

Xynthia a touché le littoral atlantique français dans la nuit du 28 février 2010

- **41 décès par noyade** suite à la submersion des zones basses

➔ **La localisation des décès est-elle due au hasard ?**

➔ **Ne pourrait-on pas localiser *a priori* les zones où des décès sont possibles ?**



Xynthia a touché le littoral atlantique français dans la nuit du 28 février 2010

- **41 décès par noyade** suite à la submersion des zones basses

➔ **La localisation des décès est-elle due au hasard ?**

➔ **Ne pourrait-on pas localiser *a priori* les zones où des décès sont possibles ?**

- **Zones noires** : 1 628 constructions détruites,
coût = 315,7 millions d'€

➔ **N'existe-t-il pas d'autres solutions pour protéger la vie humaine ?**

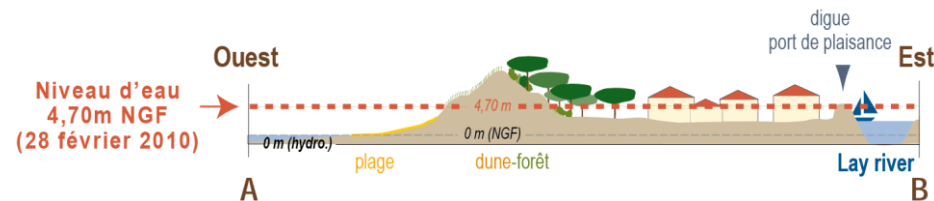
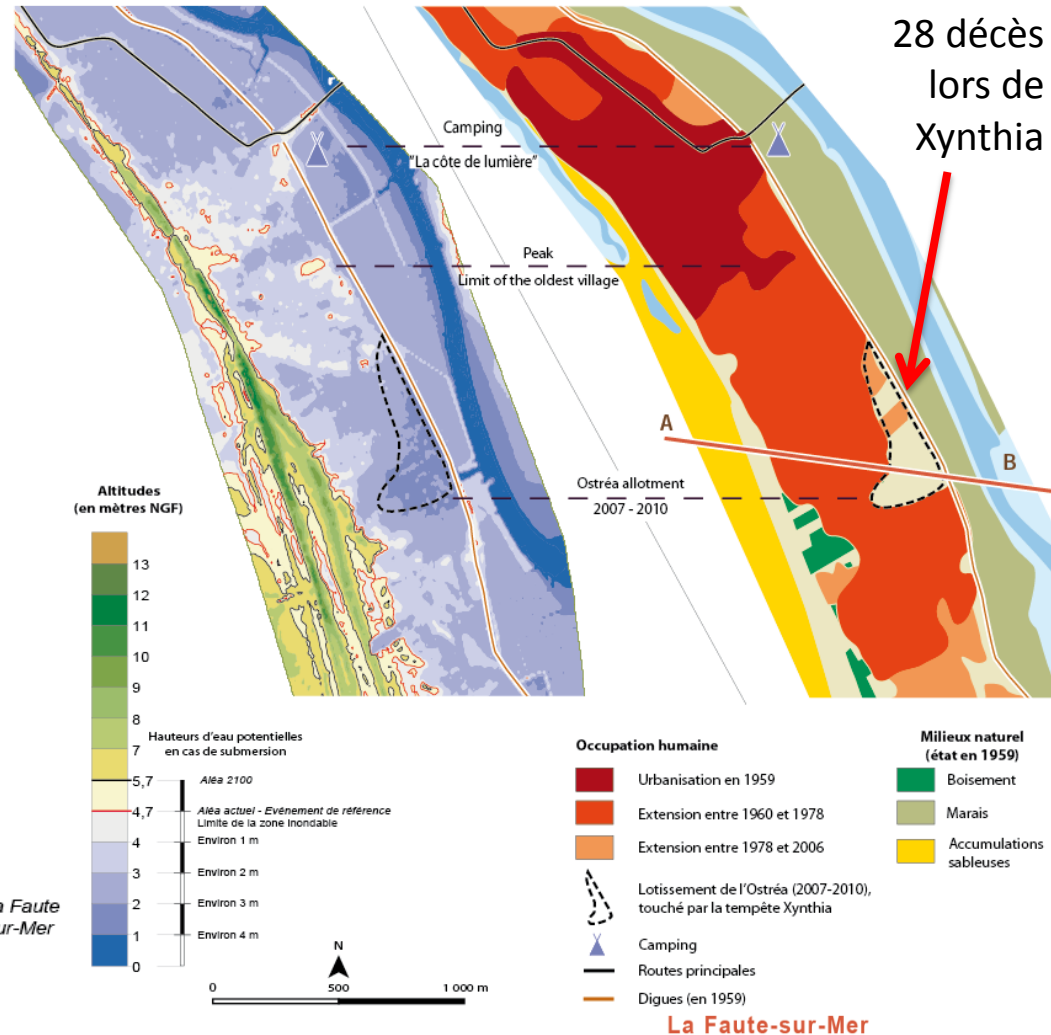
1. Topographie et submersion potentielle

2. Dynamique de l'urbanisation (entre 1959 et 2010)

La Faute-sur-Mer

- 1) Un territoire bas
- 2) Urbanisation progressive des zones les plus basses
- 3) Proximité des constructions aux digues
- 4) Prédominance des constructions de plain-pied

= zone de haute vulnérabilité humaine



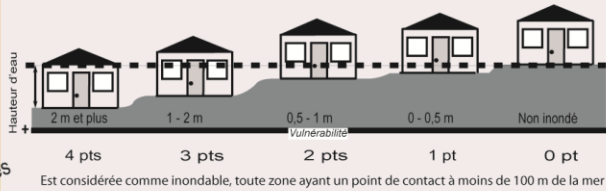
Source : Chadenas C., Creach A., Mercier D. (2013). *The impact of storm Xynthia (2010) on French coastal risk management*, Journal of Coastal Conservation and Management

Évaluation et cartographie de la vulnérabilité « extrême » : l'indice V.I.E.



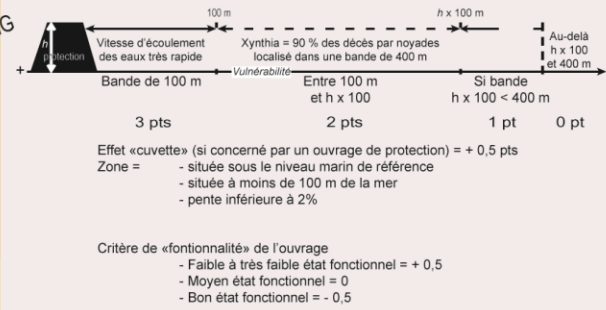
- Quelles sont les caractéristiques des constructions qui entraînent une exposition des occupants à un risque potentiellement mortel ?
- Comment diagnostiquer les situations à risque « extrême » ?
- Existe-t-il d'autres secteurs aux caractéristiques similaires le long du littoral atlantique français ?

Exposition à la submersion marine (Exp)



Cr1
Hauteur d'eau
Modèle Numérique de Terrain (MNT)
Aléa

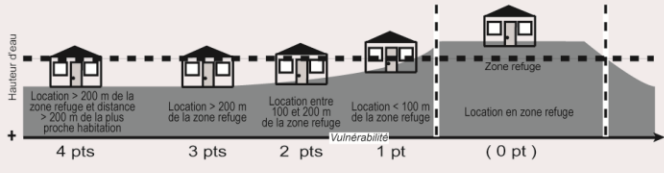
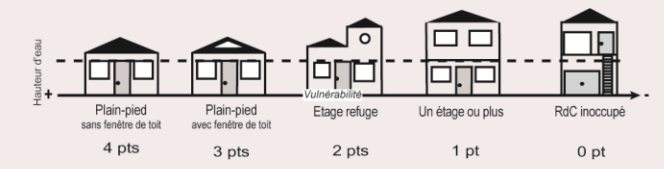
Cr2
Protection contre la submersion
Zone tampon



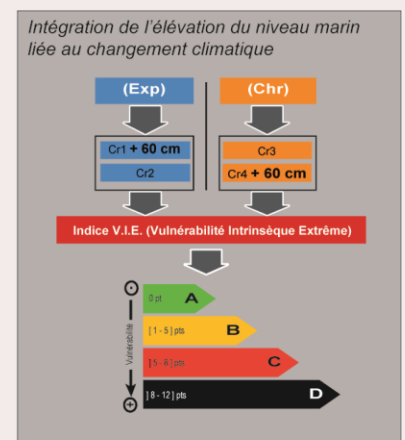
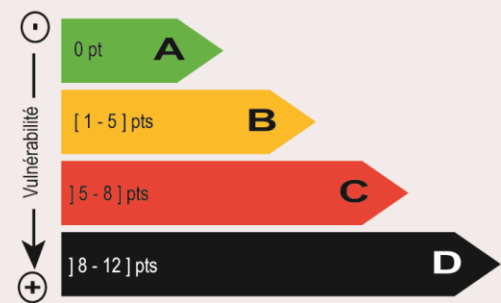
Caractéristiques du bâti (Chr)

Cr3
Type architectural
Typologie architecturale

Cr4
Proximité d'une zone refuge
Modèle Numérique de Terrain (MNT)



Indice V.I.E. (Vulnérabilité Intrinsèque Extrême)
 $V.I.E. = f \{ (Cr1 \times 2/3 + Cr4 \times 1/3) + Cr2 + Cr3 \}$
 Si Cr1 = 0 alors V.I.E. = 0



Paramètres

Critères

Pondération

Outil SIG

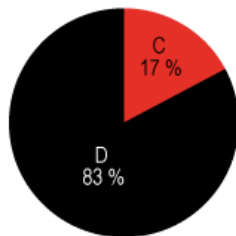
Indice Formule

Cartographie

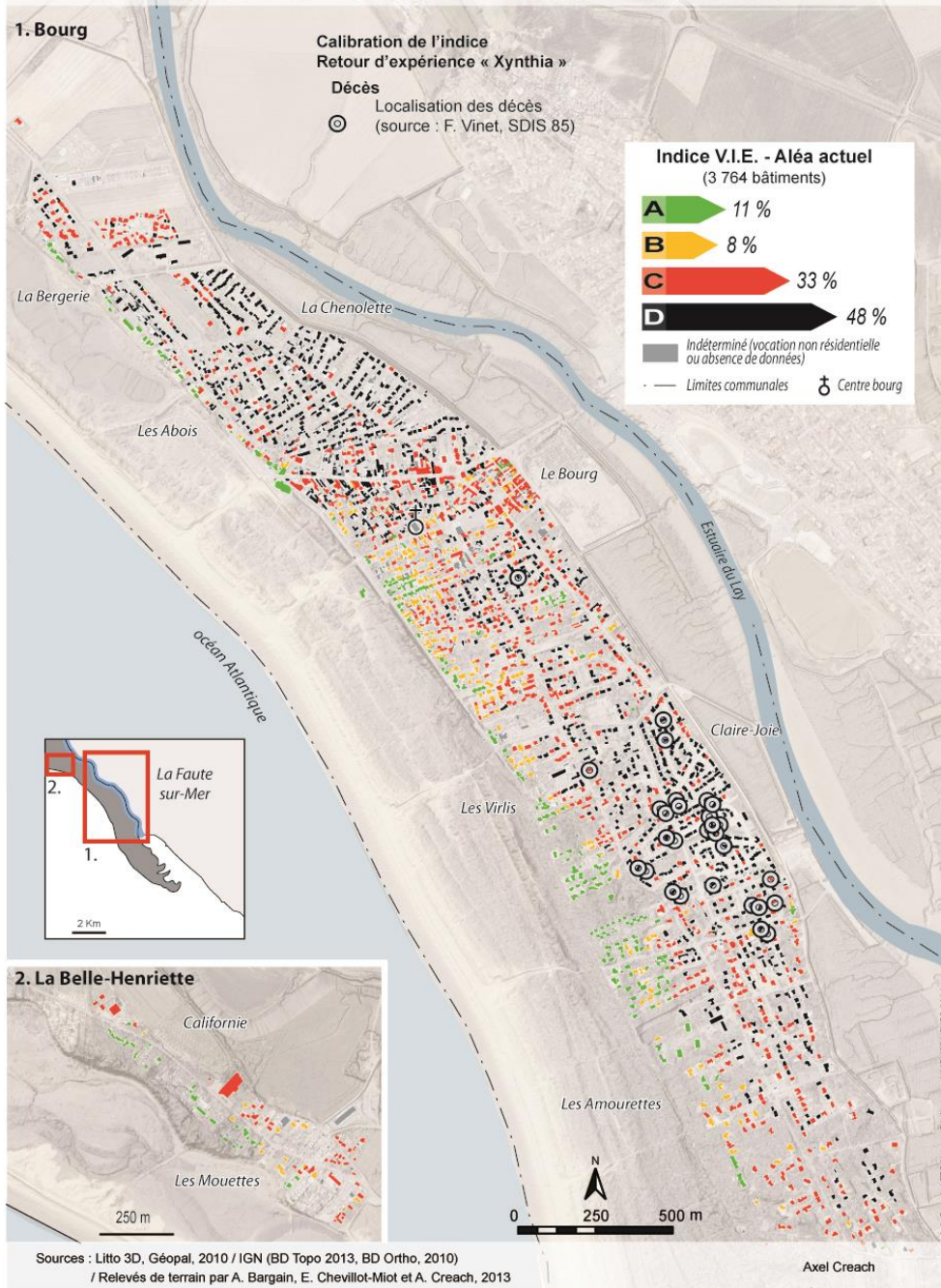
Validation par retour d'expérience

1 – Localisation des décès

c. Constructions concernées par des décès lors de Xynthia
La Faute-sur-Mer



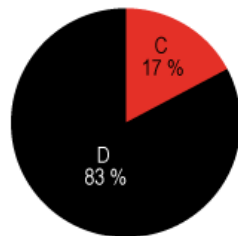
Calibration de l'indice V.I.E. : résultats de la classification manuelle La Faute-sur-Mer (Scénario " actuel " - 4,70 m NGF)



Validation par retour d'expérience

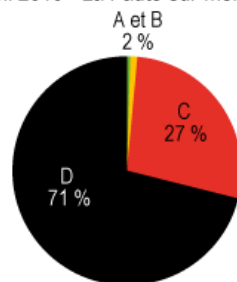
1 – Localisation des décès

c. Constructions concernées par des décès lors de Xynthia La Faute-sur-Mer



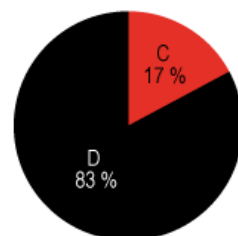
2 – Zones noires

a. A l'intérieur de la zone noire d'avril 2010 - La Faute-sur-Mer



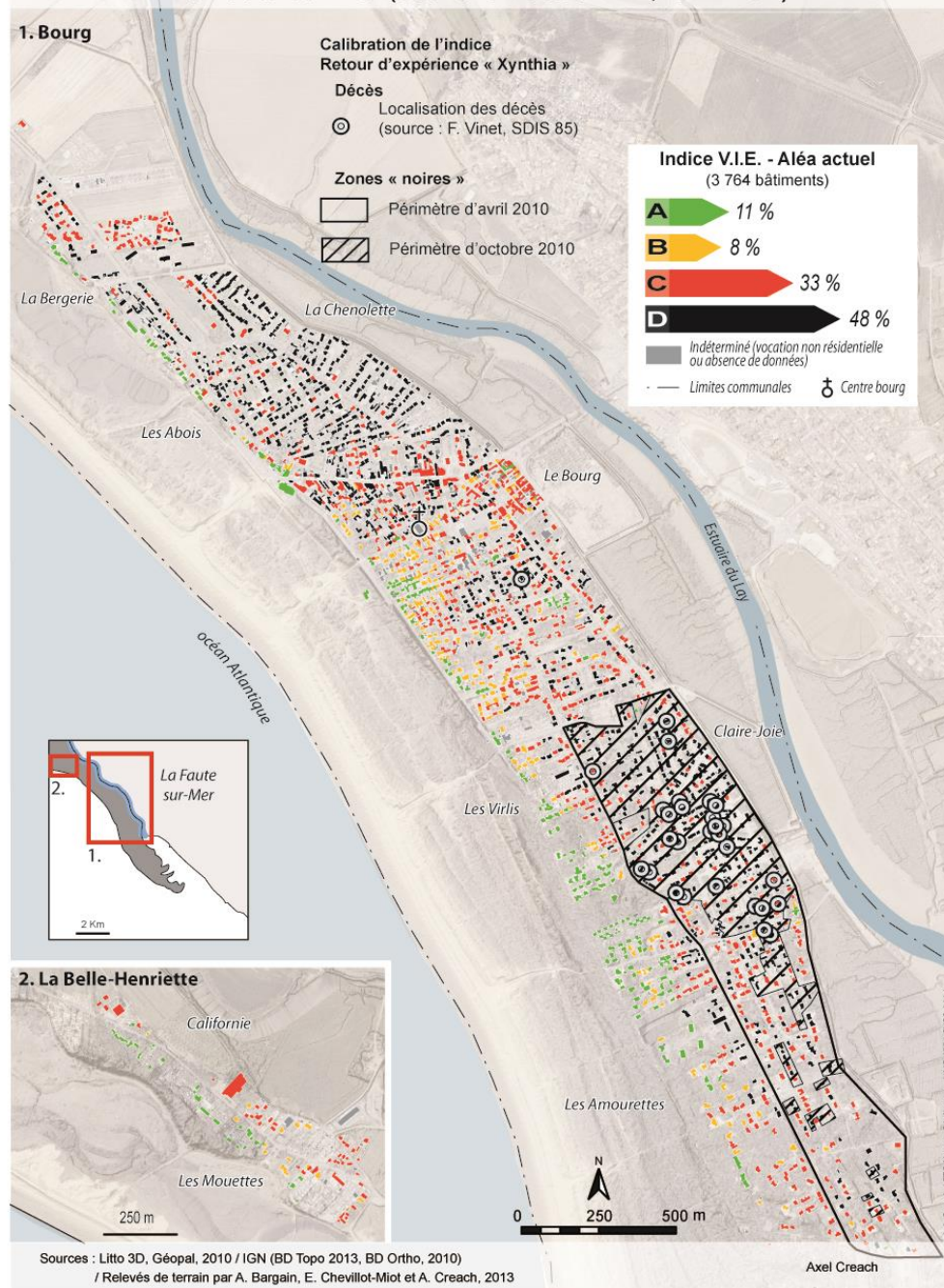
Avril 2010

b. A l'intérieur de la zone noire d'octobre 2010 - La Faute-sur-Mer



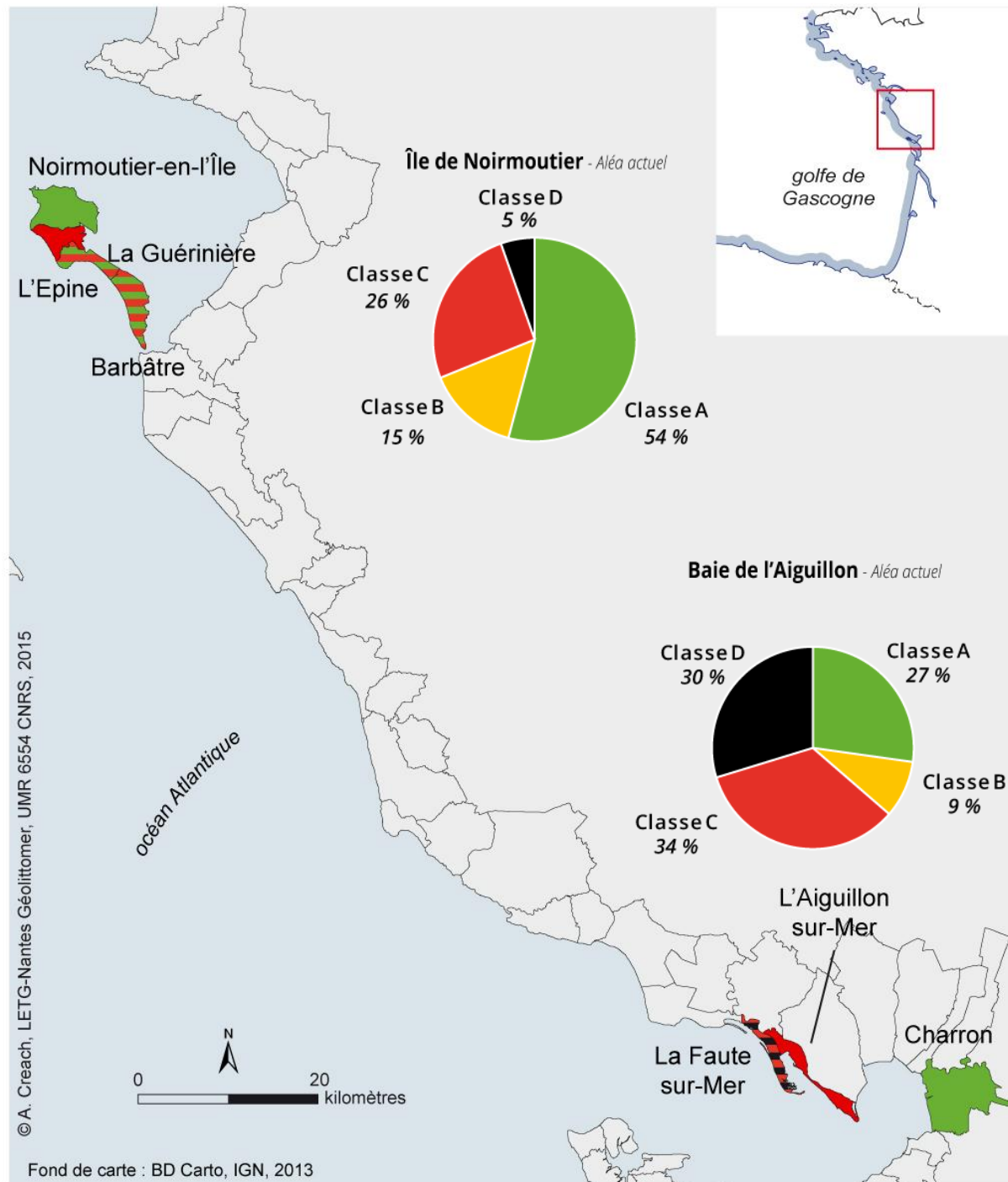
Octobre 2010

Calibration de l'indice V.I.E. : résultats de la classification manuelle La Faute-sur-Mer (Scénario " actuel " - 4,70 m NGF)



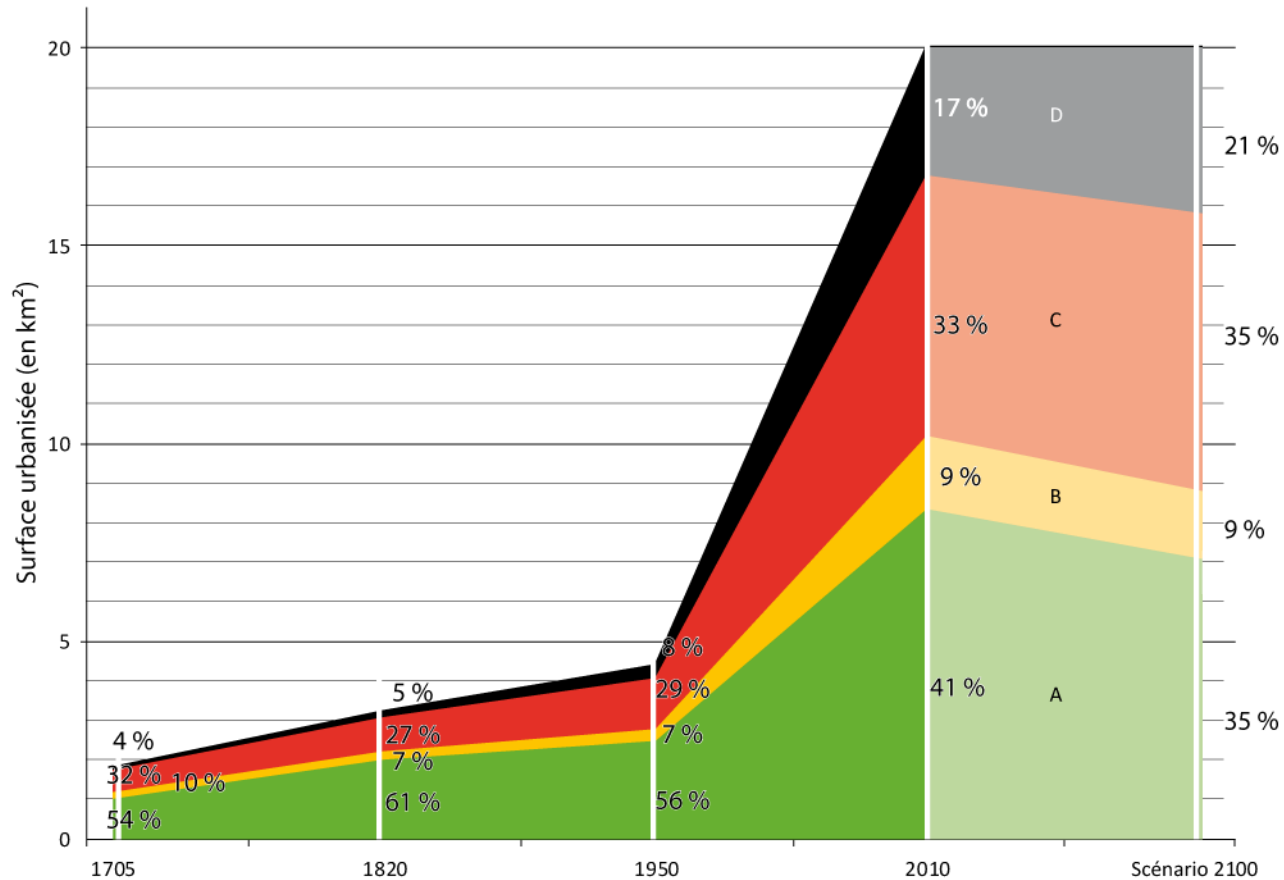
Synthèse des résultats de l'indice V.I.E.

Vulnérabilité du bâti plus importante sur les communes de la baie de l'Aiguillon qu'à Noirmoutier



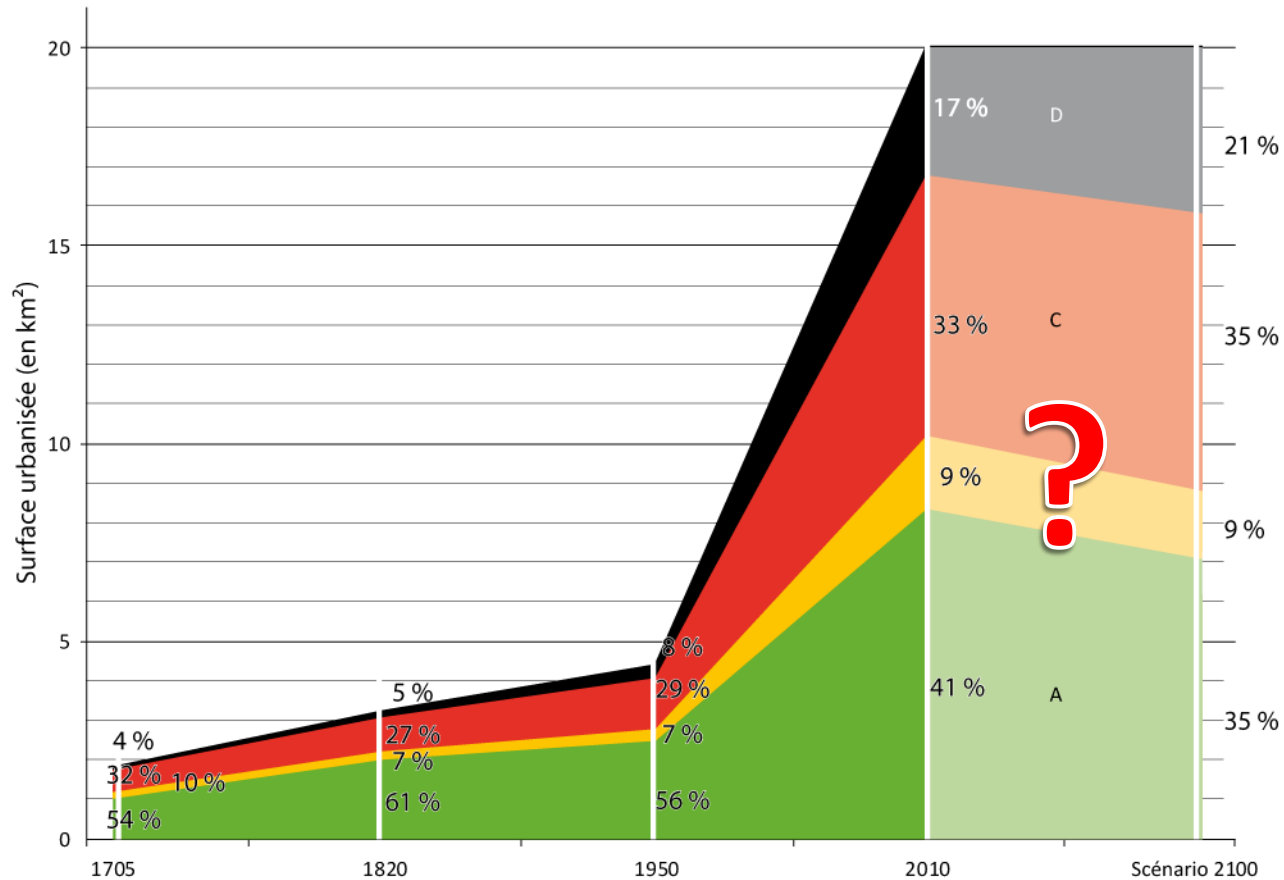
Analyse diachronique des résultats

Evolution entre 1705 et 2010



Analyse diachronique des résultats

Evolution entre 1705 et 2010

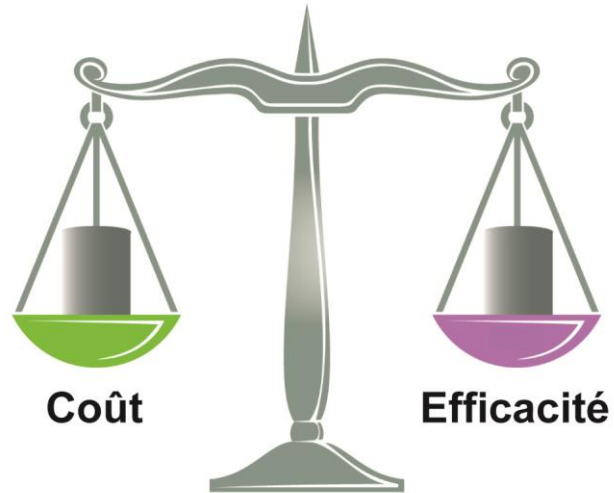


Évaluation économique des mesures de réduction de la vulnérabilité « extrême » : utilisation de l'Analyse Coût-Efficacité



- Quelles solutions pour réduire la dangerosité des constructions résidentielles pour les occupants ?
- Quelle solution représente le meilleur compromis coûts / efficacité ?
- Existe-il une solution unique ?

Analyse coût-efficacité de 4 mesures de réduction de la vulnérabilité des constructions pour leurs occupants



Mesure 1
**Rehaussement &
confortement digues**
(Indice VIE = Cr2)



Mesure 2
**Adaptation
architecturale**
(Indice VIE = Cr3)

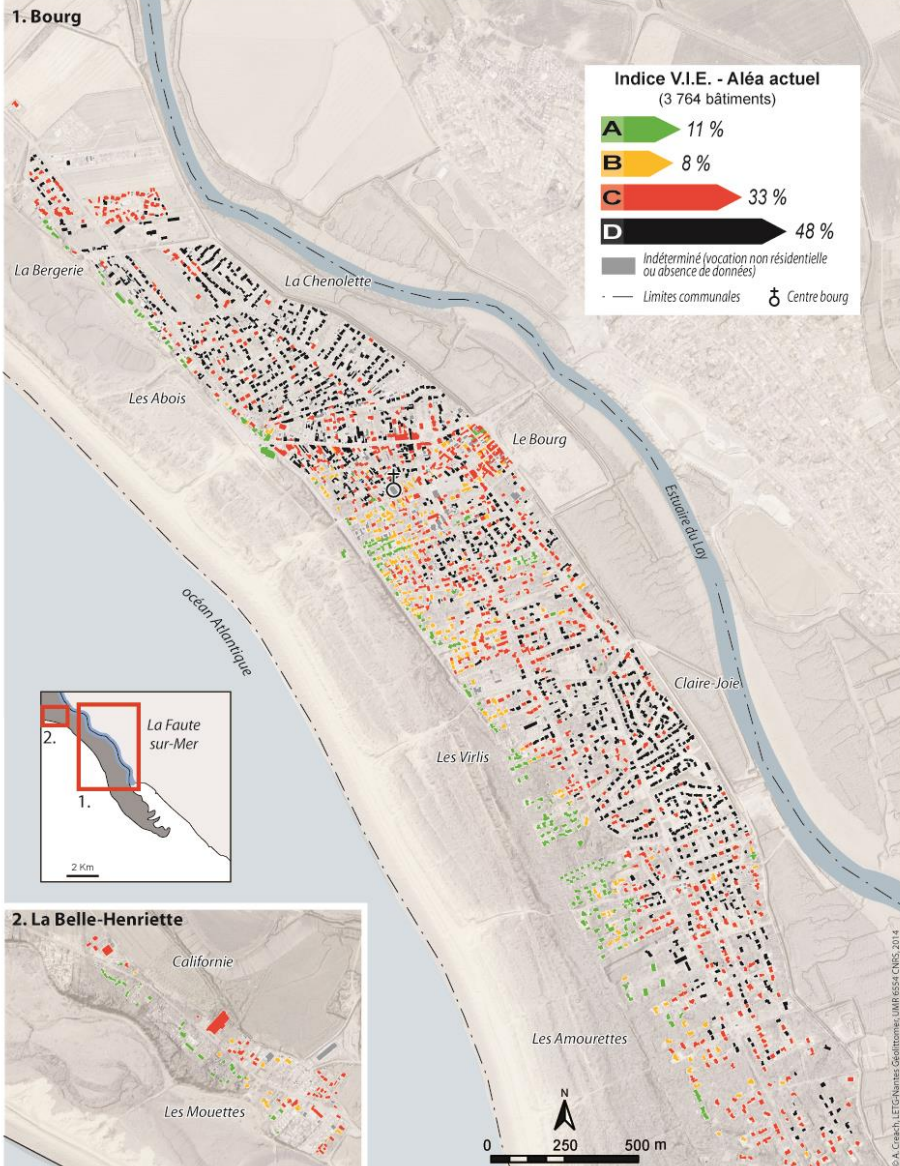


Mesure 3
**Prévention &
évacuation**
(Indice VIE = Cr4)



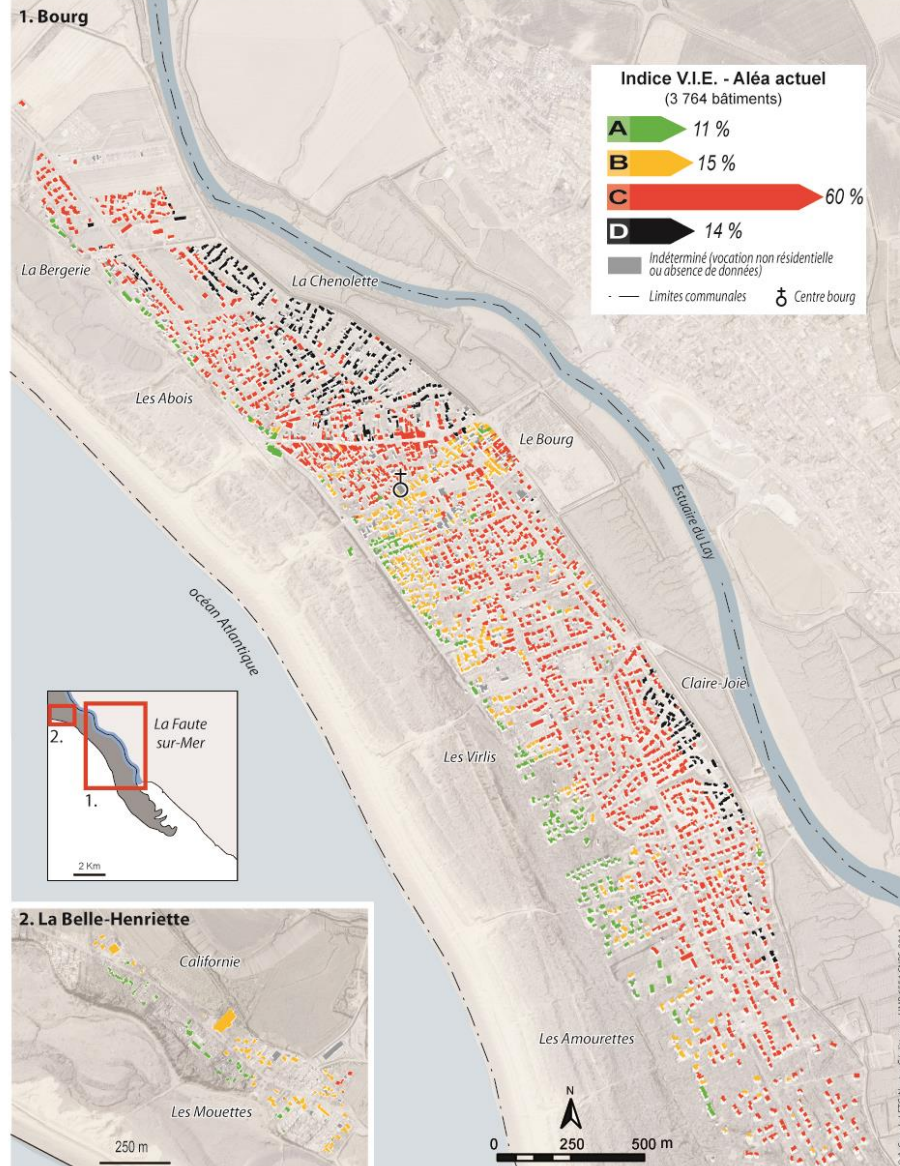
Mesure 4
Relocalisation
(Indice VIE
= constructions noires)

Indice de Vulnérabilité Intrinsèque Extrême (V.I.E.)
La Faute-sur-Mer (Scénario " actuel " - 4,70 m NGF)



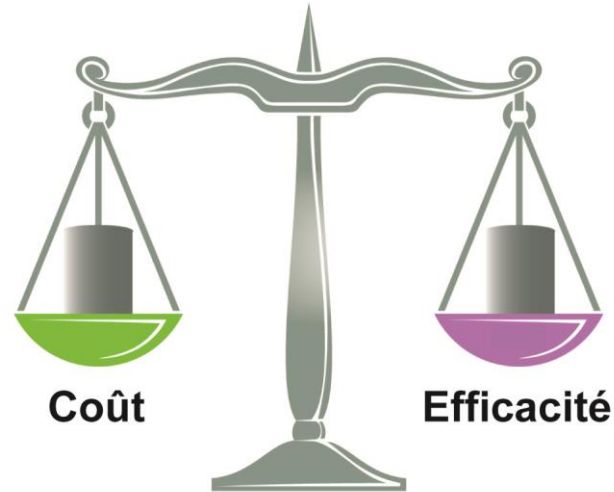
Sources : Litto 3D, Géoparc, 2010 / IGN (BD Topo 2013, BD Ortho, 2010)
/ Relevés de terrain par A. Bargain, E. Chevillot-Miot et A. Creach, 2013

Indice de Vulnérabilité Intrinsèque Extrême (V.I.E.)
La Faute-sur-Mer (Mesure 2)



Sources : Litto 3D, Géoparc, 2010 / IGN (BD Topo 2013, BD Ortho, 2010)
/ Relevés de terrain par A. Bargain, E. Chevillot-Miot et A. Creach, 2013

Analyse coût-efficacité de 4 mesures de réduction de la vulnérabilité des constructions pour leurs occupants



Efficacité
Nombre de vies humaines préservées

Méthode : fonctions de mortalité
(Jonkman *et al.*, 2008)



Mesure 1
Rehaussement & confortement digues
(Indice VIE = Cr2)



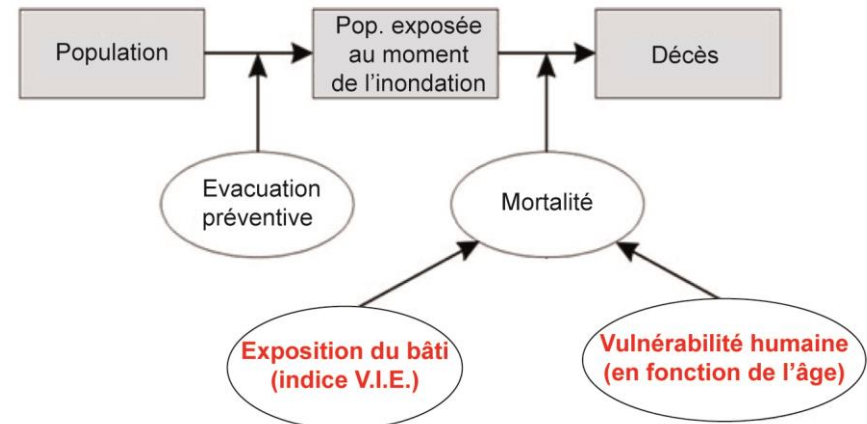
Mesure 2
Adaptation architecturale
(Indice VIE = Cr3)



Mesure 3
Prévention & évacuation
(Indice VIE = Cr4)



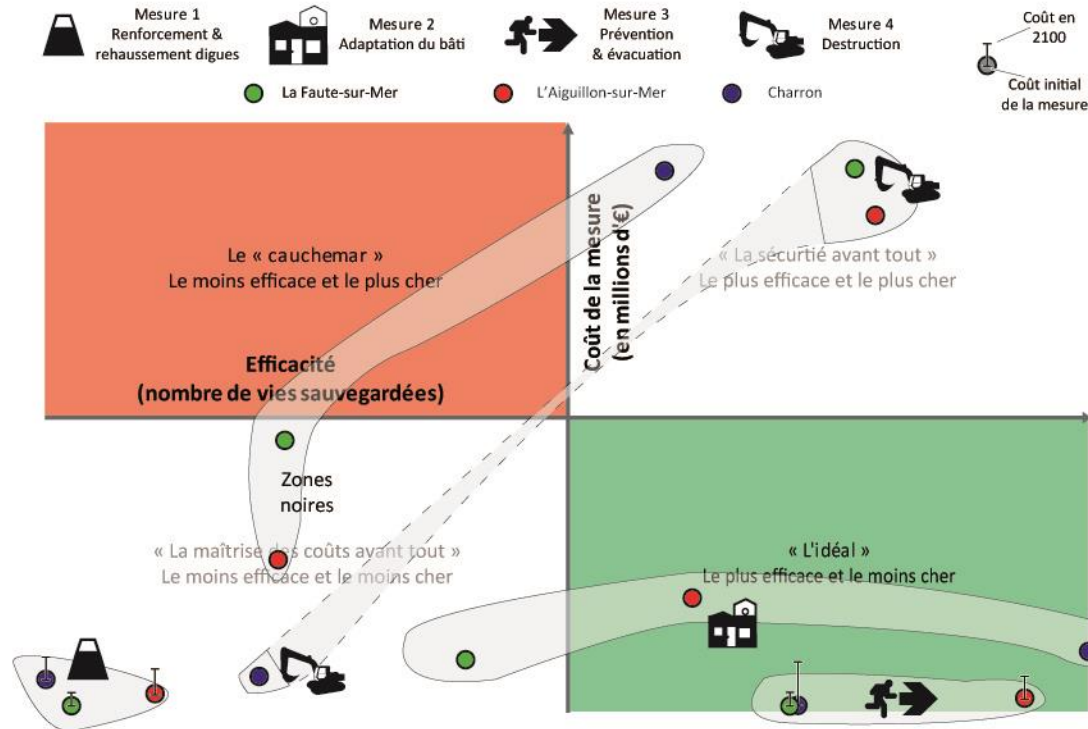
Mesure 4
Relocalisation
(Indice VIE = constructions noires)



Adapté de Di Mauro *et al.*, 2012

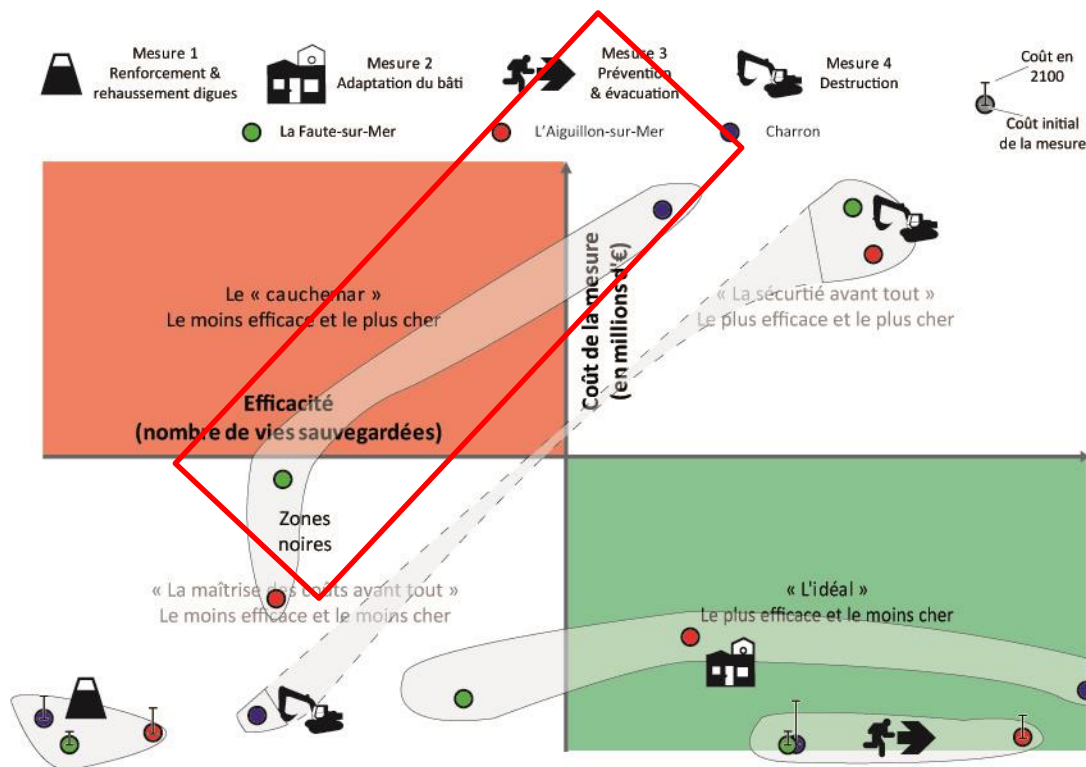
Analyse ex-post : rapport coût / efficacité limité des zones noires

Coût / vie humaine sauvegardée (en millions d'€)	Zones noires		Mesure 1		Mesure 2		Mesure 3		Mesure 4	
	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100
Actuel	12,9	12,3	2,0	1,7	1,6	1,8	0,2	0,2	6,4	8,3
20 ans	12,9	12,3	2,5	2,1	1,6	1,8	0,3	0,3	6,4	8,3
50 ans	12,9	12,3	2,8	2,4	1,6	1,8	0,4	0,3	6,4	8,3
100 ans	12,9	12,3	3,1	2,6	1,6	1,8	0,5	0,4	6,4	8,3



Analyse ex-post : rapport coût / efficacité limité des zones noires

Coût / vie humaine sauvegardée (en millions d'€)	Zones noires		Mesure 1		Mesure 2		Mesure 3		Mesure 4	
	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100
Actuel	12,9	12,3	2,0	1,7	1,6	1,8	0,2	0,2	6,4	8,3
20 ans	12,9	12,3	2,5	2,1	1,6	1,8	0,3	0,3	6,4	8,3
50 ans	12,9	12,3	2,8	2,4	1,6	1,8	0,4	0,3	6,4	8,3
100 ans	12,9	12,3	3,1	2,6	1,6	1,8	0,5	0,4	6,4	8,3



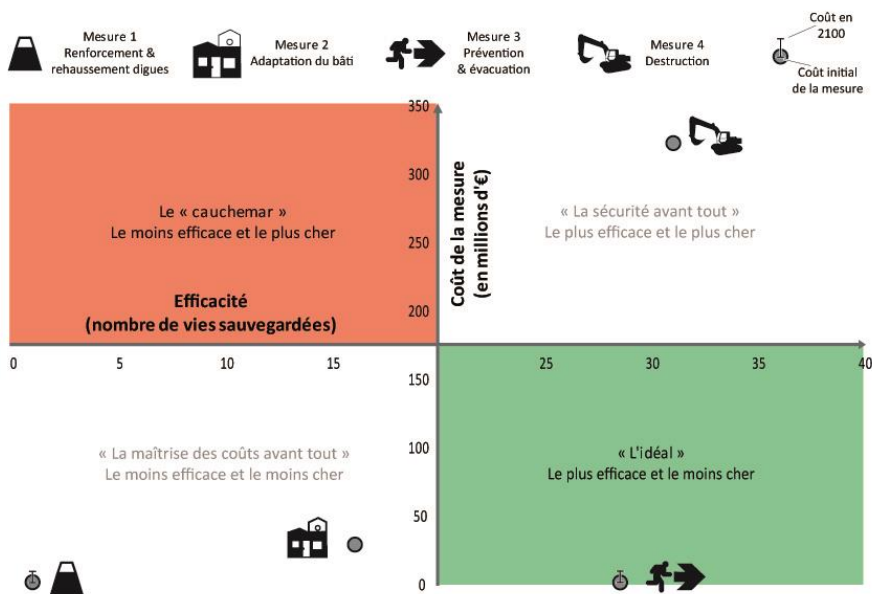
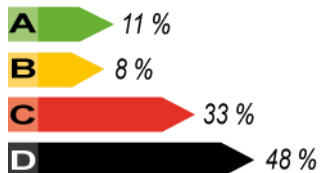
Analyse *ex-ante* : priorités différentes selon le niveau de vulnérabilité des communes

Cas d'une commune fortement exposée

La Faute-sur-Mer

Résultat de l'indice VIE sans mesure

Indice V.I.E. - Aléa actuel
(3 764 bâtiments)

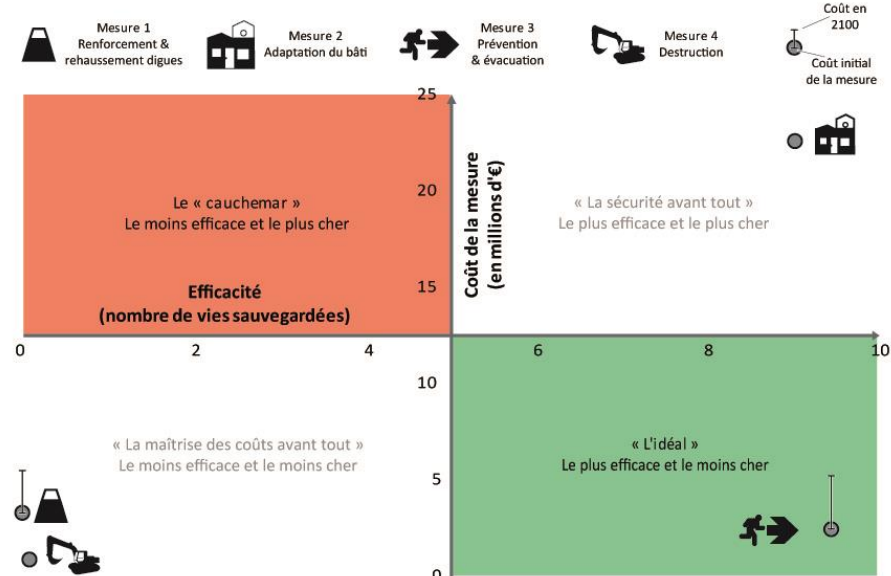
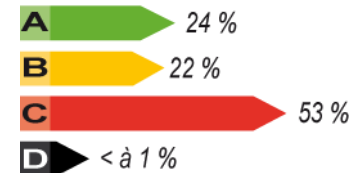


Cas d'une commune faiblement exposée

L'Epine

Résultat de l'indice VIE sans mesure

Indice V.I.E. - Aléa actuel
(3 294 bâtiments)



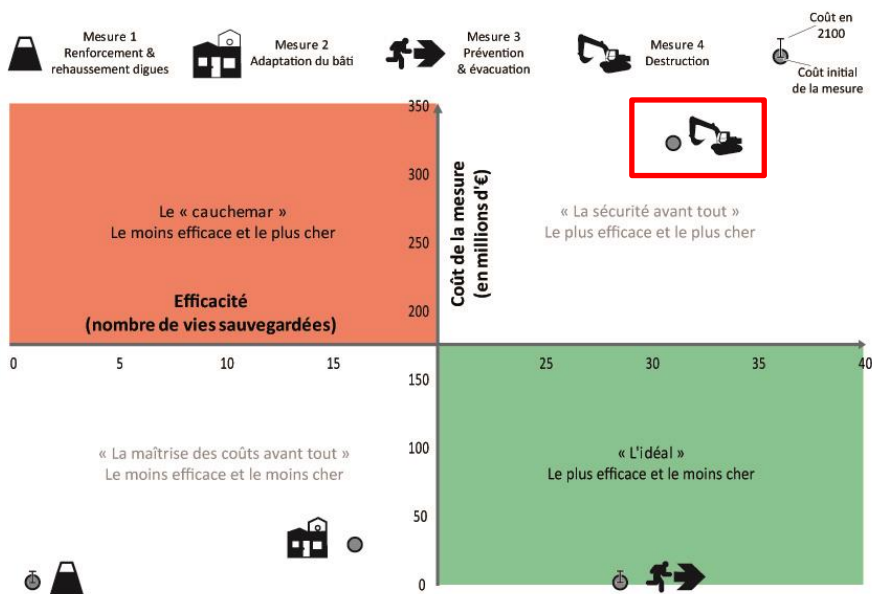
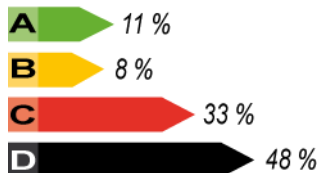
Analyse *ex-ante* : priorités différentes selon le niveau de vulnérabilité des communes

Cas d'une commune fortement exposée

La Faute-sur-Mer

Résultat de l'indice VIE sans mesure

Indice V.I.E. - Aléa actuel
(3 764 bâtiments)

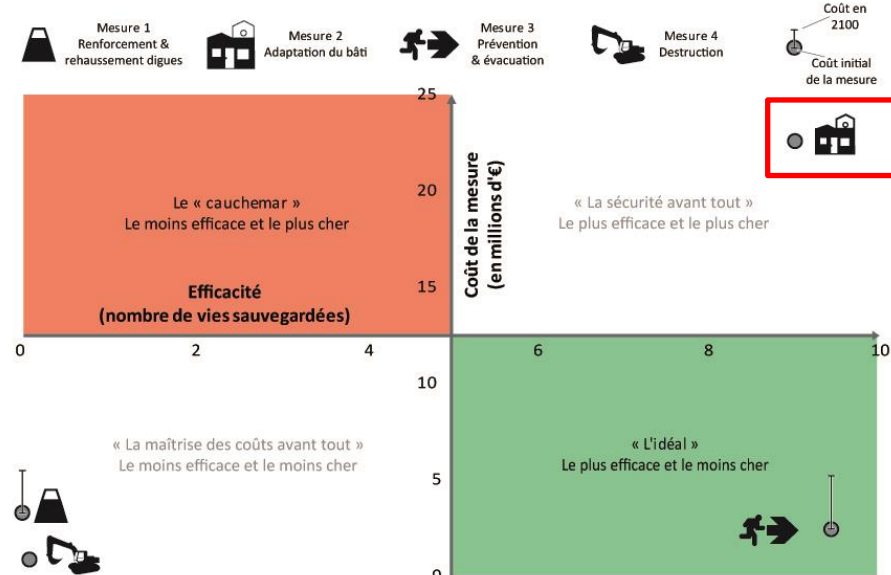
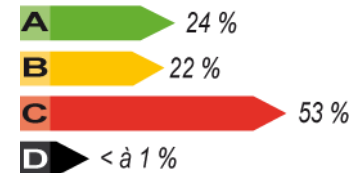


Cas d'une commune faiblement exposée

L'Epine

Résultat de l'indice VIE sans mesure

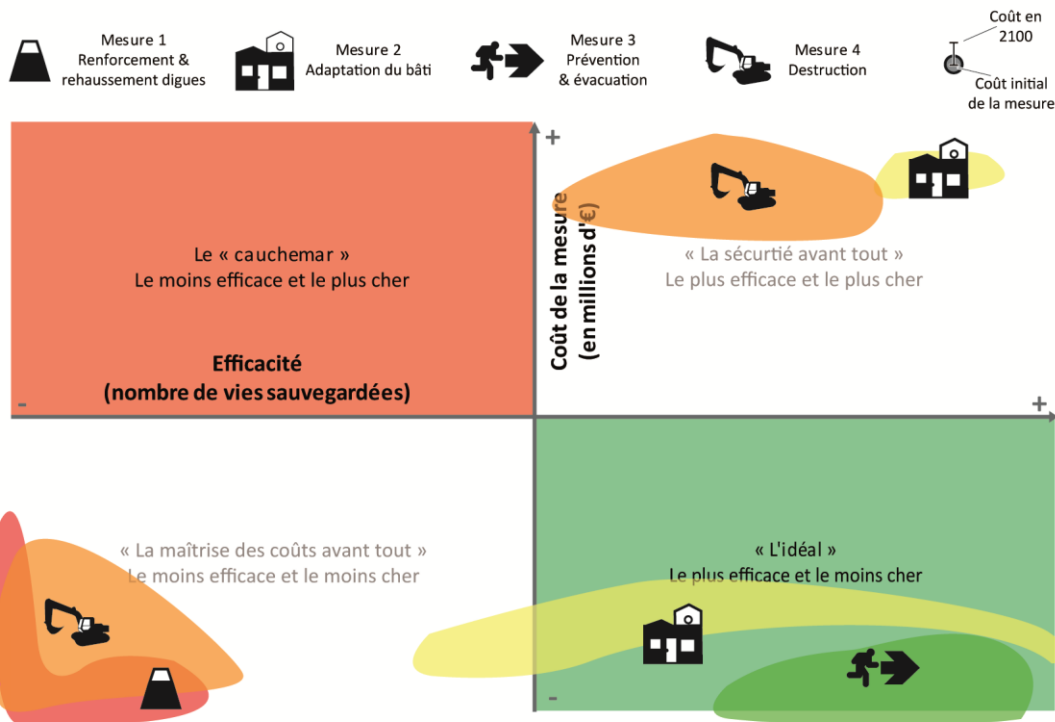
Indice V.I.E. - Aléa actuel
(3 294 bâtiments)



Vers un renforcement de la prévention ?

Coût / vie humaine sauvegardée (en millions d'€)	Mesure 1		Mesure 2		Mesure 3		Mesure 4	
	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100
Actuel	1,2	1,2	1,9	2,4	0,2	0,2	9,4	10,3
20 ans	1,5	1,5	1,9	2,4	0,3	0,3	9,4	10,3
50 ans	1,7	1,8	1,9	2,4	0,4	0,3	9,4	10,3
100 ans	1,9	1,9	1,9	2,4	0,5	0,4	9,4	10,3

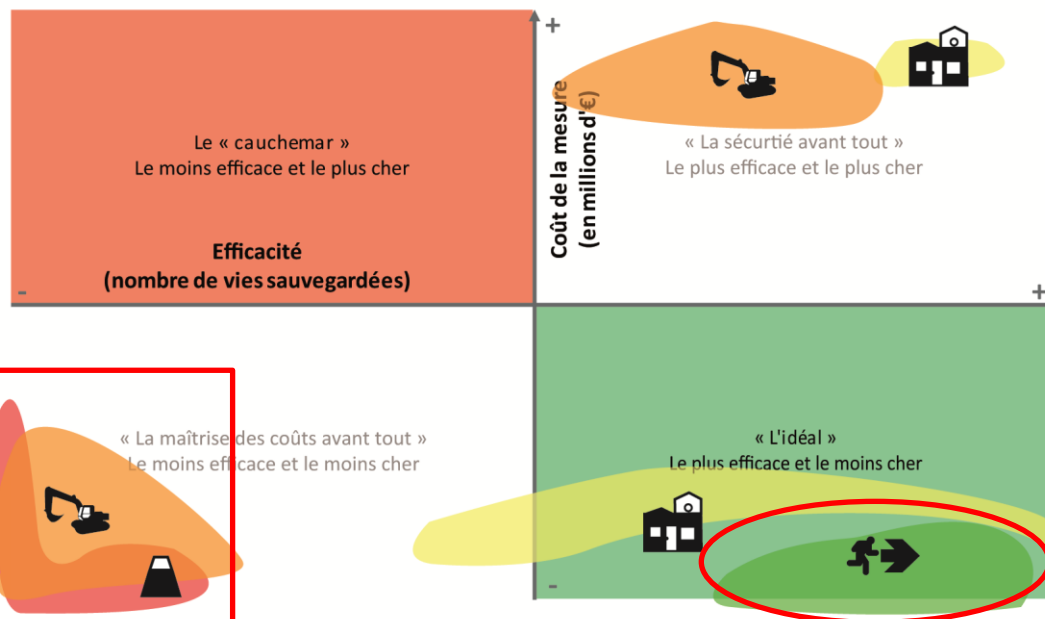
Synthèse du rapport coût / efficacité des mesures



Vers un renforcement de la prévention ?

Coût / vie humaine sauvegardée (en millions d'€)	Mesure 1		Mesure 2		Mesure 3		Mesure 4	
	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100	Aléa actuel	Aléa 2100
Actuel	1,2	1,2	1,9	2,4	0,2	0,2	9,4	10,3
20 ans	1,5	1,5	1,9	2,4	0,3	0,3	9,4	10,3
50 ans	1,7	1,8	1,9	2,4	0,4	0,3	9,4	10,3
100 ans	1,9	1,9	1,9	2,4	0,5	0,4	9,4	10,3

Synthèse du rapport coût / efficacité des mesures



Valable uniquement pour protéger la vie humaine!

Efficacité si 75 % de la pop. Évacue réellement = réaliste ?

1) Indice VIE

- Outil à micro-échelle, reproductible et simple.
- Mais basé sur une modélisation statique de l'inondation.

2) Analyse Coût-Efficacité

- Un outil pour l'aide locale à la décision.
- Utile dans le cadre des PAPI ?

3) Améliorations

- automatisation de la méthode pour permettre un transfert vers les praticiens.
- élargissement au risque d'inondation fluviale (moyennant adaptation des critères).
- en combinant ce travail avec des travaux sur les dommages au bâti, possibilité de construire une approche intégrée de mesure de la vulnérabilité d'un territoire.

Merci pour votre attention !



Thèse disponible sur TEL
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01275600>
Contact : Axel.Creach@univ-nantes.fr

SDIS 17 Sylvain Roussillon