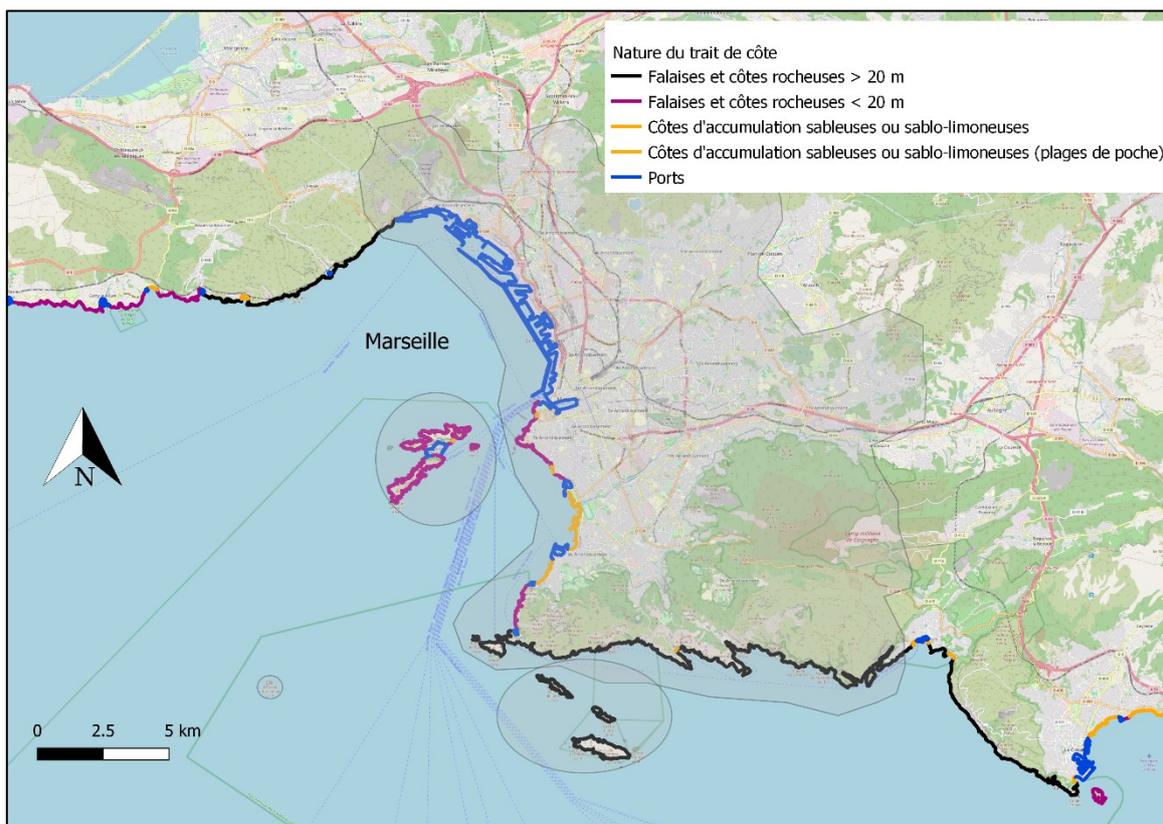


**Carte B : Biarritz (64122) – 7,79 km de trait de côte pour une superficie communale de 12,36 km<sup>2</sup>**

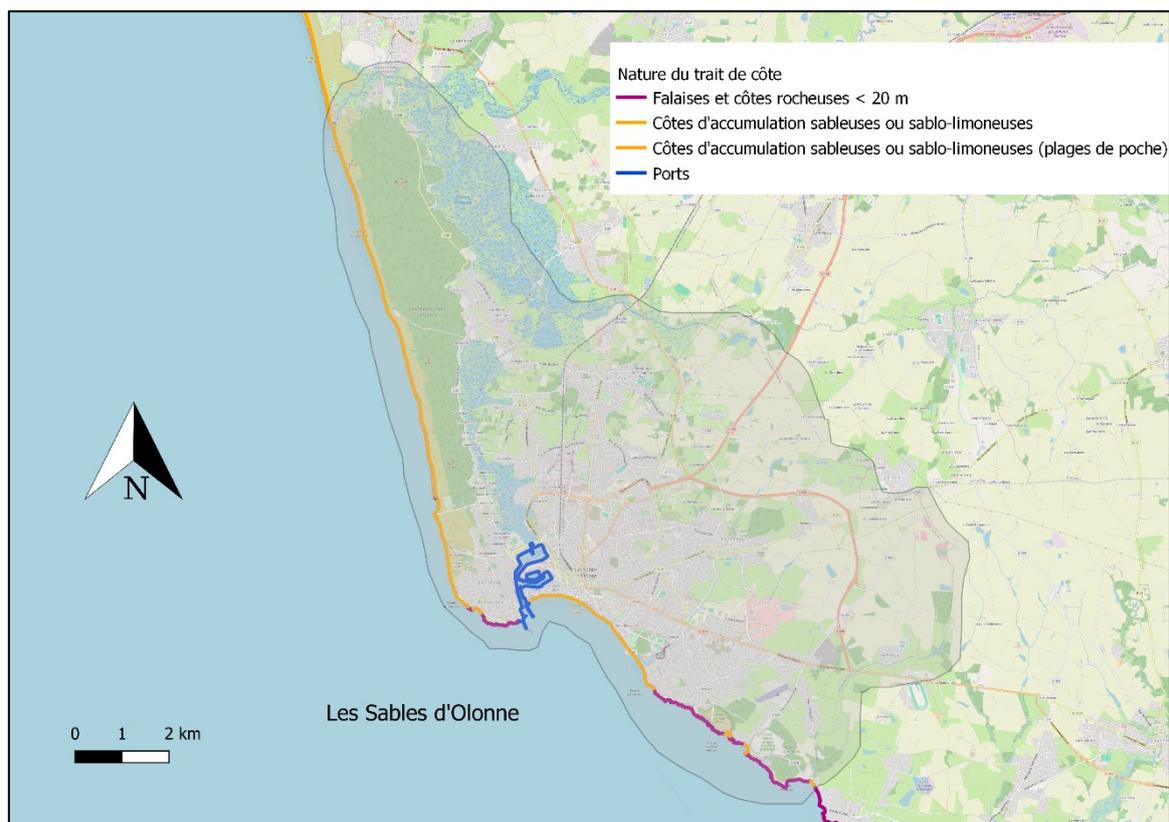


**Figure 12. Nature du trait de côte des communes du cluster 2**

**Carte A : Marseille (13055) – 168,88 km de trait de côte pour une superficie communale de 238,96 km<sup>2</sup>**



**Carte B : Les Sables-d'Olonne (85194) – 30,52 km de trait de côte pour une superficie communale de 86,19 km<sup>2</sup>**



**Figure 13. Nature du trait de côte des communes du cluster 3**

- **L'évolution du trait de côte**

Les données d'origine sur l'évolution du trait de côte proviennent de l'indicateur national de l'érosion côtière (INEC, Cerema, 2017). A partir de l'observation de marqueurs positionnés sur le trait de côte à plusieurs décennies d'intervalle (de 50 à 90 ans), les données déterminent le taux d'évolution annuel moyen du trait de côte national par portions de 200 mètres. Les traitements effectués par le Cerema dans le cadre de la thèse permettent de rattacher une commune à chacune de ces portions de trait de côte. Ainsi, tout comme les données nationales, l'évolution du trait de côte à l'échelle communale est discrétisée selon la sévérité de l'érosion ou de l'accrétion.

Les valeurs en érosion se répartissent en 4 niveaux :

- Recul du trait de côte entre 0,1 et 0,5m/an
- Recul du trait de côte entre 0,5 et 1,5m/an
- Recul du trait de côte entre 1,5 et 3m/an
- Recul du trait de côte de plus 3m/an.

Les mêmes niveaux sont considérés pour les côtes en accrétion :

- Avancée du trait de côte entre 0,1 et 0,5m/an
- Avancée du trait de côte entre 0,5 et 1,5m/an
- Avancée du trait de côte entre 1,5 et 3m/an
- Avancée du trait de côte de plus 3m/an.

Les côtes pour lesquelles le taux d'évolution est nul ou très faible sont marquées de la mention « non perceptible » (évolution entre -0,1 et 0,1 m/an, c'est-à-dire moins de 0,1 m/an d'érosion et moins de 0,1 m/an d'accrétion).

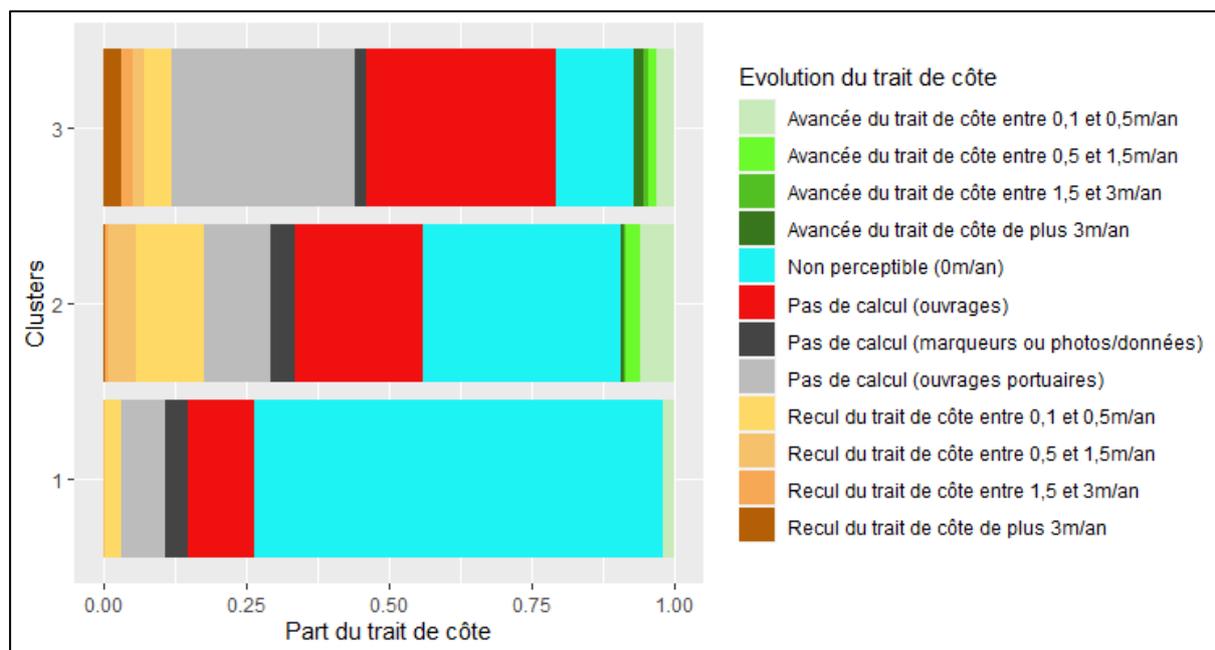
Pour certains segments de trait de côte, le taux d'évolution n'a pas pu être observé, soit à cause de la présence d'ouvrages littoraux (figeant le trait de côte), soit à cause du manque de données (photographies du trait de côte non disponibles ou non exploitables), soit à cause de l'absence de marqueurs identiques (entre les photographies récentes et anciennes). Ces segments sont regroupés dans la catégorie « pas de calcul ».

La **Figure 14** et la **Figure 15** ci-après synthétisent les niveaux d'évolution du trait de côte pour chacun des clusters de communes précédemment identifiés. Il en ressort qu'il existe une forte corrélation entre l'évolution et la nature du trait de côte. De façon générale, les côtes rocheuses n'ont connu que très peu d'évolution (évolution « non perceptible »)<sup>123</sup>. En effet, les côtes des communes du *Cluster 1*,

---

<sup>123</sup> Certains cas existent néanmoins, avec par exemple Audinghen (62054) ou encore Wissant (62899) dont les falaises de plus de 20m de hauteur sont sujettes à de l'érosion.

essentiellement rocheuses, sont caractérisées par leur stabilité : plus de 70 % des côtes ont une évolution non perceptible (proche de 0m/an, cf. **Figure 14**). Plus de 67% du trait de côte des communes du *Cluster 3* n'est pas calculable du fait de leur caractère portuaire et artificialisé. Ainsi, les communes pour lesquelles l'évolution du trait de côte est calculable et perceptible sont essentiellement issues du *cluster 2*, du fait de la présence importante de côtes sableuses (Hédou et al., 2018). C'est donc au sein de ce cluster que le trait de côte est le plus dynamique, avec environ 17% du linéaire en érosion et 9% en accrétion<sup>124</sup>.



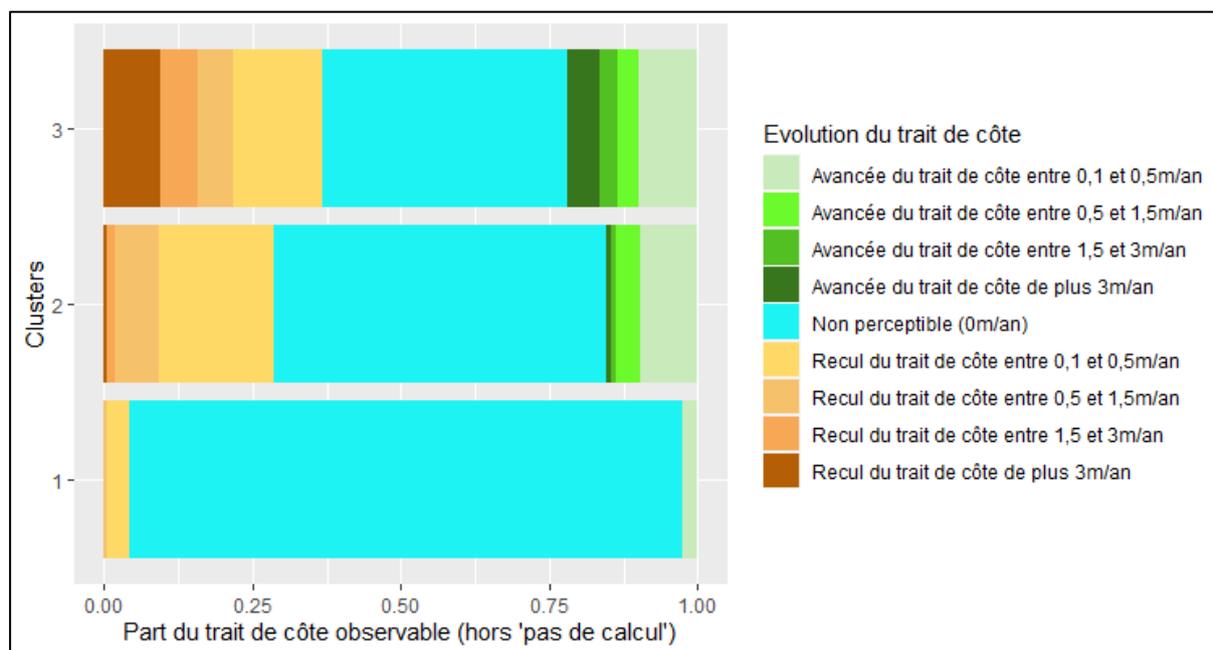
**Figure 14. Evolution du trait de côte selon les groupes de communes identifiés supra**

**Note :** Les clusters représentent les profils de communes identifiées *supra* selon la nature de leur trait de côte. Le cluster 1 (N=94) regroupe les communes aux côtes plutôt naturelles, avec des falaises et côtes rocheuses importantes accompagnées par des plages de poche. Le cluster 3 (N=46) regroupe les communes portuaires, ou celles aux côtes sableuses plutôt artificialisées, quand le cluster 2 (N=629) englobe le reste des communes littorales.

En neutralisant l'ampleur des segments non calculables, c'est-à-dire en considérant toutes les catégories d'évolution à l'exception de celle-ci dans le calcul des parts, l'on découvre une problématique d'érosion bien plus importante au sein du *Cluster 3* (cf. **Figure 15**). En effet, la prépondérance d'ouvrages sur les côtes de ces communes a tendance à minimiser l'importance relative des côtes en érosion. Environ 30% du trait de côte observable et sans ouvrages dans ce cluster est en érosion (contre 12% sur le trait de côte total avec ouvrages d'après la **Figure 14**). En termes de sévérité de l'érosion, c'est plus de 10% du trait de côte observable sans ouvrages qui connaît un recul de plus 3m/an dans cette catégorie, soit le niveau

<sup>124</sup> La commune de Soulac-sur-Mer (33514), emblème de l'érosion côtière en France avec l'immeuble « le Signal » fait partie du *Cluster 2*.

le plus élevé. Ce cluster regroupe également des communes avec une avancée importante de leur trait de côte (plus de 20% du trait de côte en accrétion)<sup>125</sup>.



**Figure 15. Evolution du trait de côte (observable) selon les groupes de communes identifiés supra**

Note : Les clusters représentent les profils de communes identifiées *supra* selon la nature de leur trait de côte. Le cluster 1 (N=94) regroupe les communes aux côtes plutôt naturelles, avec des falaises et côtes rocheuses importantes accompagnées par des plages de poche. Le cluster 3 (N=46) regroupe les communes portuaires, ou celles aux côtes sableuses plutôt artificialisées, quand le cluster 2 (N=629) englobe le reste des communes littorales.

• **L'exposition au risque de submersion marine**

L'exposition à la submersion marine est mesurée par l'étendue du territoire communal situé en zones basses. Les zones basses désignent des « zones topographiques situées sous le niveau centennal de la mer »<sup>126</sup>. Le niveau marin centennal représente le niveau moyen de la mer sur une période de cent ans, prenant en compte les variations saisonnières et les fluctuations annuelles. Il constitue un bon proxy pour comprendre les variations climatiques à long terme et leurs impacts sur les zones côtières. La sévérité des zones basses est discrétisée en trois catégories selon le positionnement de la topographie du territoire autour d'une fourchette de plus ou moins 1 m ajoutée au niveau marin centennal :

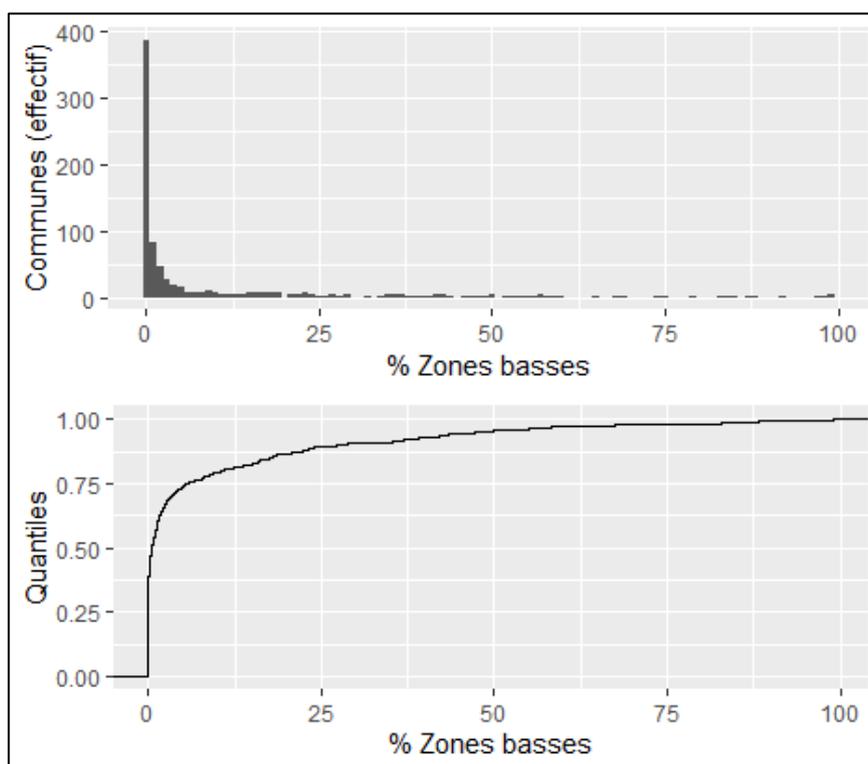
- Niveau fort : zones sous le niveau marin centennal -1m
- Niveau moyen : zones entre le niveau marin centennal et le niveau marin centennal -1m

<sup>125</sup> La commune de La Tremblade (17452) en Charente Maritime, combinant à la fois une forte érosion (justifiant entre autres la présence de certains ouvrages littoraux) et une accrétion significative, illustre bien la dynamique du trait de côte du *cluster 3*.

<sup>126</sup> <https://www.geocatalogue.fr/geonetwork/srv/fr/catalog.search#/metadata/06dfc140-d120-4d01-82d8-0f68a78c03d1>.

- Niveau faible : zones entre le niveau marin centennal et le niveau marin centennal +1m.

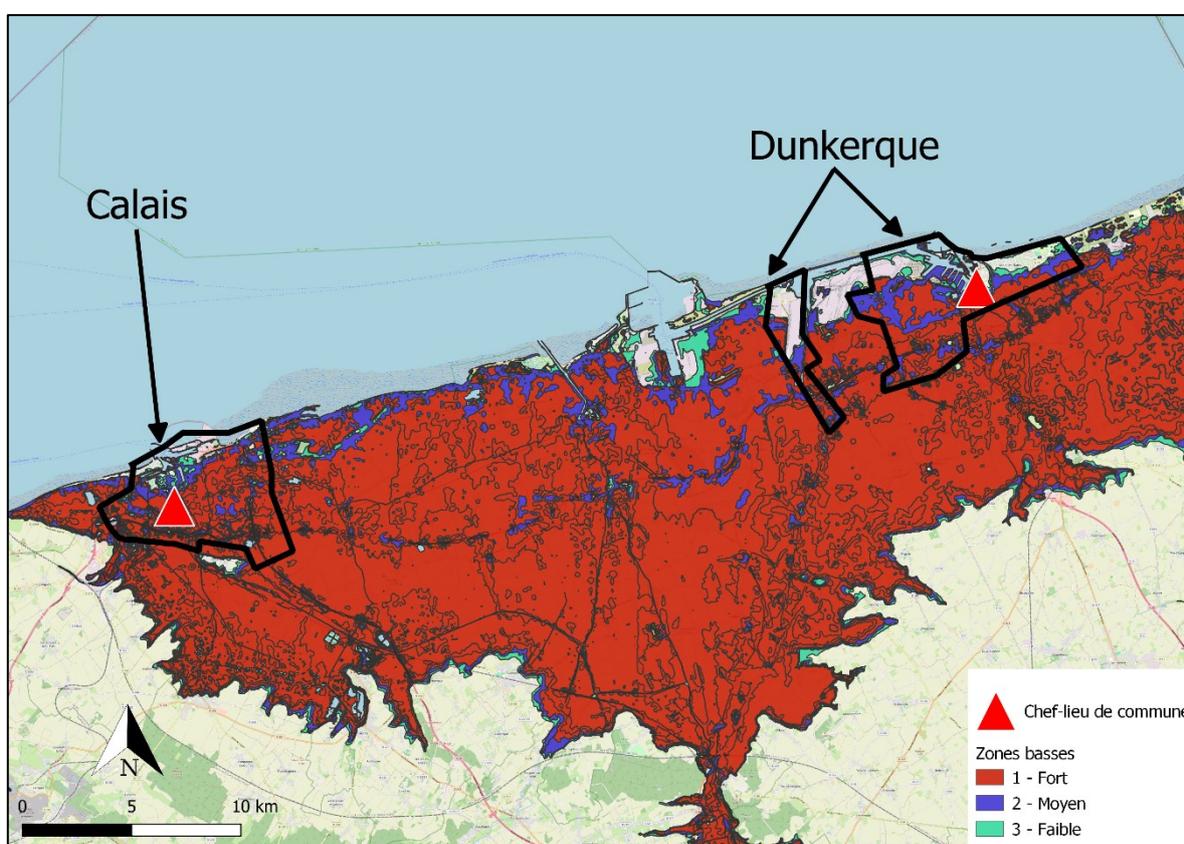
Afin de tenir compte de l'hétérogénéité des superficies communales dans l'évaluation de l'ampleur des zones basses, l'indicateur que nous considérons mesure la part (en pourcentage) du territoire en zones basses : c'est le rapport entre la superficie en zone basse et la superficie communale totale. La **Figure 16** ci-après présente la distribution statistique de l'indicateur. La partie supérieure de la figure représente l'histogramme de la distribution. Celle-ci présente une forme aplatie et asymétrique (à droite) avec un skewness de 2,95 et un kurtosis de 12,14. Elle révèle également qu'un grand nombre de communes n'est pas exposé à l'aléa de submersion tel que mesuré par cet indicateur (0% du territoire en zones basses). La partie inférieure de la figure représente la fonction de répartition, déterminant graphiquement les valeurs des quantiles de la distribution. Les zones basses couvrant essentiellement les zones d'estran, très peu de communes littorales sont effectivement exposées (pas d'enjeux menacés), même avec un indicateur non nul. En effet, la médiane étant très proches de 0 (égale à 0,0045), plus de 50% des communes littorales ont moins de 0,45% de leur territoire en zones basses. C'est près du sixième décile que le seuil d'1% du territoire communal en zones basses est atteint (le sixième décile est de 0,0136) ; néanmoins, jusqu'à 75% des communes ont moins 5,55% de leur territoire en zones basses (le troisième quartile est de 0,0555).



*Figure 16. Distribution statistique des zones basses, en part de la superficie communale*

En s'intéressant au haut de la distribution (partie droite des graphiques), l'on s'aperçoit que certaines communes ont plus de la moitié, voire l'entièreté, de leur territoire en zones basses. L'analyse cartographique révèle que ces cas sont très localisés.

La topographie à proximité des côtes et sur l'ensemble du territoire communal détermine l'exposition à l'aléa mesuré par les zones basses. Les côtes rocheuses et les falaises hautes sont peu exposées<sup>127</sup> quand les communes de basse altitude y sont plus vulnérables<sup>128</sup>. Comme la plupart des communes des Hauts-de-France confrontées aux zones basses, les communes de Dunkerque (59183) et de Calais (62193) y sont presque entièrement exposées du fait de leur petite superficie et de leur faible élévation (**Figure 17**). Les communes riveraines d'embouchures de fleuves et d'estuaires, et celles dotées de vastes zones humides sont également soumises à l'aléa de submersion, comme le montre **Figure 18**.



**Figure 17. Etendue des zones basses sur les côtes du Nord et du Pas-de-Calais**

**Note :** Les communes de Dunkerque (59183) et de Calais (62193) ont une superficie de 43km<sup>2</sup> et 33km<sup>2</sup>, respectivement. Elles ont une altitude moyenne de 3m.

<sup>127</sup> La **Figure A. 9** en annexe révèle l'hétérogénéité de l'étendue des zones basses selon les clusters de communes identifiés *supra*.

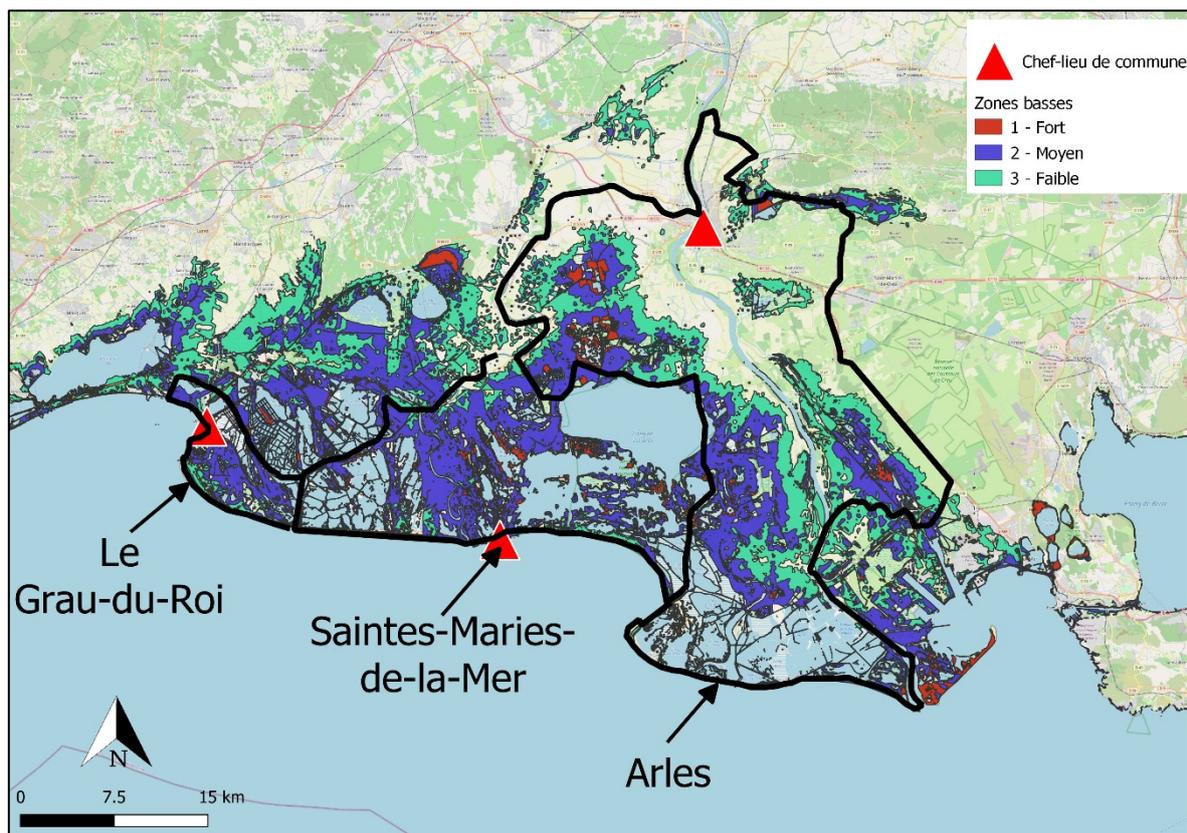
<sup>128</sup> Les données sur l'altitude des communes sont consultées uniquement à titre indicatif depuis le site <https://fr-fr.topographic-map.com/map-cz/France-m%C3%A9ropolitaine/> (dernière consultation : 06 juin 2024). Elles ne sont pas intégrées dans les calculs et estimations statistiques.

C'est pour les communes camarguaises (**Figure 18**) que l'étendue des zones basses est la plus vaste, avec par exemple 155km<sup>2</sup> de zones basses pour Saintes-Maries-de-la-Mer (13096) ou encore 295km<sup>2</sup> pour Arles (13004). Néanmoins comme le montre la **Figure 18**, dans le cas d'exposition partielle, l'ampleur de l'aléa doit être mise en perspective avec la présence d'enjeux (bâti résidentiel et professionnel, infrastructures publiques, etc.). Pour la commune d'Arles, bien que l'étendue des zones basses soit relativement vaste (39% du territoire), le chef-lieu de la commune, qui concentre le plus d'enjeux, n'y est pas exposé.

Des analyses supplémentaires ont été menées afin d'évaluer dans quelle mesure les communes littorales faisaient face de manière conjointe aux problématiques d'érosion et de submersion. Les résultats, disponibles en annexe (**Tableau A. 14** et **Tableau A. 15**), révèlent que bien que cette observation soit avérée pour certaines communes<sup>129</sup>, la corrélation entre les deux aléas n'est pas significative.

---

<sup>129</sup> C'est le cas des communes camarguaises, ou encore de Soulac-sur-Mer (33154) sur la façade Atlantique. Cette dernière commune présente plusieurs profils d'érosion sévère sur sa côte Ouest et des zones basses importantes depuis sa côte Est, à l'embouche de l'estuaire de la Gironde (Cf. annexe **Figure A. 10**).



**Figure 18. Etendue des zones basses sur les côtes méditerranéennes : cas des communes camarguaises**

**Note :** Les communes d'Arles (13004), des Saintes-Maries-de-la-Mer (13096) et du Grau-du-Roi (30133) ont une superficie de 758km<sup>2</sup>, 312km<sup>2</sup> et 58km<sup>2</sup>, respectivement, pour une altitude moyenne de 13m, 0m et 0m.

### 3.2.2. *L'intégration des aléas côtiers et de la longueur et nature du trait de côte au modèle de dépenses locales*

Bien que les clusters identifiés *supra* fournissent une illustration des différents profils de communes, ceux-ci se prêtent peu aux estimations économétriques dans la mesure où ils renferment plusieurs dimensions corrélées entre elles. Plus précisément, un éventuel effet sur les dépenses pour l'un ou plusieurs clusters pourrait être attribué soit à la longueur ou à la nature du trait de côte au sein du groupe, aux types d'aménagements côtiers, à l'ampleur de l'érosion ou encore à l'aléa de submersion marine. **L'objectif de ce chapitre est d'identifier dans quelle mesure l'ampleur et/ou la sévérité des aléas côtiers est associée à des dépenses communales plus importantes, en contrôlant en particulier chacune des autres dimensions du littoral.** Par conséquent, nos estimations ne tiendront pas compte des clusters qui ne décrivent qu'une agrégation des dimensions.

L'analyse exploratoire des caractéristiques du littoral a révélé une forte hétérogénéité de la longueur du trait de côte entre les communes, justifiant une transformation logarithmique de la variable. Quant à la nature du trait de côte, les modalités sont étudiées sous forme de part (pourcentage) dans le trait de côte

total. L'érosion du trait de côte est également considérée d'après la part dans le trait de côte total, quand les zones basses sont rapportées à la superficie communale. Pour chacun de ces aléas, deux analyses sont conduites : l'une considérant l'ampleur des aléas (part du trait de côte en érosion et part du territoire communal en zones basses), et l'autre, leur sévérité (part du trait de côte selon les niveaux d'érosion et part du territoire communal selon les niveaux de zones basses).

- **Variables de contrôle additionnelles**

Des variables de contrôle additionnelles à celles déjà incluses dans les modèles des chapitres précédents sont intégrées au modèle afin d'isoler au mieux les dimensions littorales étudiées. Il s'agit de la localisation en zone de montagne, de l'insularité des communes, et du classement en station de tourisme.

Du fait de leurs reliefs parfois ardues, les communes de montagne font face à des surcoûts d'aménagement et à des contraintes d'urbanisme, à tel point que le législateur en tient compte dans l'attribution de dotations (notamment avec le doublement du critère de voirie dans certaines dotations de la DGF<sup>130</sup>). En plus des enjeux de leurs zones côtières, certaines communes littorales font face aux contraintes de la localisation en zone de montagne (notamment dans les Pyrénées-Orientales et en Corse). De plus, comme évoqué plus haut, le relief de la commune peut être corrélé à la nature du trait de côte (falaises et côtes rocheuses) et au niveau d'exposition en zones basses. Ainsi, deux variables indicatrices sont intégrées aux estimations économétriques, à savoir une variable identifiant l'effet moyen des zones de montagne <sup>131</sup> et une variable distinguant l'effet des communes corses.

Une autre variable additionnelle renseigne sur l'insularité des communes. En effet, comme discuté plus haut, il existe une corrélation entre l'insularité des communes et la longueur du trait de côte du fait de l'absence de frontière terrestres. Les communes insulaires n'appartiennent le plus souvent pas à un groupement intercommunal (ex. l'île d'Yeu, l'île de Bréhat, l'île de Sein et l'île d'Ouessant) et nous présumons que ce statut affecte les coûts des services publics locaux (surcoûts d'acheminement de fournitures indispensables aux travaux d'équipements ou autres besoins de connexion avec le continent). L'intégration d'une variable indicatrice de l'insularité des communes permet de contrôler cette double corrélation avec la longueur du trait de côte et le niveau de dépenses.

La dernière variable additionnelle est le classement des communes en station de tourisme. Deux niveaux de classement sont prévus pour les communes développant une politique touristique : les « communes touristiques » et les « stations de tourisme » (Direction générale des Entreprises, 2023, 2024). Les communes touristiques offrent des capacités d'hébergement pour l'accueil de populations non-résidentes et bénéficient, du fait du surplus de dépenses, d'une dotation supplémentaire au sein de la part forfaitaire de la DGF. Au-delà de la capacité d'hébergement, les communes classées station de tourisme mettent

---

<sup>130</sup> Cf. le site de l'Association Nationale des Elus de Montagne (ANEM) pour les effets du classement en commune de montagne : <https://www.anem.fr/classement-montagne/>.

<sup>131</sup> Les communes localisées en zone de montagne sont identifiées d'après la base de données des critères DGF.

en place une politique active d'accueil, notamment via un office de tourisme classé, mettent en avant les ressources naturelles de leur territoire et leur patrimoine, ou encore offrent un haut niveau d'activités et d'animations touristiques, culturelles, physiques ou sportives (Direction générale des Entreprises, 2024). Les chapitres précédents ayant mis en lumière les effets des touristes et autres populations non-résidentes, il existe une corrélation entre le classement en station de tourisme et les dépenses communales par habitant. Or, bon nombre de communes littorales sont des stations de tourisme balnéaire qui mettent en avant leur façade maritime, notamment les plages et sentiers côtiers en falaises<sup>132</sup>. En intégrant la variable indicatrice du classement en station de tourisme, les modèles économétriques contrôlent la corrélation entre le profil touristique et les dépenses communales, et isolent les effets des caractéristiques physiques du littoral<sup>133</sup>.

- **Stratégie empirique**

La section suivante (IV) présente les résultats des estimations économétriques dont la stratégie empirique est la suivante. Tout d'abord, le modèle des chapitres précédents, régressant les dépenses de fonctionnement et d'investissement (en log) sur l'indicatrice du littoral et les variables de contrôle, est présenté. Celui-ci est ensuite augmenté des variables de contrôles additionnelles, puis les caractéristiques du littoral, dont les aléas, sont incorporées de manière successive. Chacune des régressions est conduite sur l'échantillon des communes littorales puis sur l'ensemble des communes métropolitaines, servant ainsi de base à des modèles de péréquation entre communes littorales ou à l'échelle nationale, respectivement<sup>134</sup>. Les régressions sont effectuées par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO).

Des régressions supplémentaires sont effectuées afin d'identifier les canaux par lesquelles les caractéristiques du littoral affectent les dépenses communales, notamment en mobilisant la nomenclature de dépenses par nature. A l'échelle des communes, les principaux postes de dépenses de fonctionnement sont les frais de personnel, les achats et charges externes, et les dépenses d'intervention, avec respectivement, 53%, 26% et 14%. Les dépenses d'investissement sont constituées à 95% de dépenses d'équipement. Les frais de personnel et les achats et charges externes représentent les dépenses en intrants nécessaires à la production des services publics. Les achats et charges externes comprennent les achat et variations de stocks (approvisionnements ou marchandises stockées, matériels, biens ou services entrant dans le cycle de production des services publics offerts par la commune), les achats

---

<sup>132</sup> 25% des communes littorales sont classées station de tourisme, contre 1,24% sur l'ensemble des communes métropolitaines. Suivant le partitionnement des communes littorales en clusters selon la nature de leur trait de côte, 65% des communes du cluster 3 (côtes artificialisées, portuaires ou sableuses) sont classées station de tourisme, contre 39% des communes du cluster 1 (côtes rocheuses peu artificialisées) et 20% des communes du cluster 2 (regroupant les autres communes littorales).

<sup>133</sup> A noter que le classement en station de tourisme est également fortement corrélé avec la localisation en zone de montagne du fait des stations de ski.

<sup>134</sup> La question du choix entre une péréquation entre territoires littoraux exclusivement ou à l'échelle nationale a été évoquée dans le rapport inter-inspections (CGEDD - IGA - IGF, 2019) qui a écarté la seconde option du fait du problème d'équité qu'elle engendrerait.

d'études et prestations de services, ou encore les dépenses d'entretien et de réparation visant à maintenir la bonne utilisation des actifs sans entraîner une appréciation de leur valeur<sup>135</sup>. Les dépenses d'intervention quant à elles comprennent les contributions et subventions de fonctionnement de la commune vers les organismes publics contribuant à l'offre de services publics. Il s'agit entre autres de la contribution aux services d'incendies, des subventions de fonctionnement aux services de distribution d'eau potable et d'assainissement, ou encore aux services de transports. Les dépenses d'équipement, qui représentent l'emploi principal des dépenses d'investissement, sont constituées d'immobilisations (corporelles et incorporelles, hors subventions). A partir des données de l'observatoire des finances et de la gestion publique locales (OFGL), les dépenses par habitant au titre des frais de personnel, d'achats et charges externes, d'intervention, et d'équipement seront considérées successivement comme variable expliquée des régressions.

Du fait du partage de compétences entre les EPCI et leurs communes membres<sup>136</sup>, il est pertinent d'évaluer si, et dans quelle mesure, les effets des caractéristiques du littoral sur les dépenses communales sont sensibles aux interactions intercommunales. Le modèle conditionnel est retenu dans les régressions principales. Il s'agit de la spécification selon laquelle les dépenses communales dépendent, en plus des variables d'intérêt et des variables de contrôles déjà présentées, d'une variable mesurant les dépenses par habitant de l'EPCI d'appartenance. Une spécification alternative est considérée par le biais du modèle consolidé<sup>137</sup>. Dans ce modèle, la variable expliquée initiale (les dépenses communales par habitant) est augmentée des dépenses intercommunales par habitant, au prorata de la population communale (formant les dépenses par habitant du bloc communal : commune + EPCI).

#### 4. Résultats et discussions

Le **Tableau 9** au **Tableau 18** ci-dessous présentent, pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, les résultats de diverses régressions introduisant progressivement les variables caractéristiques du littoral. Seuls les coefficients de ces variables sont présentés dans cette section, les

---

<sup>135</sup> Les dépenses d'entretien et réparations figurent au Compte 615. « En règle générale, les frais d'entretien et de réparations s'entendent des dépenses qui n'ont d'autre objet que de maintenir un élément de l'actif en état tel que son utilisation puisse être poursuivie jusqu'à la fin de la période servant de base au calcul des annuités d'amortissement ou, en l'absence d'amortissement, sur la durée normale d'utilisation des biens de même catégorie. Les frais d'entretien et de réparations doivent être rattachés aux exercices au cours desquels les travaux ont été exécutés. Les grosses réparations sur les constructions devraient faire l'objet de provisions (voir compte 1572). Ne constituent pas des frais d'entretien et de réparations, mais des frais d'investissement ne pouvant donner lieu qu'à amortissement, les dépenses entraînant une augmentation de la valeur d'actif d'un bien immobilisé ou ayant pour effet de prolonger d'une manière notable la durée d'utilisation d'un élément d'actif » - cf. Instructions budgétaires et comptable M14.

<sup>136</sup> Notamment, la plupart des EPCI se substituent progressivement aux communes pour la gestion des ouvrages littoraux, ainsi que des milieux aquatiques et des inondations avec la GeMAPI.

<sup>137</sup> Mobilisé par Breuillé et al. (2019).

autres coefficients issus du modèle de dépenses locales ayant déjà été estimés dans les chapitres précédents.

#### **4.1.Des effets différenciés entre communes de montagne et communes littorales touristiques**

Le **Tableau 9** et **Tableau 10** ci-après présentent pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement, l'évolution du modèle de base (avec pour seule variable additionnelle l'indicatrice du littoral) suite à l'introduction de variables additionnelles permettant contrôler les caractéristiques géographiques et touristiques des communes. Parmi les caractéristiques géographiques, la localisation en zone de montagne est introduite, ainsi que l'insularité des communes et la spécificité des communes corses qui, en plus de l'insularité de leur région, allient conjointement, pour la plupart, les enjeux des zones de montagne et du littoral. Les deux premières colonnes des **Tableau 9** et **Tableau 10** synthétisent les régressions sur l'ensemble des communes du territoire métropolitain, quand les deux dernières colonnes présentent les régressions estimées uniquement pour les communes littorales. Les estimations montrent que les petites communes insulaires supportent un niveau de dépenses par habitant supérieur aux autres communes comparables, toutes choses égales par ailleurs (colonne (2) des **Tableau 9** et **Tableau 10** pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement). Les communes de montagne également sont marquées par un surcoût de dépenses par habitant. La spécificité des communes de Corse se manifeste également de manière significative sur les dépenses de fonctionnement et d'investissement, quand elles sont comparées à l'ensemble des communes métropolitaines (colonne (2)).

**Tableau 9: Régressions des dépenses de fonctionnement**

	Modèle de base – Métropole (1)	Avec contrôles additionnels – Métropole (2)	Modèle de base – Littoral (3)	Avec contrôles additionnels – Littoral (4)
Littorale	0,054*** (0,016)	0,030* (0,017)		
Ile		0,801*** (0,153)		0,628*** (0,160)
Montagne		0,230*** (0,006)		0,248*** (0,076)
Corse		0,256*** (0,024)		0,030 (0,074)
Station de tourisme		0,246*** (0,029)		0,143*** (0,034)
Montagne X Station de tourisme		0,585*** (0,071)		-0,024 (0,163)
Littorale X Station de tourisme		0,143*** (0,044)		
<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 460	34 460	768	768
Adjusted R <sup>2</sup>	0,408	0,457	0,657	0,681
<i>Note:</i>			*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01	

**Tableau 10: Régressions des dépenses d'investissement par habitant**

	Modèle de base – Métropole (1)	Avec contrôles additionnels – Métropole (2)	Modèle de base – Littoral (3)	Avec contrôles additionnels – Littoral (4)
Littorale	-0,021 (0,022)	-0,014 (0,026)		
Ile		0,973*** (0,205)		0,677*** (0,237)
Montagne		0,329*** (0,011)		0,161 (0,115)
Corse		0,297*** (0,041)		0,150 (0,114)
Station de tourisme		0,140*** (0,035)		0,031 (0,048)
Montagne X Station de tourisme		0,290*** (0,069)		-0,083 (0,201)
Littorale X Station de tourisme		0,122** (0,052)		
<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 450	34 450	765	765
Adjusted R <sup>2</sup>	0,384	0,405	0,556	0,566
<i>Note:</i>			<i>*p&lt;0,1; **p&lt;0,05; ***p&lt;0,01</i>	

En plus de la concentration des populations non-résidentes contrôlée dans le modèle de demande, les communes classées station de tourisme supportent en moyenne des dépenses/habitant plus importantes que les autres communes françaises. Cet effet est plus important s'agissant des communes de montagne (coefficients estimés de 0,585 et 0,290 pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement) ou des communes littorales (coefficients estimés de 0,143 et 0,122 pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement). Toutefois, le contrôle du classement en station de tourisme conduit à la perte de la significativité de l'effet moyen de l'indicatrice du littoral sur les dépenses de fonctionnement (coefficient estimé de 0,03 significatif à 10%), indiquant qu'en moyenne

le surplus de dépenses/habitant des communes littorales vis-à-vis des autres communes, toutes choses égales par ailleurs, est essentiellement expliqué par l'effet des stations de tourisme en zone côtière. Cela est confirmé, pour les dépenses de fonctionnement, par l'estimation menée sur l'échantillon constitué exclusivement des communes littorales (colonne (4) du **Tableau 9**) : les communes littorales classées stations de tourisme supportent des dépenses de fonctionnement par habitant supérieures de 14,3% aux autres communes littorales, toutes choses égales par ailleurs (coefficient estimé de 0,143). Concernant les dépenses d'investissement, l'effet des stations de tourisme, observé sur l'ensemble des communes n'est pas confirmé sur l'échantillon des communes littorales. En d'autres termes, les stations de tourisme littorales ne supportent pas plus dépenses d'investissement/habitant que les autres communes littorales en moyenne, toutes choses égales par ailleurs.

La seconde étape de notre analyse consiste à affiner la caractérisation des communes littorales par l'intégration de leurs caractéristiques physiques.

#### **4.2. La longueur et la nature du trait de côte comme facteurs explicatifs des dépenses de fonctionnement**

Si les dépenses des communes littorales se distinguent les unes des autres par leur attractivité touristique, celle-ci est bien souvent fonction de certains facteurs d'aménités et caractéristiques géographiques, à savoir l'étendue et la nature de leur trait de côte. Le **Tableau 11** ci-après synthétise les résultats des régressions des dépenses de fonctionnement (colonnes (1) à (4)) et d'investissement (colonnes (5) à (8)) par habitant en intégrant comme variables explicatives supplémentaires le logarithme de la longueur du trait de côte et la part relative (en pourcentage) de chaque modalité de la nature du trait de côte. Les régressions des colonnes (3), (4), (7) et (8) sont implémentées en considérant exclusivement l'échantillon des communes littorales.

Les régressions indiquent que la longueur du trait de côte a un effet significatif et positif sur les dépenses de fonctionnement, mais peu robuste pour les dépenses d'investissement. Plus spécifiquement, parmi les communes littorales (colonnes (3) et (4)), un trait de côte plus long de 1% se manifeste en moyenne par des dépenses de fonctionnement par habitant plus élevées de 0,056%<sup>138</sup>, toutes choses égales par ailleurs. Cet effet n'est toutefois pas significatif pour les dépenses d'investissement (colonnes (7) et (8)). A l'échelle nationale, la longueur du trait de côte des communes littorales contribue à expliquer leur surplus de dépenses, de fonctionnement et d'investissement, comparativement autres communes. Indépendamment de la nature du trait de côte, les élasticités estimées sont de 0,079% et 0,054% pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement. Si la nature des côtes n'a pas d'effet significatif sur les dépenses d'investissement, la prépondérance des falaises hautes (plus de 20m

---

<sup>138</sup> La longueur du trait de côte étant intégrée sous forme logarithmique dans les régressions, le coefficient estimé (0,056) mesure une élasticité.

de hauteur), des plages ou encore des côtes artificialisées contribue à accroître le niveau moyen des dépenses de fonctionnement, comparativement aux autres communes (toutes communes ; colonne (2)). Cet effet n'est pas significatif sur l'échantillon des communes littorales (colonne (4)). Ainsi, bien que la nature du trait de côte exacerbe l'écart des dépenses de fonctionnement entre les communes littorales et les autres communes, elle ne contribue pas à distinguer les communes littorales entre elles, contrairement à la longueur du trait de côte.

**Tableau 11: Régressions des dépenses de fonctionnement et d'investissement, selon la longueur et nature du trait de côte**

	log(Dépenses de fonctionnement/hab.)				log(Dépenses d'investissement/hab.)			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Littorale	-0,635*** (0,103)	-0,847*** (0,113)			-0,473*** (0,182)	-0,552*** (0,202)		
Ile	0,677*** (0,156)	0,746*** (0,160)	0,568*** (0,158)	0,634*** (0,162)	0,901*** (0,204)	0,932*** (0,201)	0,646*** (0,238)	0,706*** (0,237)
Montagne	0,230*** (0,006)	0,231*** (0,006)	0,229*** (0,074)	0,222*** (0,072)	0,329*** (0,011)	0,329*** (0,011)	0,150 (0,115)	0,119 (0,113)
Corse	0,247*** (0,023)	0,242*** (0,024)	0,010 (0,074)	0,008 (0,072)	0,291*** (0,041)	0,297*** (0,042)	0,139 (0,115)	0,178 (0,116)
Station de tourisme	0,248*** (0,029)	0,246*** (0,029)	0,124*** (0,034)	0,118*** (0,033)	0,141*** (0,035)	0,140*** (0,035)	0,021 (0,049)	0,015 (0,050)
Montagne X Station de tourisme	0,583*** (0,071)	0,589*** (0,070)	-0,007 (0,144)	0,047 (0,150)	0,289*** (0,069)	0,292*** (0,068)	-0,075 (0,191)	-0,034 (0,180)
Littorale X Station de tourisme	0,073 (0,044)	0,056 (0,044)			0,074 (0,053)	0,055 (0,054)		
log(Longueur trait de côte)	0,079*** (0,012)	0,093*** (0,013)	0,056*** (0,014)	0,056*** (0,015)	0,054*** (0,021)	0,065*** (0,023)	0,030 (0,020)	0,024 (0,022)
Trait de côte, part des falaises >20m		0,116** (0,052)		0,106* (0,058)		-0,087 (0,089)		-0,023 (0,107)
Trait de côte, part des falaises <20m		-0,090 (0,058)		-0,087 (0,067)		-0,157* (0,093)		-0,166 (0,107)
Trait de côte, part de plages		0,159*** (0,048)		0,038 (0,053)		0,016 (0,078)		-0,101 (0,092)
Trait de côte, part de plages de poche		0,182* (0,101)		0,138 (0,095)		0,277 (0,202)		0,123 (0,200)
Trait de côte, part artificialisée		0,197** (0,091)		0,101 (0,074)		0,083 (0,110)		-0,003 (0,125)
Trait de côte, part du linéaire portuaire		0,119 (0,074)		0,117 (0,081)		0,058 (0,100)		0,065 (0,111)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Contrôles, modèle de demande	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	34 460	34 460	768	768	34 450	34 450	765	765
Adjusted R <sup>2</sup>	0,458	0,458	0,688	0,692	0,405	0,405	0,566	0,567

Note:

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

Ces estimations se distinguent des **Tableau 9** et **Tableau 10** quant à l'effet de la variable indicatrice du littoral. En estimant l'effet de la longueur du trait de côte vis-à-vis du niveau moyen des dépenses de l'ensemble des communes (de France métropolitaine), l'indicatrice du littoral a un effet estimé négatif à interpréter avec précaution (cf. colonnes (1), (2), (5) et (6)). En effet, une interprétation naïve de ce coefficient conduirait à conclure qu'en moyenne, les communes littorales ont des dépenses par habitant plus faibles que les autres communes, non littorales, à caractéristiques identiques. Cependant, ces caractéristiques identiques comprendraient la longueur du trait de côte ; or, il est par définition impossible pour une commune non littorale de disposer d'un trait de côte. En réalité, la variable longueur du trait de côte comporte deux dimensions, à savoir (i) la caractéristique « être une commune littorale », mesurée (partiellement) par la variable indicatrice, et (ii) l'élasticité de la longueur du trait de côte mesurée uniquement pour les communes littorales. Dans les spécifications comprenant conjointement la variable indicatrice du littoral et la longueur du trait de côte, le coefficient estimé pour la variable indicatrice du littoral permet uniquement d'isoler l'élasticité de la longueur du trait de côte, dans la mesure où ces deux variables sont inévitablement corrélées. A titre de test de robustesse, une spécification alternative a été considérée, en omettant uniquement la variable indicatrice du littoral. Il en ressort que l'effet de la variable longueur du trait de côte (qui dans ce cas capte l'interaction des deux dimensions « être une commune littorale » et « longueur du trait de côte ») demeure significatif et positif, avec un coefficient estimé de 0,008 et 0,009 pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement<sup>139</sup>.

#### **4.3. Les dépenses intercommunales sont également affectées par la nature du trait de côte**

Les résultats, présentés dans le **Tableau 12**, sont globalement cohérents avec ceux du modèle conditionnel (**Tableau 11**). Plus précisément, la longueur du trait de côte est également un facteur significatif des dépenses de fonctionnement du bloc communal (communes + EPCI), avec un effet positif. Concernant les dépenses d'investissement, tout comme le modèle conditionnel, cet effet est significatif uniquement sur l'échantillon global des communes (toutes les communes de France métropolitaine, colonne (3) du **Tableau 12**). L'une des différences majeures réside dans la significativité, au seuil de 5%, de l'effet du statut de station de tourisme pour les communes littorales (terme d'interaction), sur les dépenses d'investissement (colonne (3) du **Tableau 12**) ; non-significatif dans le modèle conditionnel (**Tableau 11**, colonne (6)). Enfin, la prépondérance relative de certaines natures du trait de côte apparaît significative sur les dépenses du bloc communal. Il s'agit de l'effet de la part des côtes artificialisées sur les dépenses d'investissement (uniquement pour l'échantillon global, colonne (3)), et pour les dépenses de fonctionnement, de la part des falaises de moins de 20m, de la part des côtes artificialisées, de la part des côtes portuaires (colonnes (1) et (2)), ainsi que de la part des côtes de plage (pour cette dernière, uniquement pour l'échantillon global, colonne (1)).

---

<sup>139</sup> Ces estimations ne sont pas présentées dans cette section par souci de concision.

**Tableau 12: Régressions des dépenses consolidées du bloc communes et EPCI**

	Fonctionnement		Investissement	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Littorale	-0,694*** (0,088)		-0,473*** (0,148)	
Ile	0,598*** (0,149)	0,536*** (0,136)	0,770*** (0,180)	0,616*** (0,192)
Montagne	0,179*** (0,005)	0,200*** (0,055)	0,306*** (0,008)	0,098 (0,091)
Corse	0,173*** (0,019)	-0,067 (0,054)	0,231*** (0,036)	0,057 (0,089)
Station de tourisme	0,182*** (0,025)	0,105*** (0,027)	0,106*** (0,033)	0,039 (0,040)
Montagne X Station de tourisme	0,529*** (0,060)	0,081 (0,106)	0,342*** (0,067)	-0,007 (0,164)
Littorale X Station de tourisme	0,064* (0,037)		0,119** (0,048)	
log(Longueur trait de côte)	0,077*** (0,010)	0,050*** (0,011)	0,053*** (0,017)	0,030* (0,018)
Trait de côte, part des falaises >20m	0,169*** (0,039)	0,175*** (0,043)	0,068 (0,069)	0,125* (0,076)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,013 (0,047)	0,001 (0,051)	-0,044 (0,073)	-0,035 (0,080)
Trait de côte, part de plages	0,137*** (0,035)	0,072* (0,040)	0,111* (0,059)	0,019 (0,066)
Trait de côte, part de plages de poche	0,076 (0,087)	0,116 (0,081)	0,090 (0,162)	-0,012 (0,163)
Trait de côte, part artificialisée	0,214*** (0,073)	0,166*** (0,057)	0,260*** (0,087)	0,165* (0,091)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,154** (0,060)	0,147** (0,063)	0,133* (0,075)	0,090 (0,081)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 460	768	34 460	768
Adjusted R <sup>2</sup>	0,522	0,700	0,395	0,537

#### 4.4. Un long trait de côte est associé à un surplus de dépenses en frais de personnel et achats et charges externes (*Résultat H2*)

Une désagrégation des dépenses communales permet d'identifier les canaux par lesquels les caractéristiques physiques du littoral se manifestent. Pour ce faire, nous recourons à la nomenclature des dépenses par nature.

Le **Tableau 13** et le **Tableau 14** résument les résultats des régressions des principales dépenses d'après la nomenclature par nature, pour l'ensemble des communes et pour les communes littorales, respectivement. Globalement, à l'échelle de l'ensemble des communes (**Tableau 13**), la localisation en zone de montagne et la longueur du trait de côte demeurent des facteurs significatifs pour chacune des natures de dépenses de fonctionnement considérées (colonnes (1) à (3)). L'effet du classement en station de tourisme quant à lui varie selon la nature des dépenses et selon les communes (communes littorales, communes de montagne, ou effet moyen global). En considérant exclusivement l'échantillon des communes littorales, l'effet de la longueur du trait de côte sur les dépenses d'intervention perd sa significativité (**Tableau 14**, colonne (3)). Il en est de même pour l'effet des différentes natures du trait de côte, à l'exception la part du trait de côte artificialisée qui conserve un impact significatif sur les dépenses de frais de personnel.

Concernant les dépenses d'équipement (représentant l'essentiel des dépenses d'investissement), les résultats indiquent certains effet contre-intuitifs. Il s'agit principalement de la longueur du trait de côte et du classement en station de tourisme qui présentent chacun un coefficient négatif. Cela pourrait être dû à une forme d'endogénéité dans notre modèle, liée au caractère cumulatif des équipements communaux. L'endogénéité pourrait provenir du fait que ces communes (classées station de tourisme et/ou celles dont la longueur du trait de côte est importante) aient réalisé l'essentiel des dépenses d'équipement nécessaires (donc, constitué un stock d'équipement) en amont de la période d'observation de la présente étude<sup>140</sup> ; expliquant ainsi la relation négative entre un besoin en stock d'équipement et le flux observé de dépenses d'équipement observé sur cette période. En vue de contrôler cette endogénéité, nous avons introduit, à l'aide des données de la base permanente des équipements (BPE), un ensemble de variables contrôlant le nombre d'équipements à caractère récréatifs et facteurs d'aménités (notamment les équipements sportifs dont les activités nautiques et de baignade, ainsi que les boucles de randonnées<sup>141</sup>). Les estimations montrent qu'une fois ces stocks d'équipements contrôlés, le classement en station de tourisme et la longueur du trait de côte n'ont pas d'impact significatif sur les dépenses d'équipement. Les effets sur les dépenses de fonctionnement par nature (frais de personnel, achats et charges externes et dépenses d'intervention) demeurent toutefois robustes. Les résultats sont présentés en annexe (**Tableau A. 16** et **Tableau A. 17**).

<sup>140</sup> 2017-2019 pour les dépenses d'investissement.

<sup>141</sup> Les équipements récréatifs ont été sélectionnés sur la base de leur substituabilité potentielle avec les aménités issues du littoral.

**Tableau 13: Régressions des dépenses par nature par habitant (communes métropolitaines)**

	Personnel (1)	- Achats et charges ext... (2)	Dép. d'interv. - (3)	Dép. d'équip (4)
Littorale	-0,503*** (0,137)	-0,784*** (0,140)	-0,966*** (0,291)	0,683** (0,284)
Ile	0,958*** (0,186)	0,887*** (0,181)	0,300 (0,258)	2,131*** (0,296)
Montagne	0,158*** (0,010)	0,324*** (0,008)	0,127*** (0,016)	0,522*** (0,016)
Corse	0,471*** (0,046)	0,232*** (0,030)	0,021 (0,050)	-0,079 (0,061)
Station de tourisme	0,031 (0,040)	0,192*** (0,034)	0,749*** (0,064)	-0,325*** (0,063)
Montagne X Station de tourisme	0,728*** (0,077)	0,578*** (0,076)	0,583*** (0,118)	-0,117 (0,092)
Littorale X Station de tourisme	0,136** (0,057)	0,073 (0,051)	-0,187** (0,094)	0,306*** (0,092)
log(Longueur trait de côte)	0,061*** (0,015)	0,088*** (0,016)	0,090*** (0,032)	-0,118*** (0,033)
Trait de côte, part des falaises >20m	0,153** (0,065)	0,063 (0,066)	0,214 (0,134)	0,028 (0,122)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,111* (0,067)	-0,122* (0,073)	0,076 (0,136)	0,077 (0,137)
Trait de côte, part de plages	0,090 (0,055)	0,163*** (0,058)	0,263** (0,116)	-0,219** (0,103)
Trait de côte, part de plages de poche	-0,037 (0,121)	0,226* (0,137)	0,175 (0,272)	0,379 (0,294)
Trait de côte, part artificialisée	0,297** (0,119)	0,082 (0,092)	0,437** (0,178)	0,126 (0,163)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	-0,082 (0,096)	-0,011 (0,089)	0,719*** (0,182)	0,190 (0,162)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Contrôles, modèle de demande	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	34 287	34 460	34 406	34 412
Adjusted R <sup>2</sup>	0,425	0,327	0,078	0,713

Note:

p<0,1; \*p<0,05; \*\*\*p<0,01

**Tableau 14: Régressions des dépenses par nature par habitant (communes littorales)**

	Personnel (1)	- Achats et charges ext. (2)	Dép d'interv. (3)	-Dép. d'équip (4)
Ile	0,659*** (0,185)	0,678*** (0,179)	0,625*** (0,202)	1,771*** (0,389)
Montagne	0,076 (0,081)	0,279*** (0,091)	0,347** (0,139)	0,165 (0,174)
Corse	0,115 (0,084)	0,025 (0,084)	0,084 (0,125)	0,159 (0,175)
Station de tourisme	0,110*** (0,038)	0,126*** (0,041)	0,062 (0,075)	-0,240*** (0,082)
Montagne X Station de tourisme	0,040 (0,136)	0,103 (0,224)	-0,065 (0,227)	0,068 (0,361)
log(Longueur trait de côte)	0,067*** (0,016)	0,063*** (0,019)	-0,041 (0,035)	-0,160*** (0,035)
Trait de côte, part des falaises >20m	0,119* (0,069)	0,020 (0,079)	0,102 (0,141)	0,026 (0,143)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,040 (0,076)	-0,139 (0,085)	-0,108 (0,150)	-0,101 (0,151)
Trait de côte, part de plages	-0,006 (0,064)	0,032 (0,065)	0,016 (0,121)	-0,366*** (0,121)
Trait de côte, part de plages de poche	0,123 (0,117)	0,171 (0,134)	-0,200 (0,280)	-0,026 (0,278)
Trait de côte, part artificialisée	0,183** (0,084)	-0,036 (0,087)	0,292* (0,173)	-0,062 (0,182)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,122 (0,091)	0,030 (0,097)	0,161 (0,193)	-0,079 (0,193)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	768	768	768	765
Adjusted R <sup>2</sup>	0,691	0,568	0,378	0,798

Note:

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

Alternativement à la nomenclature par nature, la nomenclature par fonction peut être mobilisée afin d'identifier les canaux par lesquels les spécificités du littoral affectent les dépenses communales. L'avantage de recourir à la nomenclature par fonction est qu'elle permet de ventiler les dépenses locales par rubriques de services publics de manière explicite (par exemple montants des dépenses à destination des services généraux des administrations publiques locales, de la sécurité et la salubrité publique, de l'enseignement et la formation, de la culture, etc.). Les régressions ont été implémentées sur 4 rubriques

de dépenses par fonction, à savoir les dépenses de sécurité et salubrité publique (fonction 1), les dépenses d'aménagement, services urbains et d'environnement (fonction 8), les dépenses culturelles (fonction 3), ainsi que les dépenses pour la jeunesse et le sport (fonction 4). Cette sélection permet d'identifier les dépenses engagées dans le cadre de l'aménagement et du dimensionnement des infrastructures de bases du fait de l'attractivité du littoral (fonctions 1 et 8) et celles nécessaires à la fourniture d'aménités (fonction 3 et 4). De plus, en dehors des services généraux des administrations publiques locales (fonction 0) et des dépenses de formation et enseignement (fonction 2), ces fonctions de dépenses occupent les parts les plus importantes des budgets des communes (OFGL, Observatoire des finances locales, 2015). Cette nomenclature présente toutefois certains inconvénients, à savoir la non-obligation pour les communes de moins de 3 500 habitants de s'y référer, ou encore l'hétérogénéité entre les communes des pratiques d'imputation des dépenses à chacune des fonctions.

Les régressions appliquées aux communes de plus de 3 500 habitants n'ont révélé aucun effet significatif<sup>142</sup> lié au littoral, l'essentiel des dépenses par fonction étant expliqué par les variables de contrôle issues du modèle de demande et de la base permanente des équipements. D'une part, l'absence de significativité des spécificités du littoral sur les dépenses par fonction peut être due au fait que cette nomenclature ne distingue pas les dépenses de fonctionnement des dépenses d'investissement (les effets du littoral étant non significatifs sur les dépenses d'équipement dans la plupart des spécifications présentées plus haut). Afin de contourner cette contrainte, des travaux supplémentaires devraient considérer une identification des dépenses par fonction selon leur nature c'est-à-dire par sous-postes de dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement. D'autre part, l'absence de significativité peut être due à l'hétérogénéité des pratiques d'imputations des dépenses aux différentes fonctions. Pour ces raisons, les estimations sur les dépenses par fonction ne sont pas présentées.

En somme, un long trait de côte est associé à un surplus de dépenses en frais de personnel et achats et charges externes pour les communes littorales. Concernant les frais de personnel, il pourrait s'agir essentiellement de dépenses liées à l'entretien du littoral aménagé (comme le confirme l'effet de la part du trait de côte artificialisé) par analogie aux dépenses d'entretien de la voirie communale<sup>143</sup>. **Il existe donc une relation de complémentarité entre la longueur du trait de côte et les charges de personnel intervenant dans la fourniture des services publics locaux (H2).** Pour ce qui est des achats et charges externes, le surplus de dépenses pourrait en partie être le fait des études d'observations et autres prestations de services permettant notamment de préparer les mesures d'adaptation face aux aléas côtiers. La sous-section suivante explore cette piste en intégrant les aléas d'érosion et de submersion marine (zones basses) aux régressions.

---

<sup>142</sup> Par concision, les résultats de ces régressions ne sont pas présentés.

<sup>143</sup> Bien que les EPCI se substituent de plus en plus aux communes pour divers services publics tels que la gestion de la voirie, ces dernières demeurent le principal employeur du bloc communal en employant près de 5 fois plus (en effectifs et en dépenses de frais de personnel) que leurs groupements (Delpech, 2017).

#### **4.5. Les dépenses induites par l'érosion des côtes sont significatives (Résultat H1), quand l'exposition à la submersion marine n'a pas d'impact budgétaire**

En plus de fournir un ensemble d'aménités naturelles, les littoraux sont soumis à des aléas dont l'ampleur et la sévérité sont exacerbées par le changement climatique et la hausse du niveau de la mer. Les communes littorales, en première ligne face à ces aléas, adaptent l'aménagement de leurs côtes en vue d'accroître leur résilience, soit par la construction d'ouvrages de protection (brise-lames, digues côtières, etc.) soit par l'observation et l'étude de ces phénomènes. De ce fait, cette section examine si l'exposition aux aléas côtiers, que sont l'érosion et la submersion marine, constitue un facteur significatif de dépenses pour les communes littorales, et dans quelle mesure ces aléas contribuent à distinguer leur niveau de dépenses des autres communes, non-côtières ou non exposées.

Les tableaux ci-après synthétisent les résultats des estimations. L'érosion du trait de côte (**Tableau 15** et **Tableau 16** pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement) est mesurée par la part du trait de côte en recul, quand la submersion marine est mesurée par la part du territoire communal en zone basse (**Tableau 17** et **Tableau 18**). Dans chacun des tableaux, les régressions des colonnes (1) et (3) considèrent l'exposition globale à l'aléa, quand les colonnes (2) et (4) en intègrent la sévérité.

Il en ressort que si l'ampleur de l'érosion du trait de côte est un facteur significatif des dépenses de fonctionnement, la sévérité ne semble pas y contribuer. Plus précisément, à longueur de trait de côte donnée, plus la part du trait de côte soumis à l'érosion est importante, plus les dépenses de fonctionnement par habitant sont élevées. En moyenne, les communes littorales dont la part du trait de côte soumis à l'érosion est plus importante d'**un point de pourcentage font face à des dépenses de fonctionnement par habitant plus importantes d'environ 20%** (21,4% sur l'échantillon de l'ensemble des communes métropolitaines, contre 19,6% sur l'échantillon des communes littorales). Toutefois, la sévérité du recul (taux annuels moyen d'évolution) ne semble pas affecter de manière significative les dépenses de fonctionnement (colonnes (2) et (4)). Concernant les dépenses d'investissement, seule l'exposition à un recul entre 1,5 et 3 m/an contribue significativement à expliquer l'écart de dépenses moyen parmi les communes littorales. A l'échelle de l'ensemble des communes, seule l'exposition globale semble affecter les dépenses d'investissement.

Des régressions supplémentaires, conduites sur les dépenses communales par nature, ont montré que l'effet de l'ampleur de l'érosion (part du trait de côte en recul) se manifeste exclusivement sur les achats et charges externes, les effets étant non significatifs sur les autres natures de dépenses de fonctionnement et sur les dépenses d'équipement. Pour rappel, les achats et charges externes comprennent, entre autres, les achats d'études et prestations de services, ou encore les dépenses d'entretien et de réparation visant à maintenir la bonne utilisation des actifs sans entraîner une appréciation de leur valeur. Les résultats, disponibles en annexe (**Tableau A. 18**), **confirment donc l'hypothèse selon laquelle les dépenses d'observation et d'étude de l'évolution du trait de côte, ainsi que celles engagées pour le maintien des ouvrages et aménagements à proximité de la côte, constituent des charges significatives pour les communes littorales (H1)**. Cependant la non significativité des effets de la sévérité de l'érosion est

potentiellement due au fait que cette dernière ne représente que l'échéance (c'est-à-dire à quelle vitesse le territoire se rapproche-t-il) d'un épisode de catastrophe sans affecter le type ou la nature de la mesure d'adaptation (ex. une protection par un ouvrage donné suffirait à fixer le trait de côte quelle que soit sa vitesse de recul).

L'exposition au risque de submersion marine, mesuré ici par l'ampleur des zones basses, n'a pas d'effet robuste sur les dépenses. En effet, de toutes les spécifications, à savoir les régressions des dépenses de fonctionnement ou d'investissement, celles considérant l'ampleur (part totale du territoire communal en zone basse) ou la sévérité (niveau faible, moyen, ou fort), l'échantillon des communes métropolitaines ou celui des communes littorales, seul un coefficient apparaît significatif en dessous du seuil de 5%. Il s'agit de l'effet de la part des zones basses de niveau faible sur les dépenses de fonctionnement avec l'échantillon des communes métropolitaines (**Tableau 17**, colonne (2)). L'absence d'effet robuste des zones basses sur les dépenses publiques locales peut être expliquée par la faible perception du risque de submersion en 2019. En l'absence d'évènements d'inondation ou de submersion, il est difficile pour les élus et les populations locales d'observer l'exposition de leur territoire à cet aléa qui se montre moins prévisible et moins perceptible que le recul des côtes (CGEDD - IGA - IGF, 2019). Une autre explication plausible serait liée à l'éligibilité de l'aléa de submersion marine au régime de catastrophe naturelle financé par le fonds Barnier. Dans la mesure où des communes soumises à d'autres types d'aléas et de catastrophes naturelles bénéficient du même dispositif et des mêmes conditions d'indemnisation que celles soumises à la submersion marine (en zones basses), il est possible que, même s'il existe une corrélation entre cet aléa côtier et les dépenses communales, celle-ci ne constitue pas un niveau de charge statistiquement différent de celui des autres communes. Par exemple, pour un niveau d'exposition à l'aléa submersion marine donné, une commune littorale pourrait bénéficier d'une indemnisation par le fonds Barnier (déterminée par le coût de la mesure d'adaptation et le plafond du dispositif, cf. section 2.3) dont le montant perçu pourrait correspondre au montant perçu par une autre commune, non exposée à l'aléa submersion marine, au titre d'un autre aléa/catastrophe naturelle. Des analyses plus poussées devraient être dédiées à l'évaluation de la capacité du fonds Barnier à homogénéiser les coûts de prévention et d'adaptation aux catastrophes naturelles entre les territoires. Cependant, dans notre cas, il s'agit de l'une des pistes justifiant que **l'aléa de submersion marine ne constitue pas un facteur de charges supplémentaires pour les communes littorales.**

**Tableau 15: Recul du trait de côte (dépenses de fonctionnement)**

	<i>Dependent variable:</i>			
	log(Dépenses de fonctionnement/hab.)			
	Ampleur de l'érosion – Métropole (1)	Sévérité de l'érosion – Métropole (2)	Ampleur de l'érosion – Littoral (3)	Sévérité de l'érosion – Littoral (4)
Littorale	-1,003*** (0,130)	-0,989*** (0,133)		
Ile	0,747*** (0,160)	0,748*** (0,160)	0,627*** (0,161)	0,628*** (0,161)
Montagne	0,231*** (0,006)	0,231*** (0,006)	0,232*** (0,072)	0,231*** (0,073)
Corse	0,242*** (0,024)	0,242*** (0,024)	-0,002 (0,073)	-0,001 (0,073)
Station de tourisme	0,246*** (0,029)	0,246*** (0,029)	0,112*** (0,033)	0,112*** (0,033)
Montagne X Station de tourisme	0,589*** (0,070)	0,589*** (0,070)	0,054 (0,153)	0,055 (0,153)
Littorale X Station de tourisme	0,050 (0,044)	0,049 (0,044)		
log(Longueur trait de côte)	0,105*** (0,015)	0,103*** (0,015)	0,067*** (0,015)	0,066*** (0,017)
Trait de côte, part des falaises >20m	0,129** (0,057)	0,133** (0,057)	0,125** (0,061)	0,127** (0,062)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,062 (0,064)	-0,058 (0,064)	-0,068 (0,068)	-0,067 (0,069)
Trait de côte, part de plages	0,134** (0,059)	0,134** (0,059)	0,036 (0,061)	0,035 (0,062)
Trait de côte, part de plages de poche	0,255** (0,108)	0,256** (0,108)	0,249** (0,100)	0,249** (0,102)
Trait de côte, part artificialisée	0,255*** (0,095)	0,254*** (0,095)	0,143* (0,075)	0,142* (0,075)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,168** (0,079)	0,172** (0,079)	0,148* (0,084)	0,149* (0,084)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Dummy (Trait de côte soumis à érosion)	-0,001 (0,035)	-0,003 (0,035)	0,037 (0,032)	0,036 (0,033)
Recul du trait de côte (part)	0,214** (0,086)		0,196*** (0,069)	

Recul entre 0.1 et 0.5 m/an (part)	0,192*	0,182*
	(0,109)	(0,107)
Recul entre 0.5 et 1.5 m/an (part)	0,218	0,209*
	(0,145)	(0,121)
Recul entre 1.5 et 3 m/an (part)	0,220	0,182
	(0,309)	(0,235)
Recul supérieur à 3 m/an (part)	0,496	0,270
	(0,496)	(0,482)

<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 417	34 417	725	725
Adjusted R <sup>2</sup>	0,458	0,458	0,696	0,695

*Note:*

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

**Tableau 16: Recul du trait de côte (dépenses d'investissement)**

	<i>Dependent variable:</i>			
	log(Dépenses d'investissement/hab.)			
	Ampleur de l'érosion – Métropole (1)	Sévérité de l'érosion – Métropole (2)	Ampleur de l'érosion – Littoral (3)	Sévérité de l'érosion – Littoral (4)
Littorale	-0,628*** (0,238)	-0,591** (0,246)		
Ile	0,916*** (0,201)	0,917*** (0,201)	0,707*** (0,240)	0,706*** (0,161)
Montagne	0,330*** (0,011)	0,330*** (0,011)	0,159 (0,115)	0,156** (0,073)
Corse	0,296*** (0,042)	0,296*** (0,042)	0,163 (0,118)	0,164** (0,073)
Station de tourisme	0,141*** (0,035)	0,141*** (0,035)	0,003 (0,050)	0,005 (0,033)
Montagne X Station de tourisme	0,291*** (0,068)	0,291*** (0,068)	-0,068 (0,184)	-0,067 (0,153)
Littorale X Station de tourisme	0,039 (0,054)	0,042 (0,054)		
log(Longueur trait de côte)	0,077*** (0,026)	0,073*** (0,027)	0,035 (0,023)	0,031* (0,017)
Trait de côte, part des falaises >20m	-0,182* (0,104)	-0,174* (0,105)	-0,076 (0,117)	-0,068 (0,062)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,232** (0,109)	-0,230** (0,109)	-0,212* (0,116)	-0,208*** (0,069)
Trait de côte, part de plages	-0,129 (0,107)	-0,134 (0,107)	-0,186* (0,111)	-0,187*** (0,062)
Trait de côte, part de plages de poche	0,236 (0,213)	0,231 (0,213)	0,139 (0,213)	0,141 (0,102)
Trait de côte, part artificialisée	0,061 (0,124)	0,057 (0,125)	0,007 (0,131)	0,002 (0,075)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,020 (0,114)	0,022 (0,114)	0,035 (0,128)	0,034 (0,084)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.

Dummy (Trait de côte soumis à érosion)	-0,056 (0,052)	-0,066 (0,055)	-0,046 (0,052)	-0,053 (0,033)
Recul du trait de côte (part)	0,225** (0,114)		0,199* (0,103)	
Recul entre 0.1 et 0.5 m/an (part)		0,147 (0,168)		0,137 (0,107)
Recul entre 0.5 et 1.5 m/an (part)		0,240* (0,144)		0,199* (0,121)
Recul entre 1.5 et 3 m/an (part)		0,758 (0,469)		0,718*** (0,235)
Recul supérieur à 3 m/an (part)		-0,021 (0,496)		-0,078 (0,482)

---

<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 407	34 407	722	722
Adjusted R <sup>2</sup>	0,405	0,405	0,568	0,567

---

*Note:*

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

**Tableau 17: Ampleur des zones basses (dépenses de fonctionnement)**

	<i>Dependent variable:</i>			
	log(Dépenses de fonctionnement/hab.)			
	Ampleur des zones basses – Métropole (1)	Sévérité des zones basses – Métropole (2)	Ampleur des zones basses – Littoral (3)	Sévérité des zones basses – Littoral (4)
Littorale	-0,855*** (0,112)	-0,847*** (0,113)		
Ile	0,732*** (0,160)	0,704*** (0,163)	0,633*** (0,168)	0,629*** (0,169)
Montagne	0,231*** (0,006)	0,231*** (0,006)	0,228*** (0,071)	0,229*** (0,071)
Corse	0,246*** (0,024)	0,248*** (0,024)	-0,032 (0,077)	-0,030 (0,077)
Station de tourisme	0,246*** (0,029)	0,246*** (0,029)	0,108*** (0,034)	0,107*** (0,034)
Montagne X Station de tourisme	0,589*** (0,070)	0,590*** (0,070)	0,079 (0,147)	0,081 (0,147)
Littorale X Station de tourisme	0,053 (0,044)	0,034 (0,045)		
log(Longueur trait de côte)	0,093*** (0,013)	0,093*** (0,013)	0,055*** (0,015)	0,056*** (0,015)
Trait de côte, part des falaises >20m	0,140*** (0,054)	0,143*** (0,054)	0,122** (0,059)	0,123** (0,059)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,063 (0,060)	-0,059 (0,060)	-0,084 (0,066)	-0,084 (0,066)
Trait de côte, part de plages	0,168*** (0,049)	0,146*** (0,049)	0,044 (0,052)	0,042 (0,052)
Trait de côte, part de plages de poche	0,215** (0,103)	0,226** (0,103)	0,137 (0,095)	0,140 (0,096)
Trait de côte, part artificialisée	0,176* (0,099)	0,214** (0,100)	0,065 (0,076)	0,071 (0,078)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,119 (0,074)	0,106 (0,074)	0,107 (0,079)	0,108 (0,079)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.

Dummy (absence de zones basses)	0,026 (0,032)	0,046 (0,033)	-0,057* (0,032)	-0,051 (0,033)
Zones basses (part)	0,312* (0,165)		0,086 (0,146)	
Zones basses, faibles (part)		2,153*** (0,816)		0,563 (0,755)
Zones basses, moyennes (part)		0,316 (0,439)		-0,077 (0,419)
Zones basses, fortes (part)		-0,173 (0,261)		0,071 (0,246)

---

<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 460	34 460	768	768
Adjusted R <sup>2</sup>	0,458	0,458	0,694	0,693

---

*Note:*

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

**Tableau 18: Ampleur des zones basses (dépenses d'investissement)**

	<i>Dependent variable:</i>			
	log(Dépenses d'investissement/hab.)			
	Ampleur des zones basses – Métropole (1)	Sévérité des zones basses – Métropole (2)	Ampleur des zones basses – Littoral (3)	Sévérité des zones basses – Littoral (4)
Littorale	-0,549*** (0,203)	-0,541*** (0,204)		
Ile	0,893*** (0,200)	0,879*** (0,206)	0,699*** (0,239)	0,698*** (0,240)
Montagne	0,329*** (0,011)	0,329*** (0,011)	0,115 (0,113)	0,114 (0,113)
Corse	0,308*** (0,043)	0,310*** (0,043)	0,193 (0,122)	0,197 (0,123)
Station de tourisme	0,141*** (0,035)	0,141*** (0,035)	0,014 (0,051)	0,013 (0,051)
Montagne X Station de tourisme	0,291*** (0,068)	0,291*** (0,068)	-0,033 (0,181)	-0,031 (0,181)
Littorale X Station de tourisme	0,048 (0,054)	0,039 (0,054)		
log(Longueur trait de côte)	0,067*** (0,022)	0,067*** (0,022)	0,024 (0,022)	0,023 (0,022)
Trait de côte, part des falaises >20m	-0,057 (0,092)	-0,057 (0,092)	-0,013 (0,110)	-0,012 (0,110)
Trait de côte, part des falaises <20m	-0,111 (0,096)	-0,108 (0,096)	-0,156 (0,109)	-0,154 (0,109)
Trait de côte, part de plages	0,029 (0,079)	0,018 (0,080)	-0,098 (0,093)	-0,101 (0,093)
Trait de côte, part de plages de poche	0,336* (0,204)	0,341* (0,204)	0,135 (0,202)	0,137 (0,202)
Trait de côte, part artificialisée	0,071 (0,111)	0,094 (0,113)	-0,018 (0,127)	-0,007 (0,128)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,060 (0,099)	0,053 (0,099)	0,065 (0,110)	0,064 (0,109)
Trait de côte, part des côtes vaseuses	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.

Dummy (absence de zones basses)	0,083*	0,092**	0,014	0,016
	(0,044)	(0,045)	(0,050)	(0,050)
Zones basses (part)	0,405*		0,182	
	(0,228)		(0,254)	
Zones basses, faibles (part)		1,112		0,131
		(0,873)		(0,880)
Zones basses, moyennes (part)		0,632		0,491
		(0,643)		(0,731)
Zones basses, fortes (part)		0,078		0,009
		(0,331)		(0,354)

---

<i>Contrôles, modèle de demande</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	34 450	34 450	765	765
Adjusted R <sup>2</sup>	0,405	0,405	0,566	0,565

---

*Note:*

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

#### **4.6. Suggestions pour les futurs travaux**

Les résultats présentés tout au long de cette section (4) constituent à notre connaissance les premiers travaux dans la littérature économique permettant d'associer l'exposition à l'aléa d'érosion à une hausse des dépenses communales de fonctionnement. Ils contribuent donc à affirmer que les dépenses d'aménagement et d'adaptation du littoral sont une classe de dépenses locales insuffisamment étudiée jusqu'à présent, mais dont la pertinence ne devrait être que croissante, du fait des effets à venir du changement climatique. La stratégie empirique appliquée n'est toutefois pas exempte de limites qu'il conviendrait de combler afin d'objectiver les résultats obtenus.

Premièrement, les estimations ne distinguent pas, parmi les communes littorales exposées aux aléas, celles qui ont effectivement entrepris des projets d'adaptation. Des estimations ultérieures pourraient être menées afin de tester la robustesse de l'effet des aléas côtiers sur les dépenses, notamment en contrôlant par le nombre d'ouvrages de protection du trait de côte, par l'existence de stratégie de prévention (PPRL prescrits ou approuvés), ou, si disponible, par le nombre de projets d'adaptations entrepris. Deuxièmement, le transfert ou non de la compétence GeMAPI de la commune vers l'EPCI, ainsi que le prélèvement de la taxe correspondante, devraient être pris en compte dans des estimations additionnelles. Dans la mesure où l'adaptation à l'aléa de submersion marine constitue l'une des obligations de la compétence GeMAPI, il conviendrait d'identifier, pour chacun des ensembles intercommunaux<sup>144</sup>, l'échelon doté de la compétence afin de limiter les biais dans les estimations à l'échelle communale (modèle conditionnel de dépenses).

Enfin, comme l'a montré l'abondance de travaux empiriques sur les effets des catastrophes naturelles sur les dépenses locales, les collectivités locales adoptent le plus souvent des mesures de réponse (Rasmussen et al., 2021), dont les dépenses induites s'étalent généralement sur plusieurs années après la catastrophe (Morvan, 2022), plutôt que des mesures de prévention. Or, les estimations dans ce chapitre ne sont menées que sur une année d'observation<sup>145</sup>. Bien que les variables mesurant les aléas et les caractéristiques géomorphologiques du littoral soient observées en coupe instantanée, il conviendrait de recourir à des régressions sur données de panel (avec les dépenses communales et les variables de contrôle observées sur plusieurs périodes) afin de s'assurer que les effets estimés relèvent effectivement de l'exposition aux aléas (et donc à des charges récurrentes) et non de la réponse à un sinistre antérieur, ou encore qu'ils ne constituent pas une particularité de l'année d'étude.

### **5. Conclusion et implications de politiques publiques**

Les mesures d'adaptation aux aléas et évolutions du littoral, menées par les communes et leurs groupements, contribuent à la pérennisation des services publics locaux. Bien que les projections des

---

<sup>144</sup> Un ensemble intercommunal désigne le chevauchement d'une commune et de son EPCI d'appartenance.

<sup>145</sup> Coupe instantanée en 2019 pour les dépenses de fonctionnement et une moyenne sur 2017-2019 pour les dépenses d'investissement.

trajectoires climatiques futures garantissent une hausse des coûts nécessaires à l'adaptation, ceux-ci demeurent peu documentés, rendant ainsi difficile l'estimation des besoins de financement. Le présent chapitre contribue à une meilleure compréhension des coûts supportés par les communes littorales et leurs groupements, en évaluant empiriquement la relation entre leurs dépenses et leur exposition aux aléas côtiers, ainsi que les caractéristiques géomorphologiques du trait de côte.

Premièrement, les résultats montrent que le trait de côte est un facteur significatif des dépenses de fonctionnement, mais que son effet n'est pas robuste pour les dépenses d'investissement. Plus la longueur du trait de côte est importante, plus les communes littorales supportent des dépenses de fonctionnement par habitant élevées, notamment en frais de personnel et en achats et charges externes. A longueur de trait de côte donnée, les achats et charges externes augmentent avec l'ampleur du trait de côte en érosion, quand les frais de personnel augmentent avec la part du trait de côte artificialisé. Ces résultats semblent indiquer que le trait de côte constitue un facteur de charges récurrentes pour les communes littorales, avec d'une part, par analogie avec la voirie communale, les dépenses liées au personnel intervenant dans l'entretien du littoral artificialisé, et d'autre part, les dépenses nécessaires à la réalisation d'études et de recherches permettant d'anticiper et de s'adapter aux évolutions du trait de côte. Deuxièmement, l'exposition à l'aléa de submersion marine, mesurée par l'ampleur et le niveau des zones basses, ne semble pas être associée de manière robuste à des dépenses communales et intercommunales plus élevées que la moyenne. Des travaux supplémentaires devraient être menés afin d'identifier de manière robuste la cause de cette absence de relation.

Plus globalement, le chapitre contribue à promouvoir une gouvernance plus vertueuse de l'adaptation aux évolutions côtières, en mettant en phase « les prérogatives et les moyens des différents acteurs »<sup>146</sup>. Concernant les moyens financiers, les résultats confirment la nécessité d'établir un dispositif d'accompagnement dédié aux projets d'adaptation aux évolutions du trait de côte, tel que le fonds d'aide à la recomposition du littoral ou le fonds d'aménagement littoral envisagés par la mission inter-inspection et la mission parlementaire de 2019 (Buchou, 2019; CGEDD - IGA - IGF., 2019). Cinq années après ces restitutions, le FARL/FAL n'a toujours pas été mis en place. En attendant, le Fonds d'accélération de la transition écologique dans les territoires, appelé « Fonds vert » permet de combler, entre autres, ce besoin depuis janvier 2023 (Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2024a). Toutefois, le recours à ce fonds n'est pas encore généralisé, l'éligibilité de certains projets dépendant de l'adhésion des communes à la liste « Climat et résilience » (Décret n° 2022-750 du 29 avril 2022 établissant la liste des communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées aux phénomènes hydrosédimentaires entraînant l'érosion du littoral). En effet, bien que cette liste ait vocation à promouvoir l'adaptation des politiques d'aménagement aux phénomènes hydrosédimentaires entraînant l'érosion du littoral, plusieurs communes craignent de devoir assumer une nouvelle compétence sans contrepartie financière pérenne.

---

<sup>146</sup> L'OCDE (OCDE, 2019c) énonce quatre principes que devrait respecter un cadre d'action en faveur de l'adaptation des zones côtières pour permettre de relever les défis évoqués. Il s'agit de la participation des parties prenantes sur le fond et à un stade précoce, la prévision de l'avenir afin d'éviter l'enfermement dans des trajectoires non viables, la mise en phase des prérogatives, des moyens et des incitations des différents acteurs, et la prise en compte explicite des effets redistributifs des politiques et de leurs conséquences sur le plan de l'équité.

C'est pourquoi certaines des communes les plus menacées par l'érosion côtière et non couvertes par un PPRL sont absentes de cette liste<sup>147</sup>. Cette non-participation au dispositif dénote la nécessité d'apporter une réponse claire à la question du financement de la gestion du trait de côte, d'autant plus que nos résultats en montrent le caractère onéreux.

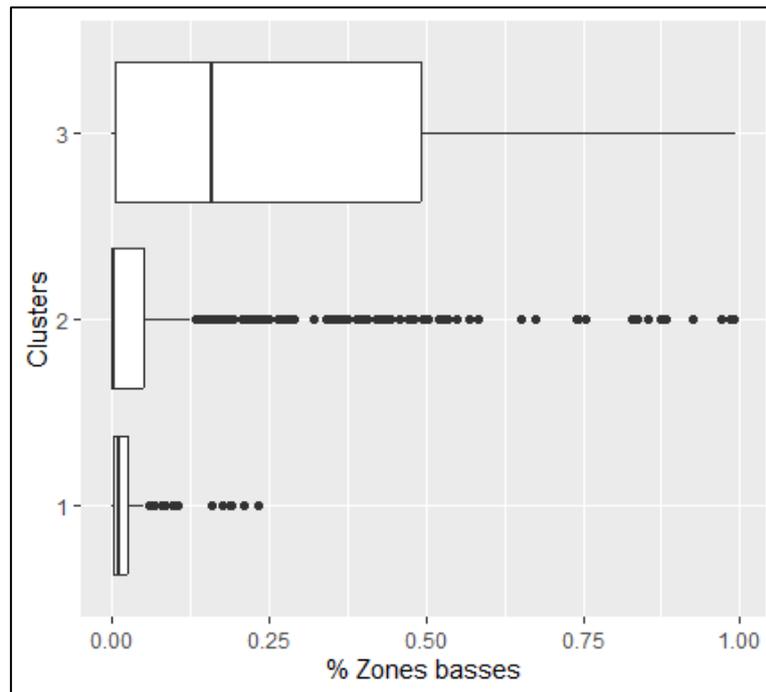
Au-delà de la question du financement, des travaux supplémentaires devraient être dédiés à l'efficacité des moyens juridiques accordés aux collectivités dans le cadre de la gestion du trait de côte. Comme l'indique le dernier rapport de la Cour des Comptes, certaines communes craignent que les nouveaux outils juridiques du dispositif (tels que le droit de préemption) génèrent des risques contentieux. Par exemple, contrairement à ce qui prévaut en matière de submersion marine, il n'existe pas d'agrément et de norme obligatoire pour les prestataires réalisant les cartographies d'aléas pour le compte des communes. Ainsi, les observations et diagnostics qui en découlent ne sont pas pleinement opposables aux autorisations d'urbanisme (Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes, 2024).

---

<sup>147</sup> Trente-cinq (35) des 298 identifiées par l'Etat comme les plus menacées, dont 23 en France métropolitaine, au 31 juillet 2023. C'est le cas par exemple de la commune Ploemeur (56162) ou de Royan (17306). Cf. Carte n°6 du rapport annuel 2024 (vol. 2) de la Cour des Comptes (Cour des comptes & Chambres régionales et territoriales des comptes, 2024).

## Annexes du chapitre 3

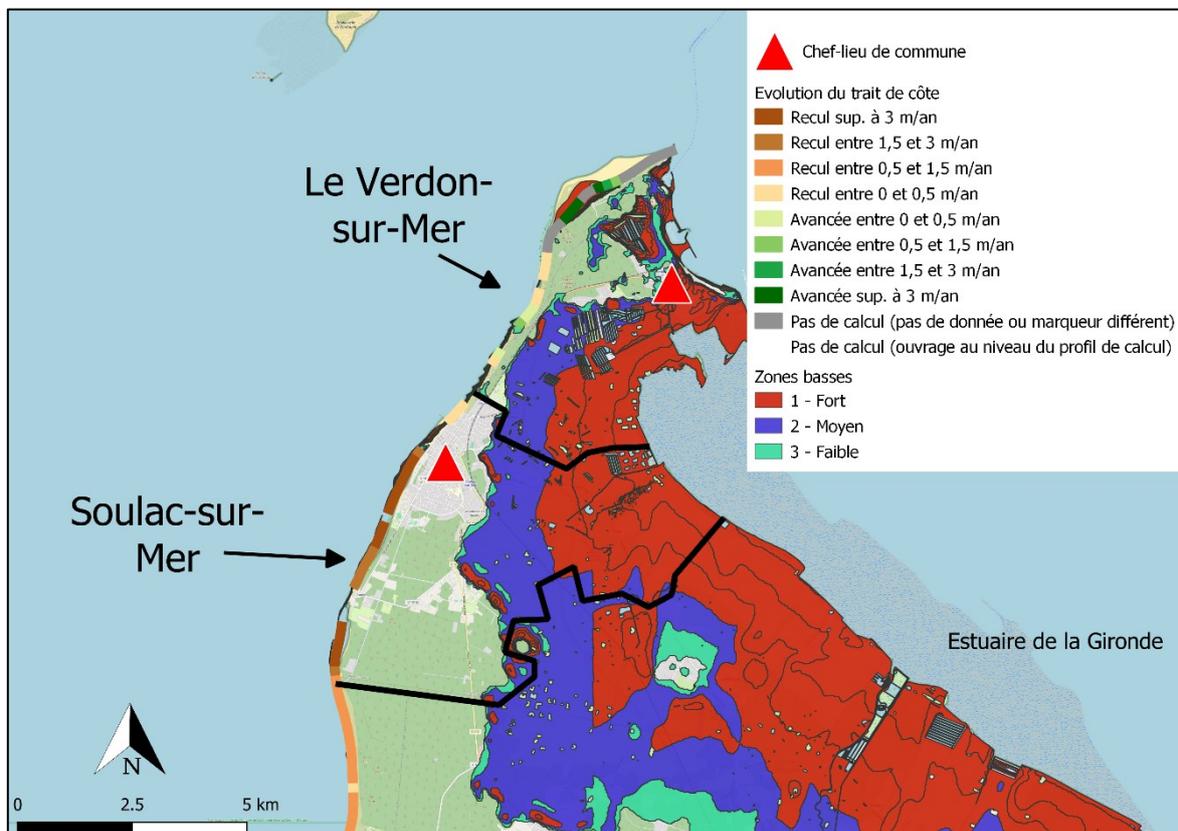
### Annexe 1 : Liens entre l'exposition aux zones basses, la nature et l'évolution du trait de côte



**Figure A. 9.** Box-plot des zones basses, en part de la superficie communale, selon les clusters de communes

Note : Les clusters représentent les profils de communes identifiées supra selon la nature de leur trait de côte. Le cluster 1 (N=94) regroupe les communes aux côtes plutôt naturelles, avec des falaises et côtes rocheuses importantes accompagnées par des plages de poche. Le cluster 3 (N=46) regroupe les communes portuaires, ou celles aux côtes sableuses plutôt artificialisées, quand le cluster 2 (N=629) englobe le reste des communes littorales.

La **Figure A. 9** confirme que les communes dont les côtes sont rocheuses ou dominées par des falaises (cluster 1) sont les moins exposées aux zones basses. Si les communes du cluster 3 sont les plus exposées, en médiane, le cluster 2 décrivant la tendance nationale regroupe des communes à divers d'exposition allant de 0% à près de 100%. L'importance des zones basses au sein du cluster 3 interroge sur la vulnérabilité des ouvrages littoraux, notamment portuaires, au risque de submersion.



**Figure A. 10. Etendue des zones basses associée à la sévérité de l'érosion : cas de Soulac-sur-Mer (33154)**

Note : Les communes de Soulac-sur-Mer (33514) et du Verdon-sur-Mer (33544) ont une superficie de 30km<sup>2</sup> et 17km<sup>2</sup>, respectivement, pour une altitude moyenne de 4m et 1m.

Comme la commune d'Arles, Soulac-sur-Mer (33154) illustre une situation dans laquelle le chef-lieu de commune se trouve en dehors de l'étendue des zones basses (**Figure A. 10**). Le chef-lieu est toutefois en première ligne d'une forte érosion sur la côte Ouest. Avec de vastes zones basses sur la partie Est du territoire communal, toute stratégie de relocalisation s'avère complexe.

**Tableau A. 14: Matrice de corrélation de Pearson entre les niveaux de sévérité de l'érosion du trait de côte (longueur en mètres) et l'étendue des zones basses (superficie en m<sup>2</sup>)**

	Recul du trait de côte entre 0,1 et 0,5m/an	Recul du trait de côte entre 0,5 et 1,5m/an	Recul du trait de côte entre 1,5 et 3m/an	Recul du trait de côte de plus 3m/an	Zones basses - Niveau faible	Zones basses - Niveau moyen	Zones basses - Niveau fort
Recul du trait de côte entre 0,1 et 0,5m/an	1,0000	0,1630	0,0129	0,0234	0,0604	0,0179	-0,0693
Recul du trait de côte entre 0,5 et 1,5m/an	0,1630	1,0000	0,3656	0,1989	0,2630	0,2671	0,0372
Recul du trait de côte entre 1,5 et 3m/an	0,0129	0,3656	1,0000	0,7101	0,4211	0,6990	0,2042
Recul du trait de côte de plus 3m/an	0,0234	0,1989	0,7101	1,0000	0,3931	0,7011	0,2406
Zones basses - Niveau faible	0,0604	0,2630	0,4211	0,3931	1,0000	0,8179	0,2506
Zones basses - Niveau moyen	0,0179	0,2671	0,6990	0,7011	0,8179	1,0000	0,3752
Zones basses - Niveau fort	-0,0693	0,0372	0,2042	0,2406	0,2506	0,3752	1,0000

La corrélation de Pearson est biaisée par la distribution statistique des variables (elles ne suivent pas la loi normale) et la présence de valeurs extrêmes. La corrélation de Spearman est mieux adaptée.

**Tableau A. 15: Matrice de corrélation de Spearman entre les niveaux de sévérité de l'érosion du trait de côte (longueur en mètres) et l'étendue des zones basses (superficie en m<sup>2</sup>)**

	Recul du trait de côte entre 0,1 et 0,5m/an	Recul du trait de côte entre 0,5 et 1,5m/an	Recul du trait de côte entre 1,5 et 3m/an	Recul du trait de côte de plus 3m/an	Zones basses - Niveau faible	Zones basses - Niveau moyen	Zones basses - Niveau fort
Recul du trait de côte entre 0,1 et 0,5m/an	1,0000	0,4228	0,0722	0,0412	-0,0264	-0,0438	-0,0974
Recul du trait de côte entre 0,5 et 1,5m/an	0,4228	1,0000	0,4313	0,2683	0,0047	-0,0024	-0,0343
Recul du trait de côte entre 1,5 et 3m/an	0,0722	0,4313	1,0000	0,6219	0,0669	0,0576	0,0458
Recul du trait de côte de plus 3m/an	0,0412	0,2683	0,6219	1,0000	0,0620	0,0637	0,0611
Zones basses - Niveau faible	-0,0264	0,0047	0,0669	0,0620	1,0000	0,9779	0,9041
Zones basses - Niveau moyen	-0,0438	-0,0024	0,0576	0,0637	0,9779	1,0000	0,9463
Zones basses - Niveau fort	-0,0974	-0,0343	0,0458	0,0611	0,9041	0,9463	1,0000

## Annexe 2 : Régressions supplémentaires

- *Régression des dépenses par nature avec ou sans le contrôle par la base permanente des équipements (sur l'échantillon de l'ensemble des communes métropolitaines)*

**Tableau A. 16: Régression des dépenses d'équipement et des frais de personnel avec et sans le contrôle par la base permanente des équipements**

	Dépenses d'équipement		Frais de personnel	
	Sans les données BPE (1)	Avec les données BPE (2)	Sans les données BPE (3)	Avec les données BPE (4)
Littorale	0,683** (0,284)	0,029 (0,262)	-0,503*** (0,137)	-0,423*** (0,118)
Ile	2,131*** (0,296)	1,943*** (0,309)	0,958*** (0,186)	0,850*** (0,187)
Montagne	0,522*** (0,016)	0,423*** (0,015)	0,158*** (0,010)	0,156*** (0,010)
Corse	-0,079 (0,061)	-0,092 (0,064)	0,471*** (0,046)	0,353*** (0,044)
Station de tourisme	-0,325*** (0,063)	-0,044 (0,046)	0,031 (0,040)	0,127*** (0,030)
Montagne X Station de tourisme	-0,117 (0,092)	0,038 (0,078)	0,728*** (0,077)	0,428*** (0,062)
Littorale X Station de tourisme	0,306*** (0,092)	0,128* (0,073)	0,136** (0,057)	0,025 (0,045)
log(Longueur trait de côte)	-0,118*** (0,033)	-0,028 (0,030)	0,061*** (0,015)	0,043*** (0,013)
Trait de côte, part des falaises -20m	0,028 (0,122)	0,009 (0,112)	0,153** (0,065)	0,222*** (0,062)
Trait de côte, part des falaises +20m	0,077 (0,137)	0,049 (0,120)	-0,111* (0,067)	-0,101 (0,063)
Trait de côte, part de plages	-0,219** (0,103)	-0,117 (0,094)	0,090 (0,055)	0,105** (0,053)
Trait de côte, part de plages de poche	0,379 (0,294)	0,422 (0,267)	-0,037 (0,121)	-0,139 (0,121)
Trait de côte, part artificialisée	0,126 (0,163)	-0,002 (0,138)	0,297** (0,119)	0,185*** (0,068)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,190 (0,162)	0,189 (0,142)	-0,082 (0,096)	0,089 (0,086)

	(1)	(2)	(3)	(4)
Dummy (Pas de Randonnées)		-0,002 (0,011)		-0,020*** (0,007)
Dummy (Pas d'équip. nautiques et baignade)		-0,004 (0,016)		-0,018 (0,011)
Dummy (Pas d'autres équip. sportifs)		0,196*** (0,019)		-0,046*** (0,013)
log(Randonnées, Nb)		-0,001 (0,016)		-0,0002 (0,013)
log(Equip. nautiques et baignade)		0,009 (0,022)		-0,010 (0,014)
log(Autres équip. sportifs)		-0,182*** (0,010)		0,087*** (0,006)
Observations	34 412	28 472	34 287	28 416
Adjusted R <sup>2</sup>	0,713	0,750	0,425	0,482

*Note:*

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

**Tableau A. 17: Régression des achats et charges externes et des dépenses d'intervention avec et sans le contrôle par la base permanente des équipements**

	Achats et charges externes		Dépenses d'intervention	
	Sans les données BPE (1)	Avec les données BPE (2)	Sans les données BPE (3)	Avec les données BPE (4)
Littorale	-0,784*** (0,140)	-0,530*** (0,140)	-0,966*** (0,291)	-0,344 (0,283)
Ile	0,887*** (0,181)	0,934*** (0,176)	0,300 (0,258)	0,611** (0,262)
Montagne	0,324*** (0,008)	0,304*** (0,009)	0,127*** (0,016)	0,082*** (0,017)
Corse	0,232*** (0,030)	0,158*** (0,037)	0,021 (0,050)	0,063 (0,061)
Station de tourisme	0,192*** (0,034)	0,159*** (0,032)	0,749*** (0,064)	0,361*** (0,060)
Montagne X Station de tourisme	0,578*** (0,076)	0,435*** (0,069)	0,583*** (0,118)	0,755*** (0,117)
Littorale X Station de tourisme	0,073 (0,051)	0,030 (0,049)	-0,187** (0,094)	-0,031 (0,089)
log(Longueur trait de côte)	0,088*** (0,016)	0,055*** (0,016)	0,090*** (0,032)	0,023 (0,031)
Trait de côte, part des falaises -20m	0,063 (0,066)	0,127* (0,067)	0,214 (0,134)	0,231* (0,128)
Trait de côte, part des falaises +20m	-0,122* (0,073)	-0,109 (0,073)	0,076 (0,136)	0,100 (0,131)
Trait de côte, part de plages	0,163*** (0,058)	0,126** (0,058)	0,263** (0,116)	0,181 (0,113)
Trait de côte, part de plages de poche	0,226* (0,137)	0,069 (0,138)	0,175 (0,272)	0,082 (0,252)
Trait de côte, part artificialisée	0,082 (0,092)	0,004 (0,073)	0,437** (0,178)	0,476*** (0,171)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	-0,011 (0,089)	0,013 (0,088)	0,719*** (0,182)	0,398** (0,164)

	(1)	(2)	(3)	(4)
Dummy (Pas de Randonnées)		0,006 (0,006)		0,023* (0,013)
Dummy (Pas d'équip. nautiques et baignade)		-0,051*** (0,009)		-0,068*** (0,019)
Dummy (Pas d'autres équip. sportifs)		0,012 (0,010)		0,065*** (0,021)
log(Randonnées, Nb)		0,033*** (0,011)		0,059*** (0,020)
log(Equip. nautiques et baignade)		0,032** (0,015)		0,078*** (0,027)
log(Autres équip. sportifs)		0,058*** (0,005)		-0,058*** (0,012)
Observations	34 460	28 484	34 406	28 464
Adjusted R <sup>2</sup>	0,327	0,362	0,078	0,109

Note:

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

- *Régression des dépenses par nature sur l'aléa érosion*

**Tableau A. 18: Achats et charges externes et dépenses d'intervention sur l'aléa érosion**

	Achats et charges externes		Dépenses d'intervention	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Littorale	-0,880*** (0,163)		-1,429*** (0,322)	
Ile	0,885*** (0,180)	0,665*** (0,175)	0,289 (0,260)	0,603*** (0,203)
Montagne	0,325*** (0,008)	0,287*** (0,093)	0,127*** (0,016)	0,332** (0,140)
Corse	0,231*** (0,030)	0,005 (0,086)	0,023 (0,050)	0,119 (0,127)
Station de tourisme	0,192*** (0,034)	0,116*** (0,040)	0,748*** (0,064)	0,044 (0,076)
Montagne X Station de tourisme	0,577*** (0,076)	0,100 (0,228)	0,584*** (0,118)	-0,052 (0,222)
Littorale X Station de tourisme	0,066 (0,051)		-0,195** (0,095)	
log(Longueur trait de côte)	0,093*** (0,019)	0,066*** (0,021)	0,128*** (0,034)	-0,025 (0,036)
Trait de côte, part des falaises -20m	0,070 (0,068)	0,048 (0,079)	0,381** (0,159)	0,218 (0,163)
Trait de côte, part des falaises +20m	-0,097 (0,076)	-0,114 (0,085)	0,214 (0,165)	-0,015 (0,170)
Trait de côte, part de plages	0,136** (0,066)	0,030 (0,073)	0,454*** (0,157)	0,168 (0,155)
Trait de côte, part de plages de poche	0,314** (0,139)	0,311** (0,134)	0,291 (0,287)	-0,117 (0,291)
Trait de côte, part artificialisée	0,136 (0,094)	0,025 (0,089)	0,617*** (0,199)	0,393** (0,190)
Trait de côte, part du linéaire portuaire	0,042 (0,091)	0,093 (0,104)	0,855*** (0,202)	0,206 (0,213)
Recul du trait de côte (part)	0,174* (0,093)	0,166** (0,078)	0,014 (0,184)	-0,146 (0,159)
Observations	34 417	725	34 363	725
Adjusted R <sup>2</sup>	0,327	0,574	0,078	0,397

Note:

\*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01

# Conclusion générale

## 1. Principales conclusions de la thèse

Les travaux menés lors de cette thèse visaient à contribuer à une meilleure connaissance des déterminants des dépenses des communes du littoral métropolitain français. Au vu des enjeux urbains, démographiques et environnementaux qui s'articulent au sein des territoires littoraux, c'est sur ces déterminants que les travaux se sont focalisés. Plus particulièrement, le premier chapitre s'est intéressé à l'impact sur les dépenses communales de diverses dimensions de l'étalement urbain, à savoir l'artificialisation des sols (part artificialisée de la superficie communale et taux de croissance communal de cette part), la nucléarité résidentielle (mesurée par l'indice de Gini de la répartition infra-communale de la population), et la dispersion spatiale des nouvelles artificialisations, en considérant l'ensemble des communes (littorales et non-littorales) des EPCI littoraux. Les estimations économétriques sur le panel de 2013 à 2018 ont permis de quantifier l'effet causal de la hausse de chacune des variables dynamiques sur les dépenses communales par habitant à travers l'effet within<sup>148</sup>.

Le premier résultat du chapitre 1 est que la part artificialisée du territoire communal tend à accroître les dépenses de fonctionnement par habitant. Ce résultat est cohérent avec ceux obtenus dans la littérature économique (par exemple: Breuillé et al., 2019; Carruthers & Ulfarsson, 2003; Goodman, 2019). Cela s'explique par le fait que l'artificialisation des sols répond à des besoins résidentiels, professionnels (locaux d'entreprises) ou à des usages mixtes. La part artificialisée du territoire communal mesure donc la dimension « horizontale » (Goodman, 2019; Ihlanfeldt & Willardsen, 2018) de la croissance spatiale de l'urbanisation et son impact sur les dépenses de fonctionnement matérialise celui d'une demande de services publics locaux plus étalée (ex. extension du réseau de mobilité urbaine, entretien de la voirie, collecte des déchets, etc.). L'absence d'effet significatif sur les dépenses d'investissement par habitant pourrait s'expliquer par la disponibilité, en amont de la période d'étude, d'un stock d'équipements dont le taux d'utilisation ou la capacité d'accueil ne requièrent pas encore d'investissements supplémentaires.

Le deuxième résultat du chapitre 1 concerne le taux de croissance de l'artificialisation : seul l'effet between est significatif et positif sur les dépenses de fonctionnement et d'investissement. La nucléarité résidentielle, mesurée par l'indice de Gini de la population infra-communale, a un effet convexe significatif sur les dépenses de fonctionnement par habitant, mais il est non significatif sur les dépenses d'investissement. Cela implique qu'il existe une distribution infra-communale de la population qui minimise les dépenses de fonctionnement par habitant (pour  $Gini=0.4$ ). Ainsi, en promouvant une hausse de la densité au sein des communes littorales, il conviendrait de tenir compte de la nucléarité

---

<sup>148</sup> L'effet within mesure l'effet imputable à une hausse de la variable explicative sur les dépenses. L'effet between, est corrélé aux caractéristiques intrinsèques (non observées) des communes, et ne se limite donc pas à l'effet de la variable explicative.

résidentielle existante et de veiller à ne pas s'éloigner de ce minimum, au risque d'accroître les dépenses publiques communales.

Le troisième résultat, commun aux chapitres 1 et 2, est que la densité démographique contribue à réduire les dépenses de fonctionnement par habitant. Dans le chapitre 1, seul l'effet between est significatif sur les dépenses d'investissement et seul l'effet within est significatif sur les dépenses de fonctionnement. Une hausse de la densité permet donc de réaliser des économies d'échelle sur les dépenses de fonctionnement. Néanmoins, les communes littorales, plus denses que les autres communes en moyenne, présentent un niveau de dépenses par habitant plus important (20% et 30% pour les dépenses de fonctionnement et d'investissement, respectivement). Est-ce dû à leur taux d'artificialisation ? à la concentration relative de population touristiques et non résidentes ? à d'autres facteurs ? C'est à ces questions que le second chapitre de la thèse a permis de répondre en mobilisant la décomposition d'Oaxaca-Blinder (Blinder, 1973; R. Oaxaca, 1973).

Le chapitre 2 fournit toute une série de résultats permettant de préciser ce qui fait la spécificité des dépenses des communes littorales. Premièrement, la décomposition révèle que le surplus de dépenses d'investissement par habitant supporté par les communes littorales s'explique entièrement par une différence de caractéristiques (effet de composition). En effet, elles dépensent plus en équipement par habitant parce qu'elles concentrent relativement plus de touristes, de résidents secondaires, ou encore de travailleurs non-résidents.

Deuxièmement, la décomposition de l'écart des dépenses de fonctionnement par habitant met en lumière une différence de coefficients (effet de structure, expliquant près de 19% des écarts) en plus de la différence de caractéristiques (effet de composition à 81%). Ce résultat montre que même à caractéristiques identiques, les dépenses des communes littorales et non-littorales diffèrent, à cause de la différence dans la manière dont ces caractéristiques sont valorisées (coefficients) sur les dépenses. D'une part, l'effet de composition des dépenses de fonctionnement par habitant s'explique essentiellement par la contribution des densités de populations touristiques et non résidentes. D'autre part, l'effet de structure est surtout déterminé par les contributions du revenu par habitant et de la densité démographique. Ainsi, la différence résiduelle à caractéristiques données provient surtout de la différence dans la manière dont le revenu par habitant influence les dépenses de fonctionnement : si le panier de biens et services publics locaux est considéré comme un bien normal, alors il existe une différence de propension marginale à consommer entre les communes littorales et les communes non littorales (supérieure sur le littoral). Ce qui veut dire que si les communes littorales avaient la même propension marginale à consommer les biens publics locaux que les autres communes, l'écart de dépenses serait réduit.

Troisièmement, la densité démographique qui exerce un effet à la baisse sur les dépenses de fonctionnement par habitant tend à contenir l'écart de dépenses entre communes littorales et non-littorales. En d'autres termes les économies d'échelle liées à la densité démographique sont plus importantes (en valeur absolue) pour les communes littorales. Autrement dit, en plus d'être une réponse pour réduire la dynamique d'étalement urbain, la densification contribue à contenir le niveau de

dépenses de fonctionnement des communes littorales et à les faire converger vers le niveau des autres communes.

L'importance relative sur le littoral des économies d'échelles liées à la densité peut s'expliquer par la forme urbaine existante. En effet, un territoire déjà urbanisé, plus concentré et central, bénéficiera suite à une hausse de la densité, d'une baisse marginale des coûts des services publics locaux plus importante qu'une commune moyenne, toutes choses égales par ailleurs. Cela pourrait s'expliquer par le fait que ce territoire ait eu le temps d'amortir les éventuels coûts fixes liés à la production des services publics locaux. Il disposerait déjà d'un système de production de services publics locaux (savoir-faire, réseaux de transports et d'assainissement, éclairage public) éprouvé et déjà dimensionné pour l'accueil de nouvelles populations. Les travaux de Breuillé et al. (2019) fournissent une validation empirique à cette intuition à l'échelle des communes appartenant au périmètre des dix aires urbaines les plus peuplées de France. Les auteurs montrent qu'une hausse de la densité réduit plus fortement les dépenses communales et intercommunales par habitant des communes les plus urbanisées (part de la surface communale urbanisée) et les plus concentrées (indice de Gini). Le degré d'urbanisation plus avancé des communes littorales expliquerait donc la différence d'impact de la densité démographique sur leurs dépenses de fonctionnement par habitant.

Enfin, le troisième chapitre a été consacré à l'étude des aléas côtiers (érosion et submersion marine) comme facteurs de dépenses pour les communes littorales. Les travaux français et internationaux s'accordent à reconnaître le rôle des diverses catégories d'acteurs (publics et privés) dans les stratégies d'adaptations face aux aléas côtiers. Ils s'accordent également à désigner le manque de solutions financières comme le principal frein à la mise en place effective des stratégies d'adaptation. Néanmoins l'enjeu préalable demeure d'évaluer quelles dimensions des aléas et aménités ont des effets significatifs sur les dépenses locales, une étape indispensable pour prévoir les besoins de financement. Ainsi, ce chapitre de la thèse constitue, à notre connaissance, l'une des premières études empiriques françaises visant à quantifier la corrélation entre l'ampleur et la sévérité des aléas côtiers et le montant des dépenses publiques locales. Pour ce faire, nous mobilisons un jeu de données inédit constitué à notre demande par le Cerema (2021) et qui permet de mesurer la longueur, la nature et l'évolution du trait de côte, ainsi que la part des zones basses à l'échelle communale.

Les résultats indiquent tout d'abord que la longueur du trait de côte est un facteur significatif des dépenses de fonctionnement par habitant, bien que son influence sur les dépenses d'investissement ne soit pas robuste. Plus le trait de côte est long, plus les communes littorales enregistrent des dépenses de fonctionnement par habitant élevées, notamment en frais de personnel et en achats et charges externes. De plus, à trait de côte constant, les achats et charges externes augmentent avec la proportion du littoral en érosion, tandis que les frais de personnel augmentent avec part artificialisée du trait de côte. Ces observations suggèrent que le trait de côte représente une source de dépenses récurrentes pour les communes littorales, similaires aux dépenses d'entretien de la voirie communale, avec d'une part les coûts liés à l'entretien du littoral artificialisé (hypothèse *H2*), et d'autre part, ceux liés aux études et prestations nécessaires pour anticiper et s'adapter aux évolutions du trait de côte (hypothèse *H1* pour

l'aléa d'érosion). Enfin, l'exposition à l'aléa de submersion marine, mesurée par l'ampleur et la sévérité des zones basses, ne semble pas être corrélée de manière significative à des dépenses communales ou intercommunales plus élevées que la moyenne. Des travaux supplémentaires devraient être menés afin d'identifier les causes de cette absence de relation significative.

## 2. Limites et perspectives

Si les dimensions du littoral étudiées attestent de la forte attractivité des communes littorales, certaines n'ont cependant pas été considérées comme suffisamment solides en ce qui concerne leur impact sur les dépenses communales. C'est notamment le cas de la dispersion spatiale des nouvelles artificialisations mesurée par l'indice de Moran. Ce résultat ouvre toutefois le champ à d'autres pistes de réflexion. La première piste porte sur la nécessité de recourir à des données plus fines permettant de modéliser la forme urbaine des communes littorales (à l'instar de la BD Topo de l'IGN permettant de géolocaliser le foncier bâti) et de dissocier, parmi les nouvelles artificialisations, celles qui ont lieu en continuité du tissu urbain existant de celles qui ont lieu ailleurs. Cela permettrait de dépasser les limites de l'indicateur de dispersion considéré, à savoir l'indice de Moran, qui même en étant significatif et positif peut dissimuler en réalité une forte concentration de valeurs nulles<sup>149</sup> (Steurer & Bayr, 2020).

Deuxièmement, comme le montrent les cartes en annexe (**Figure A. 1** à **Figure A. 3**), dans plusieurs cas de figure, les nouvelles artificialisations des sols ont lieu dans une bande de 10 km sur le territoire des communes littorales ou dans des communes de l'arrière-pays proche. Étant donné le gradient progressif de l'urbanisation vers l'arrière-pays proche, et la possibilité pour les populations de ces communes de consommer les aménités du littoral, des travaux supplémentaires devraient être menés afin de tester si cette proximité spatiale affecte les dépenses des communes littorales (effets de débordement, ou spillover effects).

Troisièmement, les estimations du chapitre 1, qui considéraient comme échantillon d'étude l'ensemble des communes des EPCI littoraux, ont révélé un effet non significatif de la variable indicatrice du littoral (cf. **Tableau A. 1**), indiquant que toutes choses égales par ailleurs, les communes littorales et les communes non-littorales présentent les mêmes montants de dépenses par habitant. Or, les travaux du chapitre 2 ont montré la significativité des écarts de dépenses entre les communes littorales et les communes non-littorales. Ce contraste soulève un questionnement très intéressant : les communes de l'arrière-pays proche faisant partie d'un EPCI littoral devraient-elles être assimilées à des communes littorales (au prisme des finances locales, de la démographie et de l'économie régionale en général) ? En effet, les notions même de littoral et de trait de côte ne disposent pas d'une définition unique, et surtout « [...] lorsque l'objectif est d'étudier ses fluctuations et leurs impacts sur les enjeux

---

<sup>149</sup> Alors qu'on s'attendrait à ne modéliser qu'une forte concentration spatiale des nouvelles artificialisations (« high-high »), l'indice significatif et positif peut en réalité dissimuler une forte concentration de valeurs faibles (« low-low ») Cf. point 1. de la section II du chapitre 1.

environnementaux, sociaux et économiques des littoraux, le trait de côte constitue moins une ligne qu'une bande côtière de largeur variable, qui intègre des facteurs à la fois humains, climatiques, géologiques, écologiques, socio-économiques, mais aussi historiques et culturels. » (Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2024b). En outre, de la stratégie de repli face aux aléas côtiers émergera une recomposition spatiale qui pourrait redéfinir considérablement la notion de littoral.

## Références

- Afonso, A., Tovar Jalles, J., & Venâncio, A. (2024). Fiscal decentralization and public sector efficiency : Do natural disasters matter? *Economic Modelling*, 137, 106763. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2024.106763>
- Albouy, D., Graf, W., Kellogg, R., & Wolff, H. (2016). Climate Amenities, Climate Change, and American Quality of Life. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*. <https://doi.org/10.1086/684573>
- André, C., Sauboua, P., Rey-Valette, H., & Schauner, G. (2015). Acceptabilité et mise en œuvre des politiques de relocalisation face aux risques littoraux : Perspectives issues d'une recherche en partenariat. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 15 Numéro 1*, Volume 15 Numéro 1. <https://doi.org/10.4000/vertigo.16074>
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2008). *Mostly Harmless Econometrics : An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.
- Arellano, M. (1987). Computing robust standard errors for within-groups estimators. *Oxford bulletin of Economics and Statistics*, 49(4), 431-434.
- Barr, J., & Davis, O. (1966). An elementary political and economic theory of the expenditures of local governments. *The Southern Economic Journal*, 33(2).
- Battese, G. E. (1997). A note on the estimation of Cobb-Douglas production functions when some explanatory variables have zero values. *Journal of agricultural Economics*, 48(1-3), 250-252.
- Baudry, M., Leprince, M., & Moreau, C. (2002). Préférences révélées, bien public local et électeur médian : Tests sur données françaises. *Economie prevision, no 156(5)*, 125-146.
- Bell, A., Fairbrother, M., & Jones, K. (2019). Fixed and random effects models : Making an informed choice. *Quality & quantity*, 53(2), 1051-1074.
- Benson, C., & Clay, E. (2004). *Understanding the Economic and Financial Impacts of Natural Disasters*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/0-8213-5685-2>
- Binet, M.-E., Guengant, A., & Leprince, M. (2010). Superposition des collectivités territoriales, dépenses publiques locales et hétérogénéité spatiale : Le cas des villes françaises de plus de

- 50 000 habitants. *Revue économique*, 61(6), 1111-1122.  
<https://doi.org/10.3917/reco.616.1111>
- Bisaro, A., de Bel, M., Hinkel, J., Kok, S., Stojanovic, T., & Ware, D. (2020). Multilevel governance of coastal flood risk reduction : A public finance perspective. *Environmental Science & Policy*, 112, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.018>
- Bisaro, A., & Hinkel, J. (2016). Governance of social dilemmas in climate change adaptation. *Nature Climate Change*, 6(4), 354-359. <https://doi.org/10.1038/nclimate2936>
- Bisaro, A., & Hinkel, J. (2018). Mobilizing private finance for coastal adaptation : A literature review. *WIREs Climate Change*, 9(3), e514. <https://doi.org/10.1002/wcc.514>
- Black, D. (1948). On the Rationale of Group Decision-making. *Journal of Political Economy*, 56(1), 23-34.  
<https://doi.org/10.1086/256633>
- Blinder, A. S. (1973). Wage discrimination : Reduced form and structural estimates. *Journal of Human resources*, 436-455.
- Bocquet, M., & Cavailhès, J. (2020). Conversion urbaine de terres et métropolisation du territoire. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, Décembre(5), 859-886. Cairn.info.  
<https://doi.org/10.3917/reru.205.0859>
- Borcherding, T. E. (1985). The causes of government expenditure growth : A survey of the U.S. evidence. *Journal of Public Economics*, 28(3), 359-382. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(85\)90065-9](https://doi.org/10.1016/0047-2727(85)90065-9)
- Borcherding, T. E., & Deacon, R. T. (1972). The Demand for the Services of Non-Federal Governments. *The American Economic Review*, 62(5), 891-901. JSTOR.
- Boswell, M., Deyle, R., Smith, R., & Baker, E. (1999). A Quantitative Method for Estimating Probable Public Costs of Hurricanes. *Environmental Management*, 23(3), 359-372.  
<https://doi.org/10.1007/s002679900192>
- Boyer, M. A., Meinzer, M., & Bilich, A. (2017). The climate adaptation imperative : Local choices targeting global problems? *Local Environment*, 22(1), 67-85.  
<https://doi.org/10.1080/13549839.2016.1160372>

- Brennan, G., & Buchanan, J. M. (1980). *The power to tax : Analytic foundations of a fiscal constitution*. Cambridge University Press.
- Breuillé, M.-L., Grivault, C., Le Gallo, J., & Le Goix, R. (2019). Impact de la densification sur les coûts des infrastructures et services publics. *Revue économique*, 70(3), 345. <https://doi.org/10.3917/reco.703.0345>
- BRGM, & Cerema. (2022). *Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte*.
- Buchou, S. (2019). *Quel littoral pour demain ? Vers un nouvel aménagement des territoires côtiers adapté au changement climatique*.
- Butler, W. H., Deyle, R. E., & Mutnansky, C. (2016). Low-Regrets Incrementalism : Land Use Planning Adaptation to Accelerating Sea Level Rise in Florida's Coastal Communities. *Journal of Planning Education and Research*, 36(3), 319-332. <https://doi.org/10.1177/0739456X16647161>
- Capuno, J., Corpuz, J., & Lordemus, S. (2024). Natural disasters and local government finance : Evidence from Typhoon Haiyan. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 220, 869-887. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2024.03.007>
- Carruthers, J. I., & Ulfarsson, G. F. (2003). Urban sprawl and the cost of public services. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(4), 503-522.
- Cavalieri, M., Giardina, E., Guccio, C., & Mazza, I. (2019). Federalism, party competition and public expenditure : Empirical findings on regional health expenditure in Italy. *Advances in Local public economics: theoretical and empirical studies*, 315-343.
- CDC Biodiversité, & Humanité et Biodiversité. (2021). *Mise en oeuvre de l'objectif de Zéro artificialisation nette à l'échelle des territoires* (21; BIODIV'2050, p. 56). CDC Biodiversité, Mission Économie de la Biodiversité. <https://www.mission-economie-biodiversite.com/publication/la-mise-en-oeuvre-de-l'objectif-de-zero-artificialisation-nette-a-lechelle-des-territoires>
- Cerema. (2017). *Spécification technique de l'indicateur national de l'érosion côtière*. <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/strategie-nationale-de-gestion-integree-du-trait-r434.html>

- Cerema. (2018). *Spécification technique de la cartographie de l'artificialisation du trait de côte*.  
<http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/strategie-nationale-de-gestion-integree-du-trait-r434.html>
- Cerema. (2019). *Connaissance du trait de côte—Évaluation prospective des enjeux affectés par le recul du trait de côte* (ISBN : 978-2-37180-428-9 (numérique); Connaissances). Cerema.
- Cerema. (2020a). *L'artificialisation et ses déterminants d'après les Fichiers fonciers-Période 2009-2018*. Cerema Hauts-de-France.  
<https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/sites/artificialisation/files/fichiers/2020/06/rapport%20V3%20complet.pdf>
- Cerema. (2020b, juin 3). *Le déploiement des plans locaux d'urbanisme (PLU et PLUi) en France au 31 décembre 2019*. Outils de l'aménagement.  
<https://outil2amenagement.cerema.fr/actualites/deploiement-des-plans-locaux-durbanisme-plu-et-plui-en-france-au-31-decembre-2019>
- Cerema. (2021). *Éléments techniques pour la thèse « Impact du littoral sur les finances des communes et EPCI » : Mise à jour de l'étude*. Cerema.
- Cerema. (2022, avril 11). *Le projet partenarial d'aménagement (PPA)*.  
<https://outil2amenagement.cerema.fr/outils/projet-partenarial-damenagement-ppa>
- CGEDD, J.-P., IGA, & IGF. (2019). *Recomposition spatiale des territoires littoraux* (p. 234). Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD), Inspection Générale de l'Administration (IGA), Inspection Générale de Finances (IGF).
- Chambre régionale des comptes, Pays de la Loire. (2024). *La gestion du trait de côte dans les Pays de la Loire : Mieux anticiper les risques et renforcer les stratégies*.  
<https://www.ccomptes.fr/fr/publications/la-gestion-du-trait-de-cote-dans-les-pays-de-la-loire-mieux-anticiper-les-risques-et>
- Choumert, J. (2010). An empirical investigation of public choices for green spaces. *Land Use Policy*, 27(4), 1123-1131. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.03.001>
- Choumert, J., Oueslati, W., & Salanié, J. (2008). The effects of spatial spillovers on the provision of urban environmental amenities. *University of Anger, Angers, France*.

- Cicin-Sain, B., & Knecht, R. W. (1998). *Integrated Coastal and Ocean Management : Concepts And Practices*. Island Press.
- Commissariat général au développement durable - CGDD. (2017a). *La distance à la mer : Principal facteur de caractérisation sociodémographique du territoire littoral* (108; DATALAB Territoire). Ministère de l'Écologie, du Développement durable, et de l'Énergie.
- Commissariat général au développement durable - CGDD. (2017b). *La fonction touristique des territoires : Facteur de pression ou de préservation de l'environnement ?* (DATALAB Environnement, p. 56). Ministère de l'Écologie, du Développement durable, et de l'Énergie.
- Cour des comptes, & Chambres régionales et territoriales des comptes. (2024). *Le rapport public annuel 2024—L'action publique en faveur de l'adaptation au changement climatique, volume 2* (Volume 2). <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/le-rapport-public-annuel-2024>
- Dachary-Bernard, J., Gaschet, F., Lyser, S., Pouyanne, G., & Virol, S. (2011). L'impact de la littoralisation sur les marchés fonciers. Une approche comparative des côtes basque et charentaise. *Economie et Statistique*, 444(1), 127-154. <https://doi.org/10.3406/estat.2011.9647>
- DDTM du Pas-de-Calais. (2017). *Comment être résilient au risque de submersion marine ? Guide des actions et travaux à réaliser chez soi* (Être résilient au risque de submersion marine). <https://www.pas-de-calais.gouv.fr/index.php/Actions-de-l-Etat/Prevention-des-risques-majeurs/Les-etudes/Etude-de-vulnerabilite-au-risque-de-submersion-marine>
- Décret n° 2022-750 du 29 avril 2022 établissant la liste des communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées aux phénomènes hydrosédimentaires entraînant l'érosion du littoral - Légifrance, n° 2022-750 (2022). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000045726134/>
- Delpech, C. (2017). Charges de personnel des collectivités du bloc communal : L'engagement d'un processus d'intégration. *Revue française d'administration publique*, 164(4), 783-802. <https://doi.org/10.3917/rfap.164.0783>
- Direction générale des Entreprises. (2023). *Guide méthodologique—Procédures relatives aux communes touristiques et aux stations classées de tourisme*.

- Direction générale des Entreprises. (2024, janvier 10). *Stations classées et communes touristiques*.  
 entreprises.gouv.fr. <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/tourisme/developpement-et-competitivite-du-secteur/stations-classees-et-communes-touristiques>
- Doat, M. (2013). Gestion intégrée des zones côtières et décentralisation. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 18*, Hors-série 18.  
<https://doi.org/10.4000/vertigo.14268>
- Dundas, S. J. (2017). Benefits and ancillary costs of natural infrastructure : Evidence from the New Jersey coast. *Journal of Environmental Economics and Management*, 85, 62-80.  
<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.04.008>
- Fielding, A. (2004). The role of the Hausman test and whether higher level effects should be treated as random or fixed. *Multilevel modelling newsletter*, 16(2), 3-9.
- Firpo, S., Fortin, N., & Lemieux, T. (2018). Decomposing Wage Distributions Using Recentered Influence Function Regressions. *Econometrics*, 6(2), 28. <https://doi.org/10.3390/econometrics6020028>
- Firpo, S., Fortin, N. M., & Lemieux, T. (2009). Unconditional Quantile Regressions. *Econometrica*, 77(3), 953-973. <https://doi.org/10.3982/ECTA6822>
- Fortin, N., Lemieux, T., & Firpo, S. (2011). Decomposition methods in economics. In *Handbook of labor economics* (Vol. 4, p. 1-102). Elsevier.
- Fosse, J., Belaunde, J., Dégremont, M., & Grémillet, A. (2019). *Objectif « zéro artificialisation nette » : Quels leviers pour protéger les sols ?* (p. 54). France Stratégie.  
<https://www.strategie.gouv.fr/publications/objectif-zero-artificialisation-nette-leviers-protoger-sols>
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling sprawl to the ground : Defining and measuring an elusive concept. *Housing policy debate*, 12(4), 681-717.
- Gardeazabal, J., & Ugidos, A. (2004). More on identification in detailed wage decompositions. *Review of Economics and Statistics*, 86(4), 1034-1036.

- Gilbert, G., & Guengant, A. (2004). Évaluation de la performance péréquatrice des concours financiers de l'État aux communes. *Economie et Statistique*, 373(1), 81-108.  
<https://doi.org/10.3406/estat.2004.7261>
- GIP Littoral. (2022). *Projet d'expérimentation du repli stratégique à Biscarrosse-Plage*. GIP Littoral.  
<https://www.giplittoral.fr/projets/projet-dexperimentation-du-repli-strategique-biscarrosse-plage>
- GIP Littoral. (2024). *Réaménagement durable et relocalisation Plage de l'Horizon à Lège Cap Ferret*. GIP Littoral. <https://www.giplittoral.fr/projets/reamenagement-durable-et-relocalisation-plage-de-lhorizon-lege-cap-ferret>
- Givord, P., & D'Haultfoeuille, X. (2013). La régression quantile en pratique. *Document de travail - INSEE, M 2013/01*.
- Glaeser, E. L., & Kahn, M. E. (2004). Sprawl and urban growth. In *Handbook of regional and urban economics* (Vol. 4, p. 2481-2527). Elsevier.
- Goodman, C. B. (2019). The Fiscal Impacts of Urban Sprawl : Evidence From U.S. County Areas. *Public Budgeting & Finance*, 39(4), 3-27. <https://doi.org/10.1111/pbaf.12239>
- Grandclement, A. (2020). La diversité des formes de développement résidentiel sur les littoraux français : Essai de typologie: *L'Espace géographique, Tome 49(3)*, 233-249.  
<https://doi.org/10.3917/eg.493.0233>
- Grandclement, A., & Boulay, G. (2015). Fonction résidentielle et dynamique de la fiscalité locale sur le littoral méditerranéen français. *Espace géographique*, 44(1), 57.  
<https://doi.org/10.3917/eg.441.0057>
- Guéguen, A., & Renard, M. (2017). La faisabilité d'une relocalisation des biens et activités face aux risques littoraux à Lacanau. *Sciences Eaux & Territoires, Numéro 23(2)*, 26-31.  
<https://doi.org/10.3917/set.023.0026>
- Guelton, S., & Navarre, F. (2010). Les coûts de l'étalement urbain : Urbanisation et comptes publics locaux. *Flux, n° 79-80(1)*, 34-53.
- Guengant, A. (1998). Évaluation économétrique des charges des communes. *Revue d'économie régionale et urbaine*, 4, 523-546.

- Guengant, A., Josselin, J.-M., & Rocaboy, Y. (1995). L'influence des résidents et des actifs sur la congestion des biens publics locaux : Un test sur données françaises. *Revue d'économie régionale et urbaine*, 5, 791-802.
- Guengant, A., Josselin, J.-M., & Rocaboy, Y. (2002). Effects of club size in the provision of public goods. Network and congestion effects in the case of the French municipalities\*. *Papers in Regional Science*, 81(4), 443-460. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.2002.tb01243.x>
- Hastie, T., & Tibshirani, R. (1987). Generalized Additive Models : Some Applications. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 371-386. <https://doi.org/10.2307/2289439>
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1251-1271.
- Hédou, F., Leclerc, B., Deniaud, Y., & Costa, S. (2020). Consolidation des connaissances nationales sur le trait de côte et son évolution. *XVIèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil*, 761-768.
- Hédou, F., Roche, A., Trmal, C., Moraud, S., & Deniaud, Y. (2018). Élaboration de l'indicateur national de l'érosion côtière. *XVèmes Journées nationales Génie Côtier Génie Civil*, 647-654.
- Hinkel, J., Nicholls, R. J., Tol, R. S. J., Wang, Z. B., Hamilton, J. M., Boot, G., Vafeidis, A. T., McFadden, L., Ganopolski, A., & Klein, R. J. T. (2013). A global analysis of erosion of sandy beaches and sea-level rise : An application of DIVA. *Global and Planetary Change*, 111, 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.09.002>
- Hlavac, M. (2018). oaxaca : Blinder-Oaxaca decomposition in R. *Available at SSRN 2528391*. <https://CRAN.R-project.org/package=oaxaca>
- Holcombe, R. G. (1989). The median voter model in public choice theory. *Public Choice*, 61(2), 115-125. <https://doi.org/10.1007/BF00115658>
- Holcombe, R. G., & Williams, D. W. (2008). The Impact of Population Density on Municipal Government Expenditures. *Public Finance Review*, 36(3), 359-373. <https://doi.org/10.1177/1091142107308302>
- Hortas-Rico, M., & Solé-Ollé, A. (2010). Does urban sprawl increase the costs of providing local public services ? Evidence from Spanish municipalities. *Urban studies*, 47(7), 1513-1540.

- Hynes, S., Burger, R., Tudella, J., Norton, D., & Chen, W. (2022). Estimating the costs and benefits of protecting a coastal amenity from climate change-related hazards : Nature based solutions via oyster reef restoration versus grey infrastructure. *Ecological Economics*, *194*, 107349. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107349>
- Ida, T., & Ono, H. (2019). Urban sprawl and local public service costs in Japan. *Advances in Local Public Economics: Theoretical and Empirical Studies*, 195-215.
- Ihlanfeldt, K., & Willardsen, K. (2018). Local Public Services Costs and the Geography of Development : Evidence from Florida Counties. *Journal of Regional Science*, *58*(1), 5-37. <https://doi.org/10.1111/jors.12333>
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Éds.), *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jerch, R., Kahn, M. E., & Lin, G. C. (2023). Local public finance dynamics and hurricane shocks. *Journal of Urban Economics*, *134*, 103516. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2022.103516>
- Jones, F. L., & Kelley, J. (1984). Decomposing differences between groups : A cautionary note on measuring discrimination. *Sociological Methods & Research*, *12*(3), 323-343.
- Kline, P. (2011). Oaxaca-Blinder as a Reweighting Estimator. *American Economic Review*, *101*(3), 532-537. <https://doi.org/10.1257/aer.101.3.532>
- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, *46*(1), 33. <https://doi.org/10.2307/1913643>
- Kok, S., Bisaro, A., de Bel, M., Hinkel, J., & Bouwer, L. M. (2021). The potential of nature-based flood defences to leverage public investment in coastal adaptation : Cases from the Netherlands, Indonesia and Georgia. *Ecological Economics*, *179*, 106828. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106828>
- Koumba, O. (2010). Dynamique de la demande des biens publics locaux durables. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, *mai*(2), 251-267. <https://doi.org/10.3917/reru.102.0251>

- La Banque Postale. (2017). *Regard financier sur les communes métropolitaines du littoral*. La Banque Postale. <https://www.labanquepostale.fr/legroupe/actualites-publications/etudes/etudes-communes/regard-financier-communes-littoral.html>
- La Fabrique Ecologique. (2020). *L'adaptation au changement climatique sur le littoral français*.
- Ladd, H. F. (1992). Population Growth, Density and the Costs of Providing Public Services. *Urban Studies*, 29(2), 273-295. <https://doi.org/10.1080/00420989220080321>
- Le Berre, I. (2017). L'artificialisation des littoraux : Déterminants et impacts. In B. B, L. B. Y, & R. A (Éds.), *Sols Artificialisés et Processus d'artificialisation Des Sols : Déterminants, Impacts et Leviers d'action* (p. 234-254). Expertise Scientifique Collective (ESCo). IFSTTAR, INRA. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764526>
- Le Berre, I. (2021). *Occupation et usage du littoral, évolution, déterminants, conséquences* [Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Bretagne Occidentale (UBO), Brest]. <https://shs.hal.science/tel-03508913>
- Le Maux, B. (2007). Note de Recherche. L'électeur médian est-il vraiment décisif ? : Un examen des communes françaises. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, décembre(5), 921-944. <https://doi.org/10.3917/reru.075.0921>
- Leforestier, G., & Niel, X. (2018). *L'investissement des communes et son financement* (BIS n°127; Bulletin d'information statistique (BIS)). Direction Générale des Collectivités Locales (DGCL).
- Leprince, M., & Guengant, A. (2002). Interactions fiscales verticales et réaction des communes à la coopération intercommunale. *Revue économique*, 53(3), 525. <https://doi.org/10.3917/reco.533.0525>
- Leprince, M., & Pourieux, M. (2018). L'impact des dotations de péréquation sur les dépenses locales : Une évaluation sur données communales en France. *Revue d'économie financière*, N° 132(4), 107-119.
- Loi 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains (1) (2000).
- Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (1) (1986).

- Loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (1995).  
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000551804>
- Loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (1), 2018-1021 (2018).
- Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1), 2021-1104 (2021).  
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>
- Machado, J. A. F., & Mata, J. (2005). Counterfactual decomposition of changes in wage distributions using quantile regression. *Journal of Applied Econometrics*, 20(4), 445-465.  
<https://doi.org/10.1002/jae.788>
- Maillard, S., & Boutchenik, B. (2018). Méthodes économétriques de décomposition des inégalités. De la théorie à la pratique. *Treizième journée de méthodologie statistique de l'INSEE*.
- Masiero, G., & Santarossa, M. (2019). *Earthquakes, grants and public expenditure*.  
<https://sonar.ch/global/documents/318844>
- McIntosh, C. T., & Schlenker, W. (2006). Identifying non-linearities in fixed effects models. *UC-San Diego Working Paper*.
- Meur-Ferec, C. (2021). Risques côtiers : Des littoraux toujours sous pression. In J. Rebotier, *Les risques et l'anthropocène* (p. 31-57). ISTE Group. <https://doi.org/10.51926/ISTE.9041.ch1>
- Meur-Ferec, C., Lageat, Y., & Hénaff, A. (2013). *La gestion des risques côtiers en France métropolitaine : Évolution des doctrines, inertie des pratiques?*
- Miao, Q., Chen, C., Lu, Y., & Abrigo, M. (2020). Natural Disasters and Financial Implications for Subnational Governments : Evidence from China. *Public Finance Review*, 48(1), 72-101.  
<https://doi.org/10.1177/1091142119884710>
- Miao, Q., Hou, Y., & Abrigo, M. (2018). Measuring the financial shocks of natural disasters : A panel study of u.s. states. *National Tax Journal*, 71(1), 11-44. <https://doi.org/10.17310/ntj.2018.1.01>
- Ministère de la Transition Écologique. (2023, juillet 21). *Financement de la prévention des risques naturels et hydrauliques*. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/financement-prevention-risques-naturels-hydrauliques>

- Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. (2024a). *Le Fonds Vert, Fonds d'accélération de la transition écologique dans les territoires—Accompagnement pour l'adaptation des territoires littoraux au recul du trait de côte | Edition 2024—Axe 2* (Version 2.1; Axe 2 | Adapter les territoires au changement climatique). Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.
- Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. (2024b, janvier 30). *Adaptation des territoires aux évolutions du littoral*. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/adaptation-territoires-aux-evolutions-du-littoral>
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. (2012). *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte—Vers la relocalisation des activités et des biens*.
- Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. (2017). *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte—Programme d'actions 2017-2019*.
- Moe, T. (1997). The positive theory of public bureaucracy. *Perspectives on public choice*, 455.
- Morvan, C. (2022). Municipalities' budgetary response to natural disasters WP2206.pdf. *GATE Working Paper*, 2206.
- Morvan, C., & Paty, S. (2024). Natural disasters and voter gratitude : What is the role of prevention policies? *Public Choice*, 198(3), 427-465. <https://doi.org/10.1007/s11127-023-01137-x>
- Mullin, M., Smith, M. D., & McNamara, D. E. (2019). Paying to save the beach : Effects of local finance decisions on coastal management. *Climatic Change*, 152(2), 275-289. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2191-5>
- Mundlak, Y. (1978). On the pooling of time series and cross section data. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 69-85.
- Niskanen, W. A. (1971). *Bureaucracy and Representative Government*. Transaction Publishers.
- Noy, I., & Nualsri, A. (2011). Fiscal storms : Public spending and revenues in the aftermath of natural disasters. *Environment and Development Economics*, 16(1), 113-128. <https://doi.org/10.1017/S1355770X1000046X>
- Oates, W. E. (1988). On the measurement of congestion in the provision of local public goods. *Journal of Urban Economics*, 24(1), 85-94. [https://doi.org/10.1016/0094-1190\(88\)90048-4](https://doi.org/10.1016/0094-1190(88)90048-4)

- Oaxaca, R. (1973). Male-Female Wage Differentials in Urban Labor Markets. *International Economic Review*, 14(3), 693. <https://doi.org/10.2307/2525981>
- Oaxaca, R. L., & Ransom, M. R. (1999). Identification in detailed wage decompositions. *Review of Economics and Statistics*, 81(1), 154-157.
- Observatoire des finances locales. (2015). *Les finances des collectivités locales en 2015 : Etat des lieux*.
- Observatoire national de la mer et du littoral ONML. (2008). *Démographie et économie du littoral*. [http://www.onml.fr/publications/?tx\\_ttnews%5Bcat%5D=17&tx\\_ttnews%5Bpointer%5D=1&cHash=ed7a0f8614545987be778cbeb9f864c0](http://www.onml.fr/publications/?tx_ttnews%5Bcat%5D=17&tx_ttnews%5Bpointer%5D=1&cHash=ed7a0f8614545987be778cbeb9f864c0)
- Observatoire national de la mer et du littoral ONML. (2012). *Zones basses sur le littoral métropolitain*.
- OCDE. (2019a). *Hausse du niveau des mers : Les approches des pays de l'OCDE face aux risques côtiers*. Organisation for Economic Co-operation and Development. [https://www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/hausse-du-niveau-des-mers\\_9789264312999-fr](https://www.oecd-ilibrary.org/fr/environment/hausse-du-niveau-des-mers_9789264312999-fr)
- OCDE. (2019b). Le défi de l'adaptation côtière. In *Hausse du niveau des mers* (p. 35-65). Éditions de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). <https://doi.org/10.1787/59f4dd4e-fr>
- OCDE. (2019c). Nouvelles méthodes d'adaptation des zones côtières. In *Hausse du niveau des mers* (p. 66-100). Éditions de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). <https://www.cairn.info/hausse-du-niveau-des-mers--9789264498389-p-66.htm>
- O'Connor, M. C., Cooper, J. A. G., McKenna, J., & Jackson, D. W. T. (2010). Shoreline management in a policy vacuum : A local authority perspective. *Ocean & Coastal Management*, 53(12), 769-778. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2010.10.016>
- Olson, M. (1971). *The Logic of Collective Action : Public Goods and the Theory of Groups* (Vol. 124). Harvard University Press.
- Panwar, V., & Sen, S. (2020). Fiscal Repercussions of Natural Disasters : Stylized Facts and Panel Data Evidences from India. *Natural Hazards Review*, 21(2), 04020011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000369](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000369)
- Pioch, S. (2021). L'artificialisation du littoral : Comment l'éviter, la réduire ou la compenser ? *Futuribles*, N° 442(3), 63-78. <https://doi.org/10.3917/futur.442.0063>

- Poupard, G. (2017). L'urbanisation du littoral : Un essoufflement? *Population Avenir*, 3, 4-8.
- Proença, I., & Faustino, H. C. (2015). Modelling bilateral intra-industry trade indexes with panel data : A semiparametric approach. *Computational Statistics*, 30(3), 865-884.
- Proença, I., Sperlich, S., & Savaşçı, D. (2015). Semi-mixed effects gravity models for bilateral trade. *Empirical Economics*, 48(1), 361-387. <https://doi.org/10.1007/s00181-014-0891-x>
- Rasmussen, D. J., Kopp, R. E., Shwom, R., & Oppenheimer, M. (2021). The Political Complexity of Coastal Flood Risk Reduction : Lessons for Climate Adaptation Public Works in the U.S. *Earth's Future*, 9(2), e2020EF001575. <https://doi.org/10.1029/2020EF001575>
- Rey-Valette, H., Lambert, M.-L., Vianey, G., Rulleau, B., André, C., & Lautrédou-Audouy, N. (2018). Acceptabilité des relocalisations des biens face à l'élévation du niveau de la mer : Perceptions de nouveaux dispositifs de gouvernance du foncier. *Géographie, économie, société*, 20(3), 359-379. <https://doi.org/10.3166/ges.2018.0005>
- Ritschard, L. (2017). *Représentations spatiales et processus de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) : Application à deux territoires côtiers* [Thèse de Doctorat]. Université de Bretagne Occidentale.
- Robert, S. (2016). Entre étalement et densification : Une approche fine de l'urbanisation littorale sur la Côte bleue, Provence. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27451>
- Robert, S., Fox, D., Boulay, G., Grandclément, A., Garrido, M., Pasqualini, V., Prévost, A., Schleyer-Lindenmann, A., & Trémélo, M.-L. (2019). A framework to analyse urban sprawl in the French Mediterranean coastal zone. *Regional Environmental Change*, 19(2), 559-572. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1425-4>
- Rocle, N., Dachary-Bernard, J., & Rey-Valette, H. (2021). Moving towards multi-level governance of coastal managed retreat : Insights and prospects from France. *Ocean & Coastal Management*, 213, 105892. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105892>
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.

- Sandler, T. (2015). Collective action : Fifty years later. *Public Choice*, 164(3), 195-216.  
<https://doi.org/10.1007/s11127-015-0252-0>
- Sauvez, M. (2002). Les coûts cachés de l'étalement urbain. *Etudes foncières*, 95, 30-35.
- Shi, Y., & Sun, J. (2021). The Influence of Neighboring Jurisdictions Matters : Examining the Impact of Natural Disasters on Local Government Fiscal Accounts. *Public Finance Review*, 49(3), 435-463.  
<https://doi.org/10.1177/109114212111025740>
- Simpson, E. H. (1951). The Interpretation of Interaction in Contingency Tables. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 13(2), 238-241.
- Słoczyński, T. (2015). The Oaxaca–Blinder Unexplained Component as a Treatment Effects Estimator. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 77(4), 588-604.  
<https://doi.org/10.1111/obes.12075>
- Smith, B. H. (1993). The Effect of Ocean and Lake Coast Amenities on Cities. *Journal of Urban Economics*, 33(1), 115-123. <https://doi.org/10.1006/juec.1993.1008>
- Solé-Ollé, A., & Bosch, N. (2005). On the Relationship between Authority Size and the Costs of Providing Local Services : Lessons for the Design of Intergovernmental Transfers in Spain. *Public Finance Review*, 33(3), 343-384. <https://doi.org/10.1177/1091142104272708>
- Steurer, M., & Bayr, C. (2020). Measuring urban sprawl using land use data. *Land Use Policy*, 97, 104799. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104799>
- Tompkins, E. L., & Eakin, H. (2012). Managing private and public adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 22(1), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.010>
- Tsai, Y.-H. (2005). Quantifying urban form : Compactness versus ' sprawl'. *Urban studies*, 42(1), 141-161.
- Tselios, V., & Tompkins, E. (2021). Local government, political decentralisation and resilience to natural hazard-associated disasters. In *Environmental Hazards and Resilience*. Routledge.
- Werck, K., Heyndels, B., & Geys, B. (2008). The impact of 'central places' on spatial spending patterns : Evidence from Flemish local government cultural expenditures. *Journal of Cultural Economics*, 32(1), 35-58. <https://doi.org/10.1007/s10824-007-9056-5>

- Wood, S. N. (2017). *Generalized Additive Models : An Introduction with R* (2<sup>e</sup> éd.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781315370279>
- Woodruff, S. C., Mullin, M., & Roy, M. (2020). Is coastal adaptation a public good ? The financing implications of good characteristics in coastal adaptation. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1703656>
- Wooldridge, J. M. (2003). *Introductory Econometrics : A Modern Approach*. South-Western College Pub.
- Wu, J. (2006). Environmental amenities, urban sprawl, and community characteristics. *Journal of Environmental Economics and Management*, 52(2), 527-547. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2006.03.003>
- Yun, M.-S. (2005). A Simple Solution to the Identification Problem in Detailed Wage Decompositions. *Economic Inquiry*, 43(4), 766-772. <https://doi.org/10.1093/ei/cbi053>
- Zaninetti, J.-M. (2006). L'urbanisation du littoral en France. *Population & Avenir*, 677(2), 4. <https://doi.org/10.3917/popav.677.0004>

---

**Titre :** Les déterminants des dépenses des communes littorales : le rôle de l'étalement urbain, de la densité démographique et des aléas côtiers.

**Mots clés :** Communes littorales, finances locales, artificialisation des sols, trait de côte, érosion, submersion marine.

**Résumé :** La présente thèse étudie les spécificités des dépenses des communes littorales. Plus précisément, elle s'intéresse à l'étalement urbain, à la densité démographique et aux aléas côtiers (érosion et submersion marine) comme déterminants des dépenses des communes littorales françaises. La thèse montre qu'une hausse de l'artificialisation des sols, induite par l'urbanisation, sur le littoral tend à accroître les dépenses récurrentes des communes littorales. Ces travaux montrent également qu'en plus de limiter l'artificialisation des sols, une hausse de la densité démographique permet des économies d'échelle dans la fourniture de services publics locaux, et contribue ainsi à réduire les dépenses communales par habitant. Les décideurs

locaux ont donc des incitations budgétaires à contrôler la croissance spatiale de leur territoire et faire preuve de sobriété foncière. Enfin, concernant la morphologie du trait de côte et l'exposition aux aléas côtiers, la thèse montre que la part en érosion (recul) et la longueur totale du trait de côte sont associées à des dépenses récurrentes plus élevées pour les communes littorales. Nos résultats confirment, entre autres, la nécessité d'un dispositif de financement spécifique à la gestion du recul du trait de côte.

---

**Title:** The determinants of expenditure of coastal municipalities: the role of urban sprawl, population density and coastal hazards.

**Keywords:** Coastal municipalities, local finances, land take, coastline, erosion, coastal flood.

**Abstract:** This thesis examines the specificities of the expenditures of coastal municipalities. More precisely, it investigates urban sprawl, population density, and coastal hazards (erosion and coastal flood) as determinants of the expenditures of French coastal municipalities. The thesis demonstrates that an increase in land conversion to artificial surfaces (land take), driven by urbanization in the coastal areas, tends to raise the recurrent expenditures of coastal municipalities. This research also shows that, in addition to limiting land take, an increase in population density allows for economies of scale in the provision of local

public services, thereby helping to reduce municipal expenditures per capita. Consequently, local policymakers have fiscal incentives to manage the spatial growth of their territories and adopt a sobriety-oriented approach to land use. Finally, regarding coastline morphology and exposure to coastal hazards, the thesis shows that the proportion of eroding coastline and the total coastline length are associated with higher recurrent expenditures for coastal municipalities. Our findings confirm, among other things, the necessity of a specific funding mechanism to manage coastal erosion.