

Projet ANR RICOCHET
Évaluation multirisques de territoires côtiers
en contexte de changement global (2017 - 2021)

SYNTHÈSE 2 : QUANTIFICATION DES CONSÉQUENCES POTENTIELLES LIÉES AUX ALÉAS



Une nécessité d'envisager plus précisément les impacts des aléas dans les territoires littoraux

?

" Comment identifier la vulnérabilité des éléments exposés à différents aléas naturels (inondations, érosions, submersion, mouvement de terrain et leurs concomitances) ? "

?

?

" Quels outils cartographiques précis et utiles à la planification territoriale ? "

?

" Doit-on se limiter à une seule échelle spatiale pour la gestion des risques ? "

Ces réflexions ont été énoncées par différents acteurs des territoires littoraux normands dans le cadre des comités locaux (juin 2017) du projet RICOCHET. Elles évoquent l'inquiétude des élus et gestionnaires des communes face aux aléas climatiques côtiers et continentaux. Suite à l'identification et la caractérisation des Eléments Exposés (ou EE) aux aléas (cf. synthèse 1), le travail de recherche propose également une nouvelle méthode de quantification des conséquences potentielles liées aux aléas naturels sur ces éléments, incluse au sein d'outil cartographique adapté aux spécificités des territoires littoraux.

RICOCHET : un projet pluridisciplinaire adoptant une approche multirisque sur trois territoires normands

Contexte et objectifs du projet

Le projet RICOCHET est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et coordonné par le laboratoire LETG - Caen GEOPHEN. L'originalité de ce projet est d'aborder les problèmes liés à l'aménagement des territoires côtiers à risques, soumis à des aléas naturels multiples et potentiellement concomitants (Figure 1).

Dans un contexte d'accélération de l'érosion, de glissements de terrain, de recul du trait de côte, de submersions, d'inondations fluviales ou maritimes, la relocalisation des personnes et les biens devient de plus en plus nécessaire.

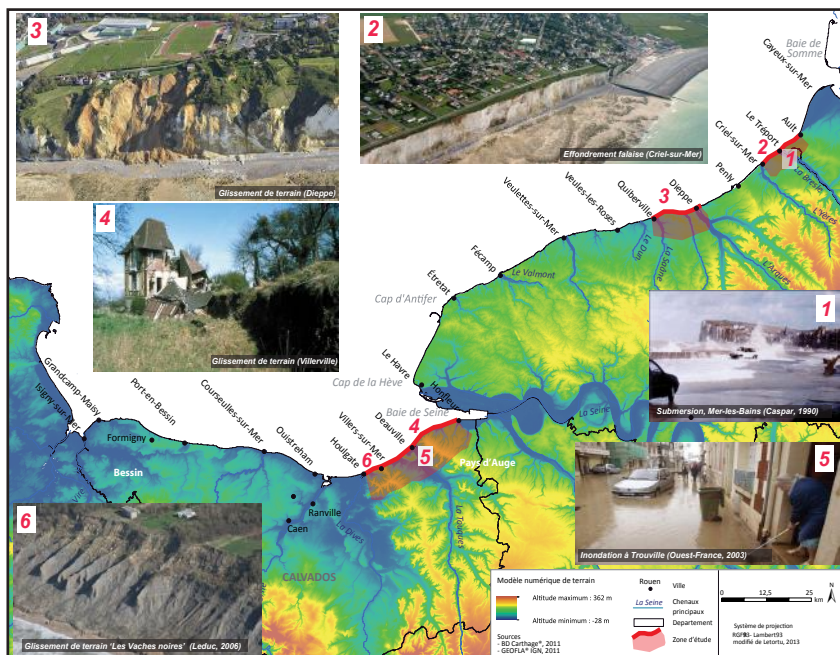


Figure 1 : Localisation des 3 sites d'étude du projet RICOCHET et exemples d'aléas. Ces sites s'étendent de Houlgate à Honfleur (site n°1), de Quiberville à Puys (site n°2), et de Criel-sur-Mer à Ault (site n°3)

Objectifs du projet RICOCHET :

- 1) Comprendre la dynamique actuelle du continuum Terre/Mer.
- 2) Déterminer les impacts multisectoriels des changements globaux, de l'augmentation des tempêtes et de l'élévation du niveau de la mer sur les territoires côtiers.
- 3) Accompagner l'appropriation de la thématique des changements côtiers par les élus locaux afin de mettre en place des stratégies durables d'adaptation.

Tâches principales

- Tâche 1 : Coordination et gestion du projet.
- Tâche 2 : Formuler et partager les préoccupations des décideurs, des gestionnaires et des scientifiques.
- Tâche 3 : Identifier et analyser les enjeux exposés.
- Tâche 4 : Identifier l'historique des événements générateurs de dommages et les facteurs déclenchant.
- Tâche 5 : Cartographie des aléas (érosion, submersion et inondation).
- Tâche 6 : Analyse multi-aléas / multi-risques et impact des scénarios de changement climatique et occupation du sol.
- Tâche 7 : Vers des territoires résilients grâce à des outils de gestion co-construits et adaptés.

Coordinateur du projet : LETG-Caen (*Littoral, environnement, télédétection, géomatique*).

Partenaires du projet : BRGM-Orléans (*Bureau de recherches géologiques et minières*), LETG-Brest, LGO-Brest (*Laboratoire géosciences océan*), M2C-Rouen (*Morphodynamique continentale et côtière*), ANBDD (*Agence normande de la biodiversité et du développement durable*), Entreprise Azur Drones.

Partenaires associés : SGAR-Normandie (*Secrétariat général pour les affaires régionales*), DREAL-Normandie, DDTM 14, DDTM 76, GIP-ROL, CEREMA, Conservatoire du littoral, Sous-préfectures Dieppe & Lisieux, Communauté de communes Cœur Côte Fleurie, Communauté d'agglomération de la Région Dieppoise.

1

De l'identification des Éléments Exposés à l'analyse des conséquences potentielles

Quelles conséquences aux différentes échelles ?

La méthode de cartographie et de caractérisation des éléments exposés (EE) n'est que la première étape de l'analyse du risque (cf. synthèse 1). Sur la base d'une synthèse bibliographique (Graff *et al.*, 2019 ; Graff, 2020), les conséquences potentielles, directes et indirectes, liées aux différents aléas naturels, sont évaluées à partir du **développement méthodologique APC (Affectation, Pondération, Combinaison) aux trois échelles spatiales** : moyenne, large et locale.

Cela permet donc aux gestionnaires et décideurs d'aboutir à une **meilleure compréhension du degré d'exposition et de fragilité des éléments exposés**, et de pouvoir agir en conséquence.

1) Échelle moyenne (1: 100 000 à 1: 25 000) :

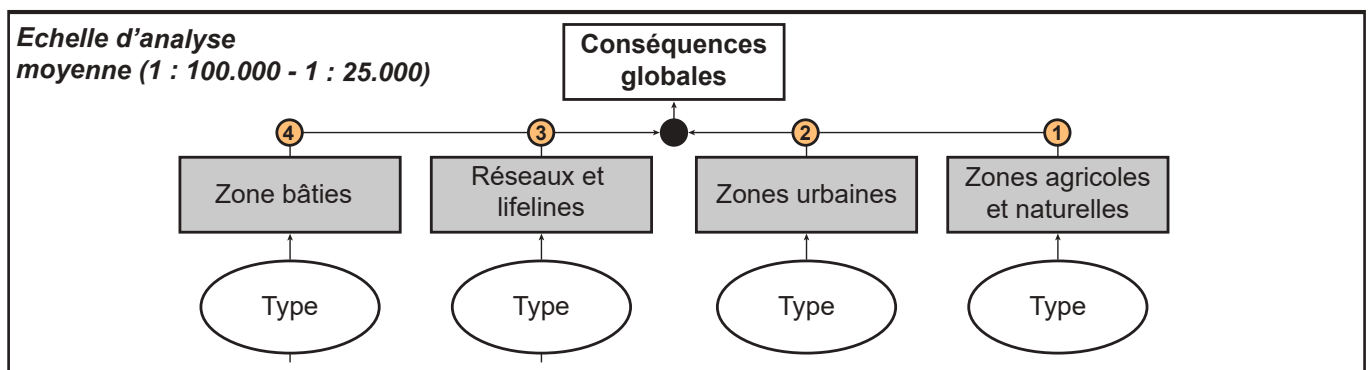


Figure 2 : Organisation du modèle de quantification APC (Affectation, Pondération et Combinaison) à l'échelle moyenne (Graff, 2020)

La quantification des conséquences potentielles globales (OC) considère l'ensemble des éléments présents sur le territoire en fonction de leur importance et sans considérer leur environnement direct. Le "type" d'EE est le seul critère d'analyse considéré à cette échelle (Figure 2) afin de conserver une information simplifiée et globale pour les zones bâties, les réseaux, les zones urbaines, les zones agricoles et naturelles.

2) Échelle large (1: 25 000 à 1: 10 000) :

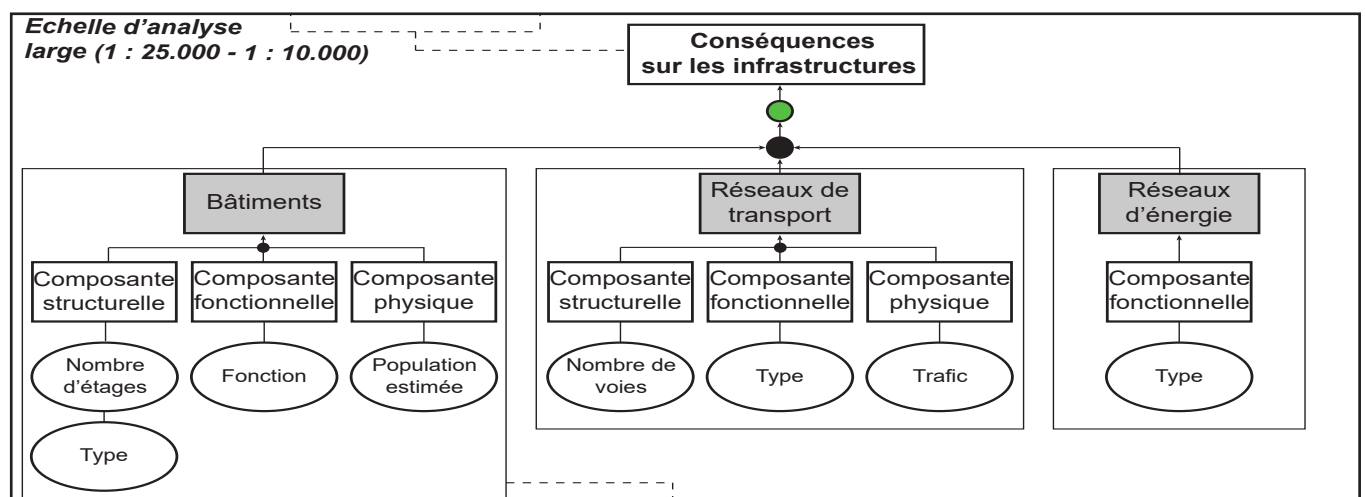


Figure 3 : Organisation du modèle de quantification APC (Affectation, Pondération et Combinaison) à l'échelle large (Graff, 2020)

La quantification des conséquences potentielles sur les infrastructures (CI) considère l'ensemble des constructions comme les bâtiments et les réseaux. Le but est d'évaluer les impacts physiques sur les éléments exposés, sur les activités humaines qui s'y déroulent, et les pertes humaines potentielles. Les conséquences sur les composantes structurelles, fonctionnelles et physiques (ou corporelles) des EE sont quantifiées.

Quatre critères d'analyses sont retenus pour les éléments considérés (Figure 3). Par exemple, pour les bâtiments, les quatre critères sont "type, fonction, population estimée et nombre d'étages", alors que pour les réseaux d'énergie, seul le critère "type" est considéré.

3) Échelle locale (1: 10 000 à 1: 2 000) :

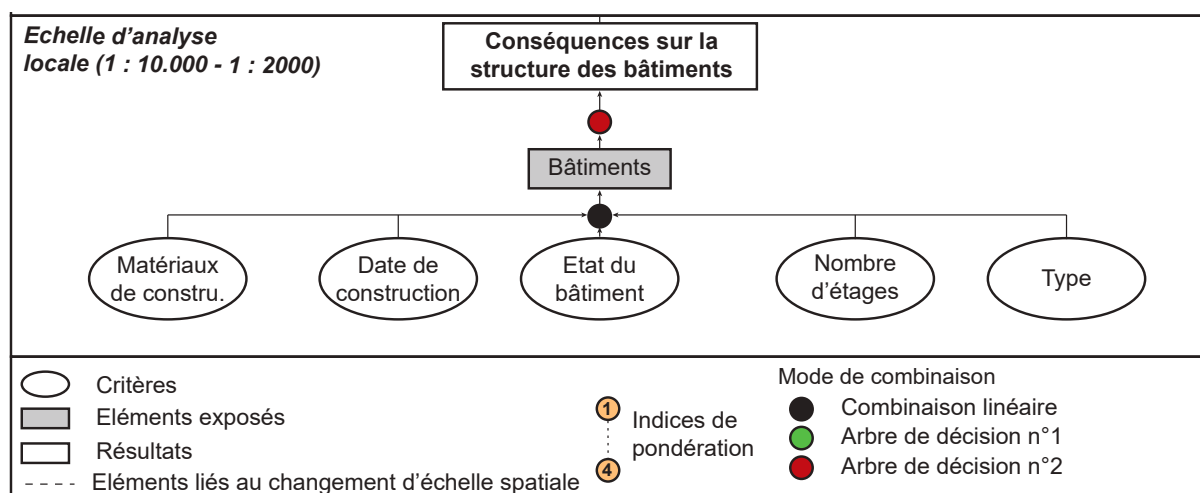


Figure 4 : Organisation du modèle de quantification APC (Affectation, Pondération et Combinaison) à l'échelle locale (Graff, 2020)

La quantification des conséquences potentielles sur la structure des bâtiments (SC) s'opère en intégrant **cinq critères d'analyses** (matériaux de construction, date de construction, état du bâtiment, nombre d'étages et type) (Figure 4).

Le but est de considérer le comportement de la structure à différents types d'évènements (*i.e.* inondation, glissement de terrain et combinaison des deux).

Combinaison des critères et systèmes de pondération

Durant la phase de traitement, à partir de la compilation et de l'harmonisation des bases de données, les **critères d'analyse** des éléments exposés sont affectés d'un **indice qui varie de 0 à 1** issus d'un **jugement expert**, puis sont réajustés grâce à **deux systèmes de pondération** adaptés aux différentes échelles spatiales : (1) un système de pondération prenant en compte l'importance des éléments exposés pour le territoire et (2) un système de pondération spatial qui combine linéairement l'ensemble des critères d'analyse.

À une échelle large et locale, un système de pondération spatiale est préféré pour exclure ou inclure certains éléments exposés en fonction de leur situation spatiale. Dans ce cas, les secteurs sujets aux inondations, glissements de terrain et à ces deux processus sont déterminés et intégrés avec deux algorithmes prenant la forme d'**arbre de décision** dans une plateforme SIG.

Dans la phase de post-traitement, les **résultats sont standardisés et discrétisés**. L'affichage des résultats est adapté aux différentes échelles d'analyses spatiales.

2

Intégration des caractéristiques environnementales

Les éléments exposés à différents aléas

Pour contraindre l'évaluation des conséquences potentielles aux spécificités morphologiques du territoire considéré, des systèmes de pondération spatiaux ont été élaborés pour déterminer les secteurs sujets aux inondations, glissements de terrain et à un croisement des deux (Figure 5).

Il ne s'agit pas de disposer de cartes de susceptibilité ou de cartes d'aléa avec définition des niveaux d'intensité et d'occurrence spatiale et temporelle, mais de considérer une enveloppe assez large dans laquelle peut se produire tel ou tel type d'événement.

Par exemple, **les secteurs sujets aux inondations** sont déterminés à partir de deux informations : (1) la distance à la rivière (sur une distance de 0 à 100 m) ; (2) les zones basses correspondant aux zones topographiques situées sous un niveau de marin de référence (dans ce cas un niveau marin centennal de 4,5 m NGF + 1 m d'élévation du niveau marin).

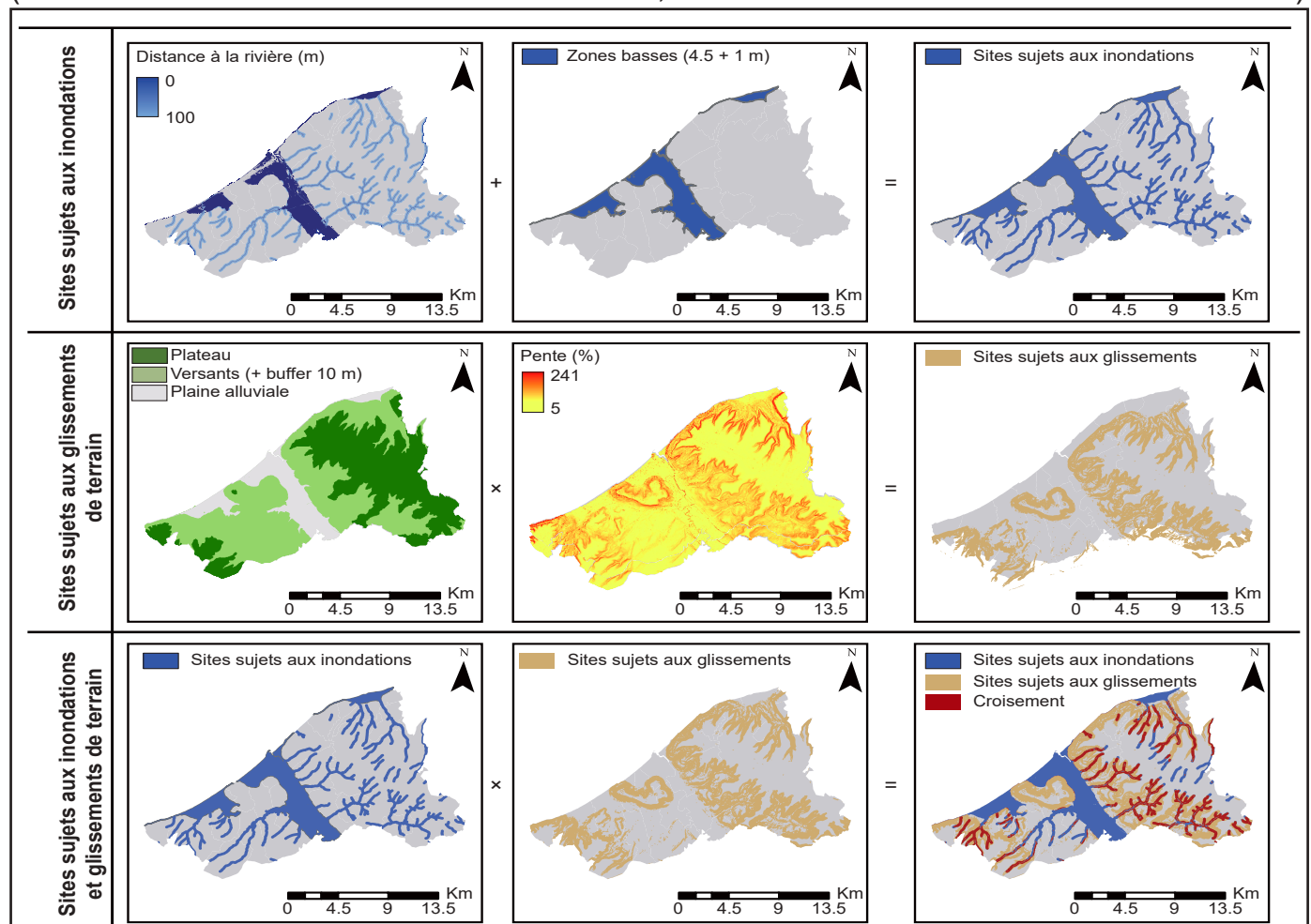


Figure 5 : Détermination des trois types de secteurs potentiellement sujets aux inondations, aux glissements de terrain et aux deux phénomènes (Graff, 2020)

Cette méthode a été expérimentée sur les trois territoires d'étude du projet RICO-CHET, dans le cadre de la tâche 3 "Identifier et analyser les enjeux exposés", et de la thèse de doctorat de Kevin Graff (Graff, 2020), réalisée à l'Université de Caen Normandie. L'article publié dans la revue *Natural Hazard* (Graff et al., 2019) illustre la méthode de quantification des conséquences potentielles.

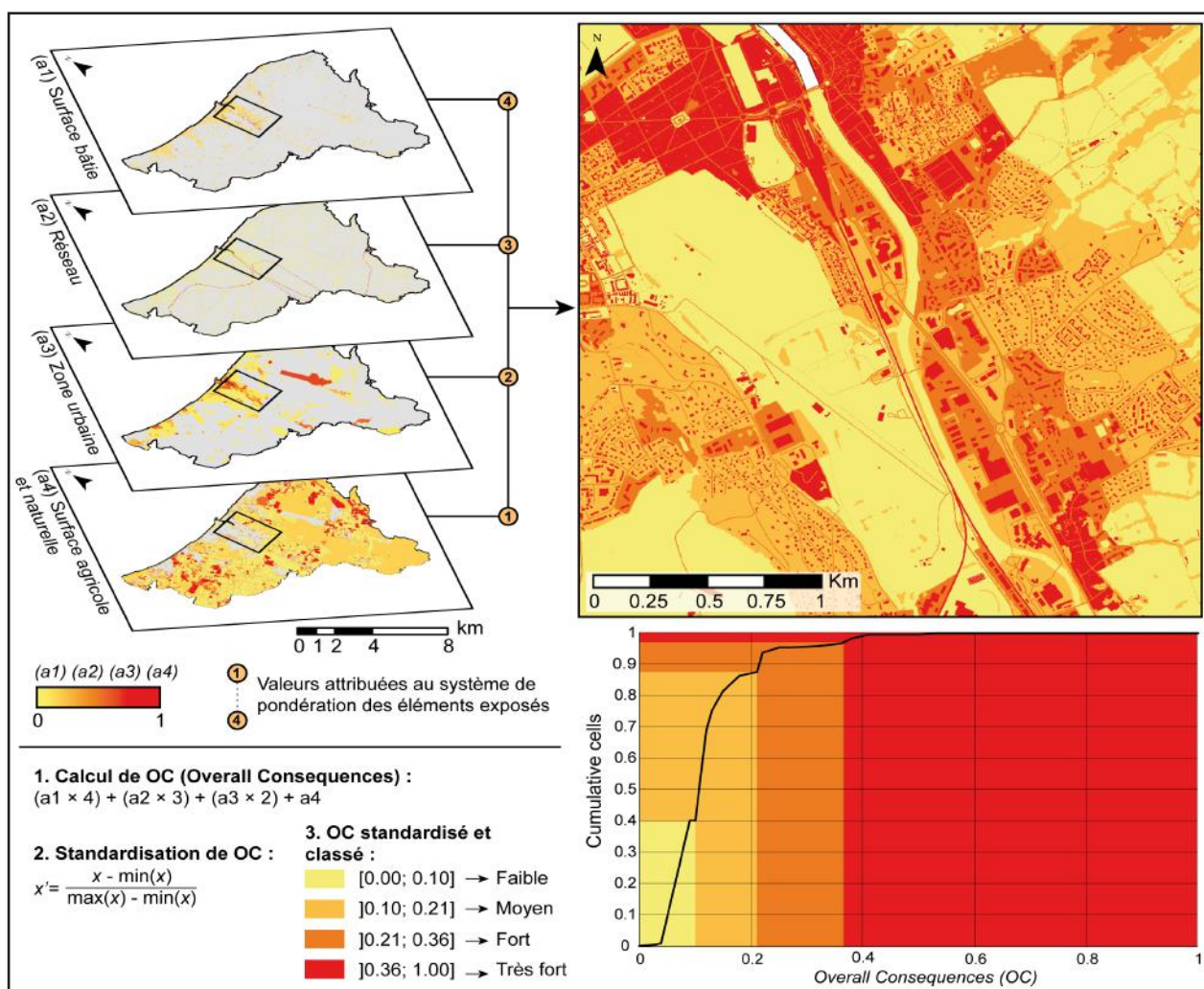
3

Illustrations des résultats du modèle de quantification APC

Pour les trois échelles considérées, les conséquences potentielles sont quantifiées et spatialisées selon **quatre classes (très forte, forte, moyenne, faible)** et illustrées pour la vallée de la Touques (site d'étude n°1 du projet RICOCHET).

Conséquences globales (OC) :

A l'échelle moyenne, les conséquences globales sont calculées à partir de la somme des différents types d'éléments exposés, ce qui permet d'identifier les secteurs à forts enjeux (Figure 6).



Les **conséquences potentielles fortes à très fortes** (12 % de la superficie totale du territoire n°1) concernent les éléments essentiels à l'économie du territoire : les axes majeurs de communication et de transport d'énergie, les zones concentrant un nombre important d'individus (zones d'activités économiques, zones résidentielles collectives).

Les **conséquences potentielles moyennes** (48 % de la superficie totale du territoire n°1) représentent : (1) les zones résidentielles pavillonnaires, (2) les zones protégées d'intérêt écologique (ZNIEFF, Natura 2000), (3) les sites touristiques et de loisirs (parcs, jardins communaux, plages équipées, golfs, etc.) et (4) les routes communales.

Conséquences sur les infrastructures (IC) :

A l'échelle large, les conséquences sur les infrastructures sont obtenues à partir des conséquences fonctionnelles, corporelles et structurelles en tenant compte de **sept critères d'analyse différents**. On obtient des cartes de conséquences pour les bâtiments, les réseaux de transport et les réseaux d'énergie, et un document cartographique permettant de bien identifier chacun des éléments exposés en fonction de sa classe de conséquences (Figure 7) liée par exemple à sa fonction (*i.e.* centres commerciaux, industriels, complexes administratifs, appartements...)

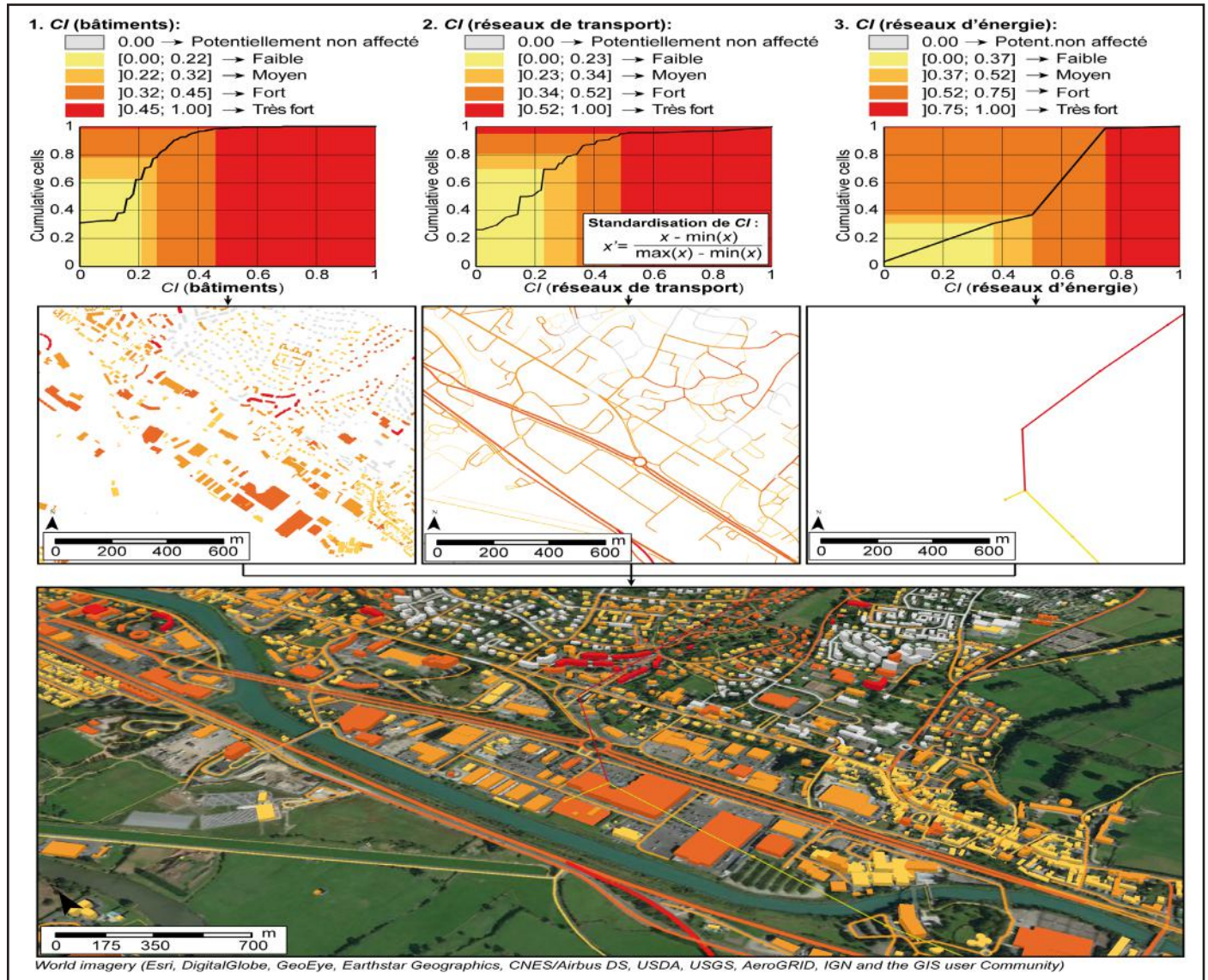
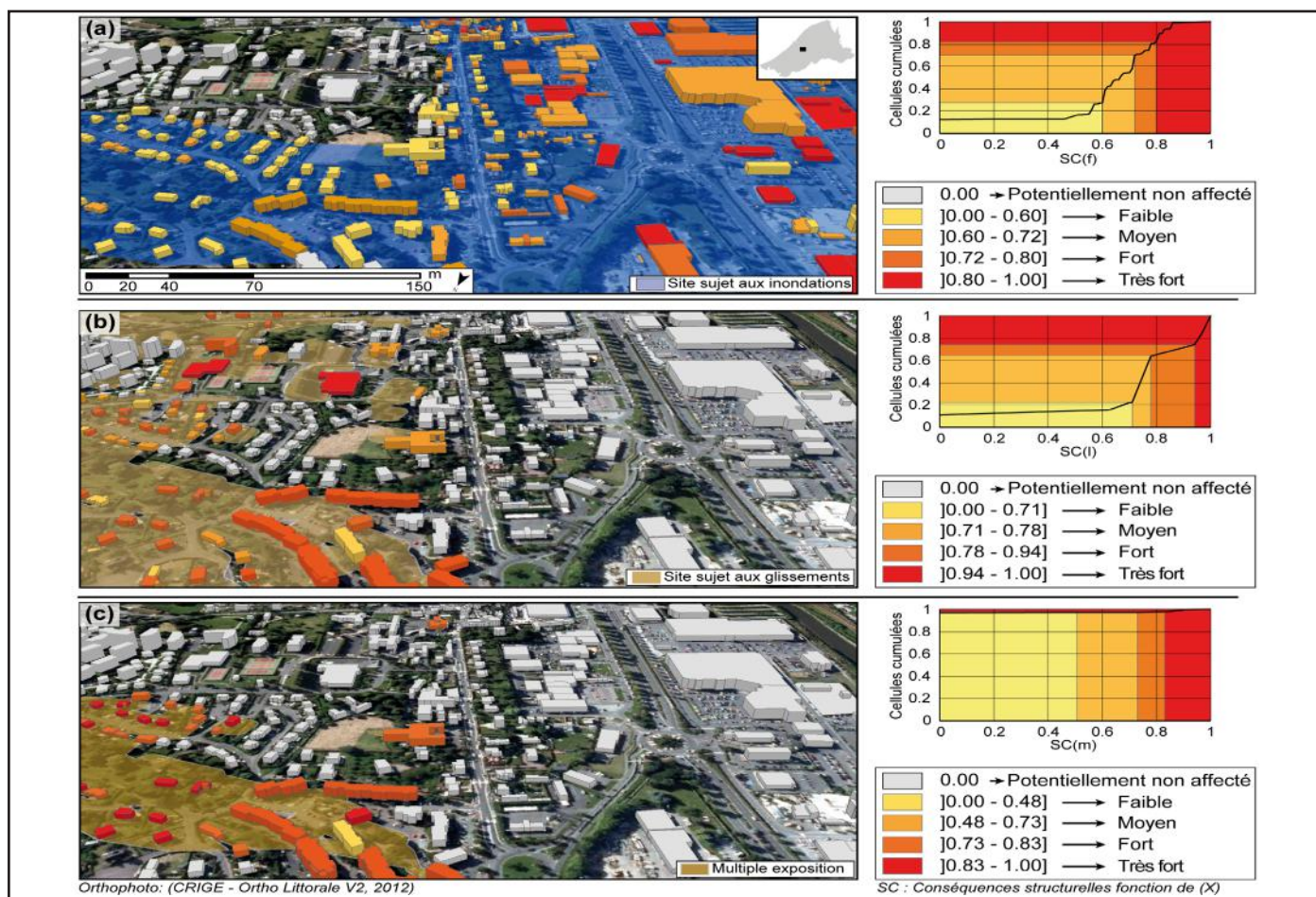


Figure 7 : Calcul des conséquences infrastructurelles (CI) à une échelle large (1 : 25 000 – 1 : 10 000) réajusté en fonction du système de pondération (Dt1). Illustration sur une vignette calée de part et d'autre de la vallée de la Touques du territoire n°1 (Graff *et al.*, 2019)

Conséquences sur la structure des bâtiments (SC):

A l'échelle locale, la somme des différents types de conséquences sur la structure des bâtiments fournit une information synthétique des conséquences potentielles en considérant la localisation des éléments exposés (Figure 8) en secteurs potentiellement inondables (débordement de cours d'eau ou de vallon sec et submersion marine) et instables (versant affecté par des glissements de terrain). Par exemple, **pour les inondations**, les **très fortes conséquences potentielles** concernent 88 bâtiments (10 %) correspondant aux bâtiments en mauvais état, aux stations-services ainsi qu'aux complexes commerciaux et industriels avec un seul étage et construits en matériaux mixtes.



La méthode APC (Affectation, Pondération, Combinaison) développée dans le cadre du projet ANR RICOCHET permet d'évaluer les conséquences potentielles à **trois échelles** grâce à l'**élaboration d'indices**. Elle offre une **évaluation multicritères simple et rapide des conséquences potentielles** à travers une **simplification des critères utilisés** et permet de tenir compte de l'environnement des éléments exposés à travers les **systèmes de pondération spatiaux**. La méthode est **aisément transposable** à différents sites d'étude sous réserve de quelques ajustements des rangs attribués en fonction des types d'éléments exposés considérés (*cf.*, synthèse 1, 2020).

Synthèse réalisée par Hugo CHAPPOUX dans le cadre d'un stage de master 2 au sein de l'ANBDD, encadré par Marion Brosseau, Stéphane Costa et Olivier Maquaire (stage financé par le projet RICOCHET)

Références :

- Graff K., Lissak C., Thierry Y., Maquaire O., Costa S., Laignel B., 2019. Analysis and quantification of potential consequences in multirisk coastal context at different spatial scales (Normandy, France). *Natural Hazards*, Springer Verlag, 2019, 99 (2), pp. 637-664.
- Graff K., 2020. Contribution à la cartographie multirisques de territoires côtiers : approche quantitative des conséquences potentielles et des concomitances hydrologiques (Normandie, France). Thèse de doctorat de l'Université de Caen-Normandie, 427p.

Pour plus d'informations sur le projet RICOCHET, rendez-vous sur : <http://anr-ricochet.unicaen.fr>

Pour en savoir plus, contactez : olivier.maquaire@unicaen.fr ; stephane.costa@unicaen.fr

