Evènements historiques et conditions océano-météorologiques de 1900 à 2010

D. Idier, J. Rohmer, R. Pedreros, S. Le Roy, J. Lambert, J. Louisor,
G. Le Cozannet, E. Le Cornec*

Geoscience for a sustainable Earth brgm

* géos AEL AMÉNAGEMENT - ENVIRONNEMENT - LITTORAL

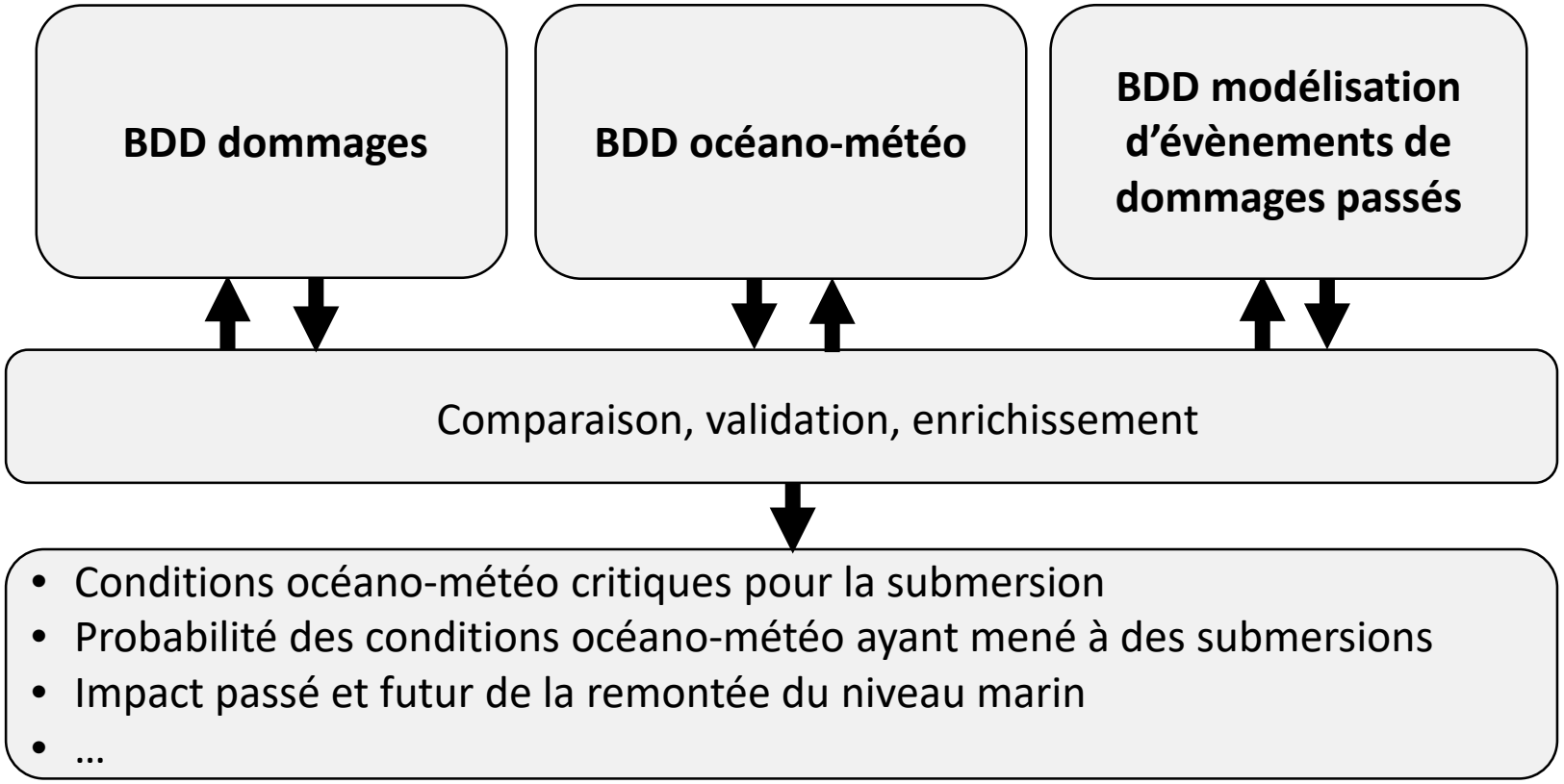
Séminaire de restitution du projet ANR RISCOPE, 1-2 février 2022

Objectif double

- **Connaissance**
  - Evènements historiques de submersion
  - Conditions océano-météo pouvant mener à des évènements de submersion (passé et futur)
- **Données**
  - Utiles pour les nouvelles connaissances (-> BDD dommages et BDD océano-météo)
  - Nécessaires pour la définition des scénarios à simuler avec le modèle numérique pour l'apprentissage des méta-modèles (-> BDD océano-météo)

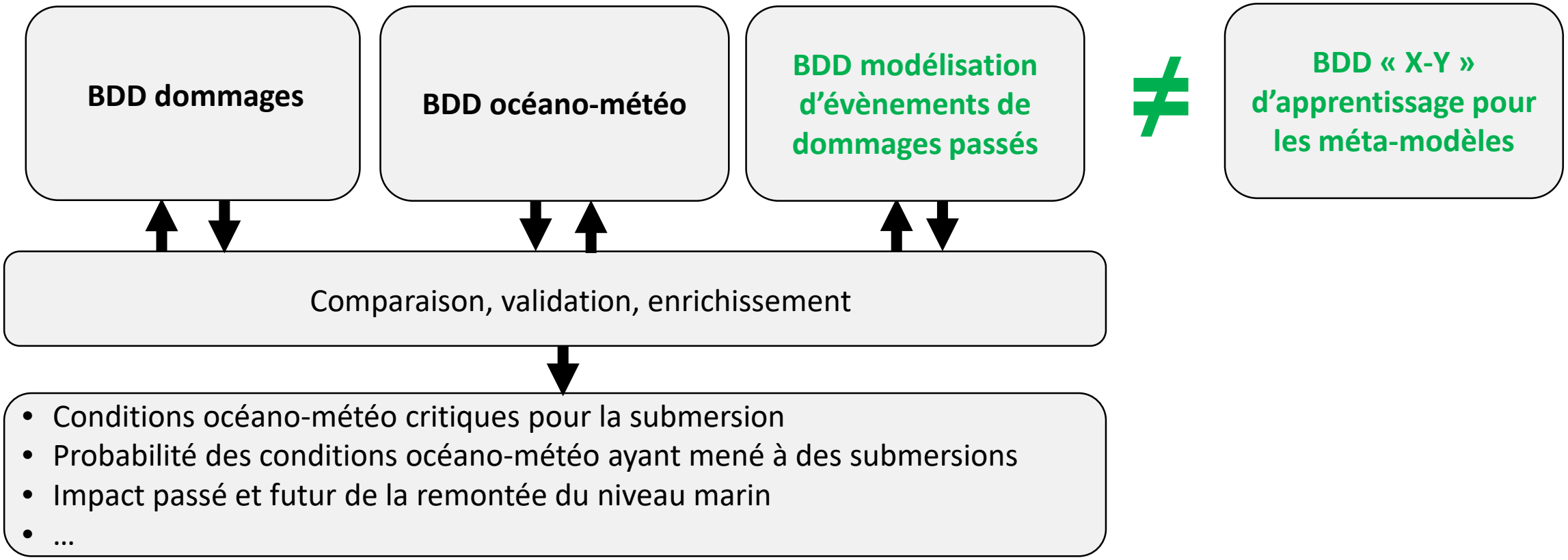
Méthode

- Période couverte: 1900-2010
- Approche : construire, confronter et enrichir mutuellement des bases de données (BDD's)



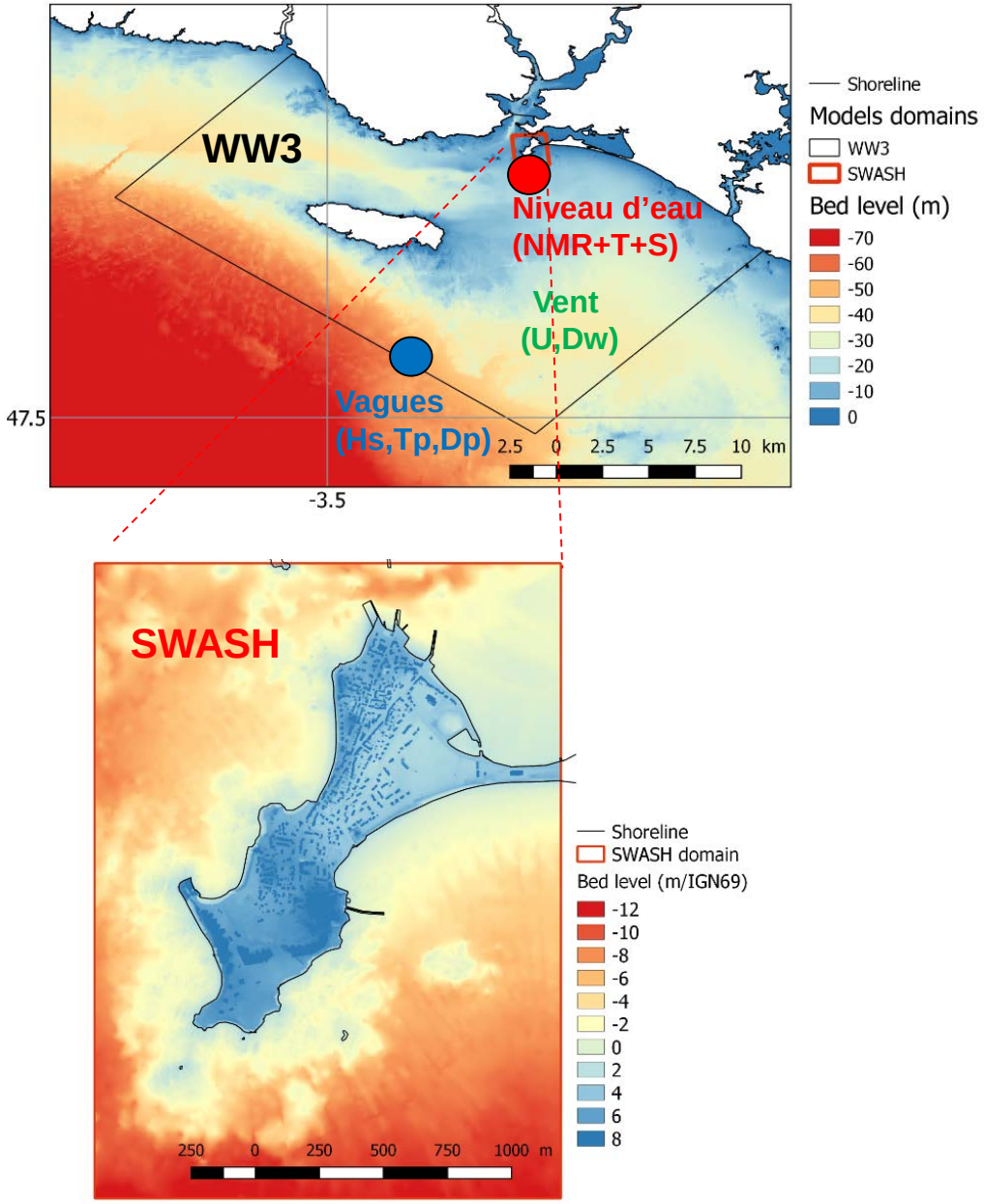
Méthode

- Periode couverte: 1900-2010
- Approche: construire, confronter et enrichir mutuellement des bases de données (BDD's)

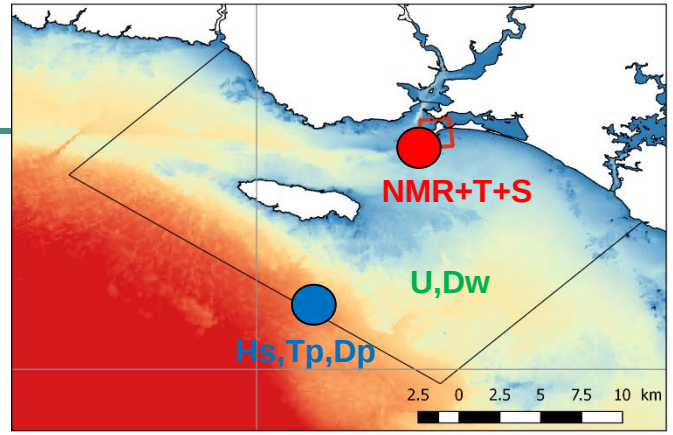


Le modèle de submersion

- Entrées: niveaux d'eau, vagues, vent.
- Chaine de modélisation : WW3-SWASH.
- On calcule:
  - Un indicateur de submersion (Vol): volume d'eau entrant à terre pendant la pleine-mer (pendant 15 minutes).
  - Vol est calculé pour chaque évènement la BDD dommages.



Base de données océano-météorologiques

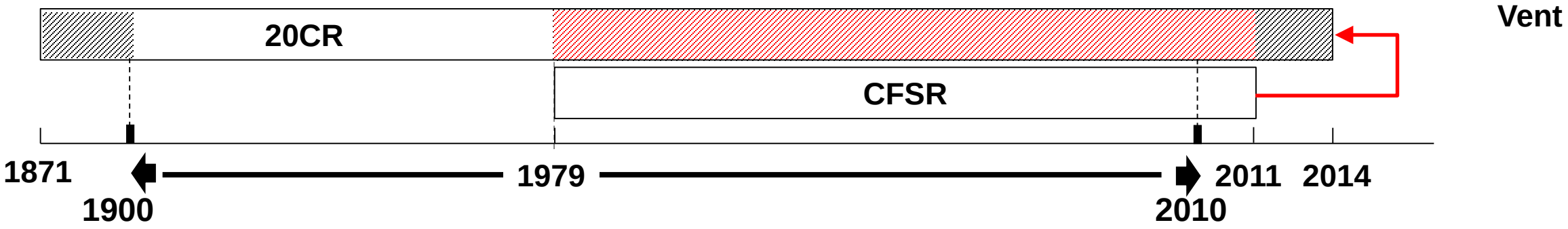


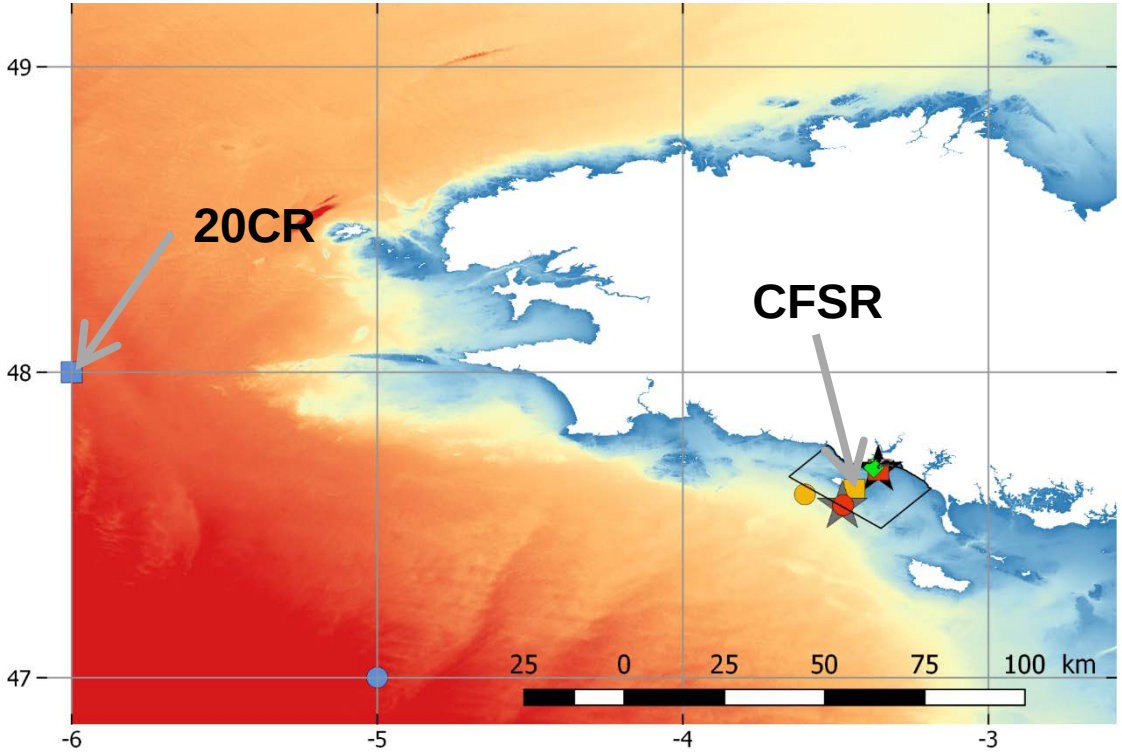
- Objectif : séries temporelles continues de 1900 à 2010
- Sources de données

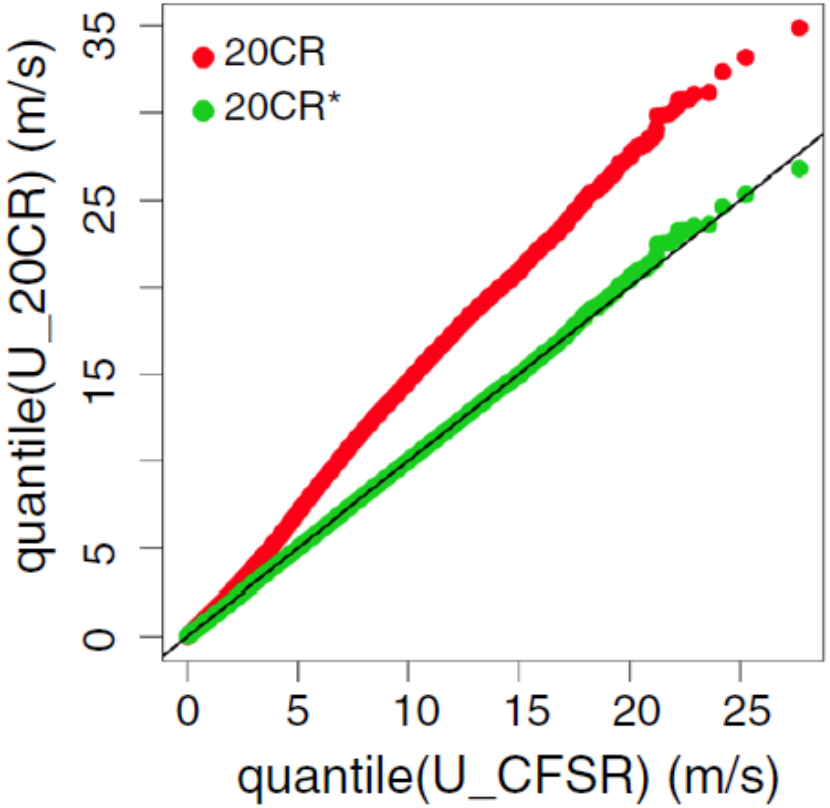
Parameter	Source: Name	Source: Provider	Source: Reference
Absolute mean sea level (NMR)	-	BRGM	Rohmer & Le Cozannet (2018)
Vertical ground motion (NMR)	SONEL	LIENSs	Santamaria-Gomez et al. (2017)
Tide (T)	FES2014	LEGOS	Carrere et al. (2016)
Atmospheric storm surge (S)	20CR*	NOAA	Compo et al. (2015)
	CFSR*	NOAA	Dee et al. (2014)
	MARC	Ifremer-LOPS	Muller et al. (2014)
Waves (Hs,Tp,Dp)	Sonel (waves)*	Liens	Bertin et al. (2013)
	BoBWA*	BRGM	Charles et al. (2012)
	Homere*	Ifremer-LOPS	Boudière et al. (2013)
	Iowaga/Norgasug	Ifremer-LOPS	Boudière et al. (2013)
Wind (U,Dw)	20CR*	NOAA	Compo et al. (2015)
	CFSR	NOAA	Dee et al. (2014)

+ *: Correction Quantile-Quantile utilisant la meilleure source de données comme référence

Base de données océano-météorologiques

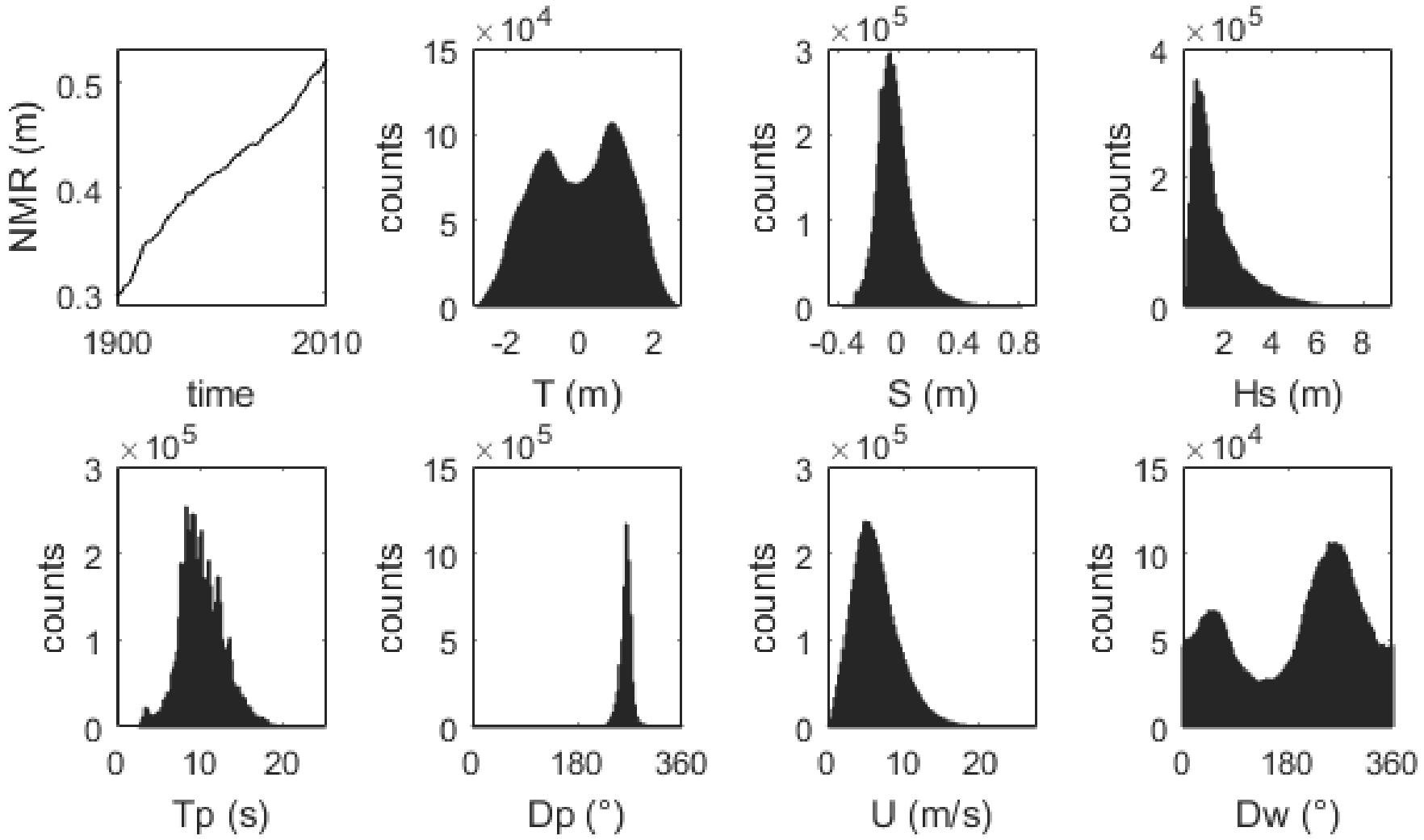






Base de données océano-météorologiques

- Objectif : séries temporelles continues de 1900 à 2010



Base de données évènements de dommage

- Basée sur:
  - Archives municipales de Gâvres, Archives départementales du Morbihan, Service Historique de la Marine, … via (Le Cornec et al., 2012).
  - Presse contemporaine aux évènements
- 48 évènements de dommage
- Classification des évènements (F) : 0 (pas de submersion), 1 (submersion modérée), 2 (submersion forte).

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1
2	01/02/1904	02/02/1904	1
5	11/04/1922	11/04/1922	0
46	10/03/2008	10/03/2008	2

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1
1	13/02/1900	15/02/1900	0
2	01/02/1904	02/02/1904	1
3	07/12/1911	09/12/1911	0
4	27/01/1922	29/01/1922	0
5	11/04/1922	11/04/1922	0
6	12/10/1922	20/10/1922	0
7	09/01/1924	09/01/1924	2
8	26/11/1924	27/11/1924	0
9	28/12/1924	29/12/1924	0
10	08/11/1927	09/11/1927	0
11	22/03/1928	23/03/1928	0
12	27/01/1936	27/01/1936	0
13	14/03/1937	14/03/1937	0
14	23/12/1945	23/12/1945	0
15	24/03/1947	24/03/1947	0
16	01/01/1948	28/02/1948	0
17	05/02/1950	06/02/1950	0
18	08/12/1954	09/12/1954	0
19	14/02/1957	15/02/1957	0
20	01/12/1959	01/12/1959	0
21	02/11/1963	03/11/1963	0
22	21/02/1966	22/02/1966	0
23	01/11/1967	04/11/1967	0
24	01/11/1972	31/12/1972	0
25	16/01/1974	11/02/1974	0
26	28/01/1975	29/01/1975	0
27	01/11/1975	30/11/1975	0
28	25/10/1976	25/10/1976	0
29	26/02/1978	26/02/1978	2
30	01/12/1978	31/12/1978	0
31	20/01/1980	20/01/1980	0
32	13/12/1981	13/12/1981	0
33	24/12/1981	24/12/1981	0
34	21/12/1983	21/12/1983	0
35	22/11/1984	23/11/1984	0
36	07/04/1985	08/04/1985	0
37	26/09/1999	26/09/1999	0
38	24/10/1999	24/10/1999	0
39	24/12/1999	29/12/1999	0
40	29/09/2000	29/09/2000	0
41	30/10/2000	30/10/2000	0
42	10/01/2001	10/01/2001	2
43	07/02/2001	07/02/2001	1
44	27/10/2004	27/10/2004	1
45	02/12/2005	02/12/2005	0
46	10/03/2008	10/03/2008	2
47	10/02/2009	10/02/2009	1
48	28/02/2010	28/02/2010	1

Base de données évènements de dommage

- Basée sur:
  - Archives municipales de Gâvres, Archives départementales du Morbihan, Service Historique de la Marine, … via (Le Cornec et al., 2012).
  - Presse contemporaine aux évènements
- 48 évènements de dommage
- Classification des évènements (F) : 0 (pas de submersion), 1 (submersion modérée), 2 (submersion forte).
- Indice de confiance (C) : 1 (modéré), 2 (fort)

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1
2	01/02/1904	02/02/1904	1	1
5	11/04/1922	11/04/1922	0	1
46	10/03/2008	10/03/2008	2	2

→ **9 évènements de submersion**

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1
1	13/02/1900	15/02/1900	0	1
2	01/02/1904	02/02/1904	1	1
3	07/12/1911	09/12/1911	0	1
4	27/01/1922	29/01/1922	0	1
5	11/04/1922	11/04/1922	0	1
6	12/10/1922	20/10/1922	0	1
7	09/01/1924	09/01/1924	2	2
8	26/11/1924	27/11/1924	0	1
9	28/12/1924	29/12/1924	0	1
10	08/11/1927	09/11/1927	0	1
11	22/03/1928	23/03/1928	0	1
12	27/01/1936	27/01/1936	0	1
13	14/03/1937	14/03/1937	0	1
14	23/12/1945	23/12/1945	0	1
15	24/03/1947	24/03/1947	0	1
16	01/01/1948	28/02/1948	0	1
17	05/02/1950	06/02/1950	0	1
18	08/12/1954	09/12/1954	0	1
19	14/02/1957	15/02/1957	0	1
20	01/12/1959	01/12/1959	0	1
21	02/11/1963	03/11/1963	0	1
22	21/02/1966	22/02/1966	0	1
23	01/11/1967	04/11/1967	0	1
24	01/11/1972	31/12/1972	0	1
25	16/01/1974	11/02/1974	0	1
26	28/01/1975	29/01/1975	0	1
27	01/11/1975	30/11/1975	0	1
28	25/10/1976	25/10/1976	0	1
29	26/02/1978	26/02/1978	2	2
30	01/12/1978	31/12/1978	0	1
31	20/01/1980	20/01/1980	0	1
32	13/12/1981	13/12/1981	0	1
33	24/12/1981	24/12/1981	0	1
34	21/12/1983	21/12/1983	0	1
35	22/11/1984	23/11/1984	0	1
36	07/04/1985	08/04/1985	0	1
37	26/09/1999	26/09/1999	0	1
38	24/10/1999	24/10/1999	0	1
39	24/12/1999	29/12/1999	0	1
40	29/09/2000	29/09/2000	0	1
41	30/10/2000	30/10/2000	0	1
42	10/01/2001	10/01/2001	2	2
43	07/02/2001	07/02/2001	1	2
44	27/10/2004	27/10/2004	1	2
45	02/12/2005	02/12/2005	0	1
46	10/03/2008	10/03/2008	2	2
47	10/02/2009	10/02/2009	1	2
48	28/02/2010	28/02/2010	1	2

Base de données évènements de dommage

- « mise à jour » en utilisant l'indicateur Vol (modèle)
- Seulement pour les évènements à confiance modérée (C1=1)

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1	F2	C2
5	11/04/1922	11/04/1922	0	1	0	2

***Vol*=0**

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1	F2	C2
1	13/02/1900	15/02/1900	0	1	0	2
2	01/02/1904	02/02/1904	1	1	2	1
3	07/12/1911	09/12/1911	0	1	0	2
4	27/01/1922	29/01/1922	0	1	0	2
5	11/04/1922	11/04/1922	0	1	0	2
6	12/10/1922	20/10/1922	0	1	0	2
7	09/01/1924	09/01/1924	2	2	2	2
8	26/11/1924	27/11/1924	0	1	0	2
9	28/12/1924	29/12/1924	0	1	0	1
10	08/11/1927	09/11/1927	0	1	0	2
11	22/03/1928	23/03/1928	0	1	0	1
12	27/01/1936	27/01/1936	0	1	0	2
13	14/03/1937	14/03/1937	0	1	0	1
14	23/12/1945	23/12/1945	0	1	0	1
15	24/03/1947	24/03/1947	0	1	0	1
16	01/01/1948	28/02/1948	0	1	0	1
17	05/02/1950	06/02/1950	0	1	0	1
18	08/12/1954	09/12/1954	0	1	0	1
19	14/02/1957	15/02/1957	0	1	0	1
20	01/12/1959	01/12/1959	0	1	0	1
21	02/11/1963	03/11/1963	0	1	0	2
22	21/02/1966	22/02/1966	0	1	0	1
23	01/11/1967	04/11/1967	0	1	0	1
24	01/11/1972	31/12/1972	0	1	0	2
25	16/01/1974	11/02/1974	0	1	0	1
26	28/01/1975	29/01/1975	0	1	0	2
27	01/11/1975	30/11/1975	0	1	0	2
28	25/10/1976	25/10/1976	0	1	0	1
29	26/02/1978	26/02/1978	2	2	2	2
30	01/12/1978	31/12/1978	0	1	0	1
31	20/01/1980	20/01/1980	0	1	0	2
32	13/12/1981	13/12/1981	0	1	0	2
33	24/12/1981	24/12/1981	0	1	0	2
34	21/12/1983	21/12/1983	0	1	0	1
35	22/11/1984	23/11/1984	0	1	0	1
36	07/04/1985	08/04/1985	0	1	0	1
37	26/09/1999	26/09/1999	0	1	0	2
38	24/10/1999	24/10/1999	0	1	0	1
39	24/12/1999	29/12/1999	0	1	0	1
40	29/09/2000	29/09/2000	0	1	0	2
41	30/10/2000	30/10/2000	0	1	0	1
42	10/01/2001	10/01/2001	2	2	2	2
43	07/02/2001	07/02/2001	1	2	1	2
44	27/10/2004	27/10/2004	1	2	1	2
45	02/12/2005	02/12/2005	0	1	0	1
46	10/03/2008	10/03/2008	2	2	2	2
47	10/02/2009	10/02/2009	1	2	1	2
48	28/02/2010	28/02/2010	1	2	1	2

Base de données évènements de dommage

- « mise à jour » en utilisant l'indicateur Vol (modèle)
- Seulement pour les évènements à confiance modérée (C1=1)

***Vol*=max(*Vol*)**

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1	F2	C2
2	01/02/1904	02/02/1904	1	1	2	1

Vingt et Unième Année — N° 7285
SIX PAGES — Paris et Départements — CINQ CENTIMES
Vendredi 5 Février 1904
Le Matin
DERNIERS TÉLÉGRAMMES DE LA NUIT
Stéphane LAUZANNE Rédacteur en chef.
Jules MADELINE Administrateur.
SEUL JOURNAL FRANÇAIS RECEVANT PAR FILS SPÉCIAUX LES DERNIÈRES NOUVELLES DU MONDE ENTIER

Mais sur toute la côte, à Belle-Ile et Groix, surtout à Quiberon, Saint-Pierre-Quiberon, Etel, Gavres, Locmarlo, Port-Louis, Larmor, tous ces petits ports où la mer bat au pied des maisons, furent balayés en partie par les lames qui arrachaient les maisons.

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1	F2	C2
1	13/02/1900	15/02/1900	0	1	0	2
2	01/02/1904	02/02/1904	1	1	2	1
3	07/12/1911	09/12/1911	0	1	0	2
4	27/01/1922	29/01/1922	0	1	0	2
5	11/04/1922	11/04/1922	0	1	0	2
6	12/10/1922	20/10/1922	0	1	0	2
7	09/01/1924	09/01/1924	2	2	2	2
8	26/11/1924	27/11/1924	0	1	0	2
9	28/12/1924	29/12/1924	0	1	0	1
10	08/11/1927	09/11/1927	0	1	0	2
11	22/03/1928	23/03/1928	0	1	0	1
12	27/01/1936	27/01/1936	0	1	0	2
13	14/03/1937	14/03/1937	0	1	0	1
14	23/12/1945	23/12/1945	0	1	0	1
15	24/03/1947	24/03/1947	0	1	0	1
16	01/01/1948	28/02/1948	0	1	0	1
17	05/02/1950	06/02/1950	0	1	0	1
18	08/12/1954	09/12/1954	0	1	0	1
19	14/02/1957	15/02/1957	0	1	0	1
20	01/12/1959	01/12/1959	0	1	0	1
21	02/11/1963	03/11/1963	0	1	0	2
22	21/02/1966	22/02/1966	0	1	0	1
23	01/11/1967	04/11/1967	0	1	0	1
24	01/11/1972	31/12/1972	0	1	0	2
25	16/01/1974	11/02/1974	0	1	0	1
26	28/01/1975	29/01/1975	0	1	0	2
27	01/11/1975	30/11/1975	0	1	0	2
28	25/10/1976	25/10/1976	0	1	0	1
29	26/02/1978	26/02/1978	2	2	2	2
30	01/12/1978	31/12/1978	0	1	0	1
31	20/01/1980	20/01/1980	0	1	0	2
32	13/12/1981	13/12/1981	0	1	0	2
33	24/12/1981	24/12/1981	0	1	0	2
34	21/12/1983	21/12/1983	0	1	0	1
35	22/11/1984	23/11/1984	0	1	0	1
36	07/04/1985	08/04/1985	0	1	0	1
37	26/09/1999	26/09/1999	0	1	0	2
38	24/10/1999	24/10/1999	0	1	0	1
39	24/12/1999	29/12/1999	0	1	0	1
40	29/09/2000	29/09/2000	0	1	0	2
41	30/10/2000	30/10/2000	0	1	0	1
42	10/01/2001	10/01/2001	2	2	2	2
43	07/02/2001	07/02/2001	1	2	1	2
44	27/10/2004	27/10/2004	1	2	1	2
45	02/12/2005	02/12/2005	0	1	0	1
46	10/03/2008	10/03/2008	2	2	2	2
47	10/02/2009	10/02/2009	1	2	1	2
48	28/02/2010	28/02/2010	1	2	1	2

Base de données évènements de dommage

- « mise à jour » en utilisant l'indicateur Vol (modèle)
- Seulement pour les évènements à confiance modérée (C1=1)

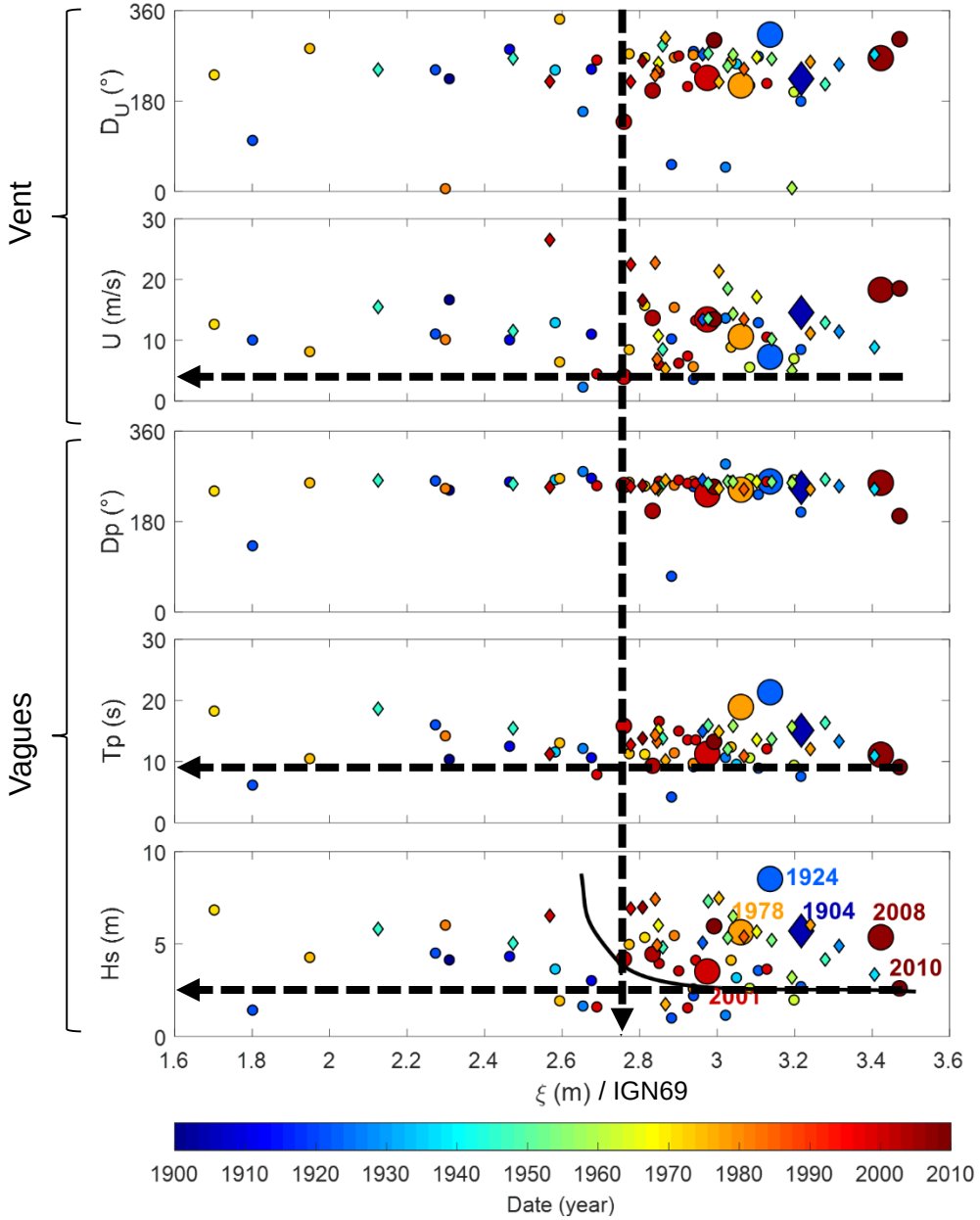
→ 9 évènements de submersion :

- 4 : franchissement ou submersion modérée (2001, 2004, 2009, 2010)
- 5 : submersion forte (1904, 1924, 1978, 2001, 2008), dont 4 avec confiance forte

→ les 9 évènements de submersion : **limite inférieure de ce qui s'est réellement passé entre 1900 and 2010.**

Nd	Date(begin)	Date(end)	F1	C1	F2	C2
1	13/02/1900	15/02/1900	0	1	0	2
2	01/02/1904	02/02/1904	1	1	2	1
3	07/12/1911	09/12/1911	0	1	0	2
4	27/01/1922	29/01/1922	0	1	0	2
5	11/04/1922	11/04/1922	0	1	0	2
6	12/10/1922	20/10/1922	0	1	0	2
7	09/01/1924	09/01/1924	2	2	2	2
8	26/11/1924	27/11/1924	0	1	0	2
9	28/12/1924	29/12/1924	0	1	0	1
10	08/11/1927	09/11/1927	0	1	0	2
11	22/03/1928	23/03/1928	0	1	0	1
12	27/01/1936	27/01/1936	0	1	0	2
13	14/03/1937	14/03/1937	0	1	0	1
14	23/12/1945	23/12/1945	0	1	0	1
15	24/03/1947	24/03/1947	0	1	0	1
16	01/01/1948	28/02/1948	0	1	0	1
17	05/02/1950	06/02/1950	0	1	0	1
18	08/12/1954	09/12/1954	0	1	0	1
19	14/02/1957	15/02/1957	0	1	0	1
20	01/12/1959	01/12/1959	0	1	0	1
21	02/11/1963	03/11/1963	0	1	0	2
22	21/02/1966	22/02/1966	0	1	0	1
23	01/11/1967	04/11/1967	0	1	0	1
24	01/11/1972	31/12/1972	0	1	0	2
25	16/01/1974	11/02/1974	0	1	0	1
26	28/01/1975	29/01/1975	0	1	0	2
27	01/11/1975	30/11/1975	0	1	0	2
28	25/10/1976	25/10/1976	0	1	0	1
29	26/02/1978	26/02/1978	2	2	2	2
30	01/12/1978	31/12/1978	0	1	0	1
31	20/01/1980	20/01/1980	0	1	0	2
32	13/12/1981	13/12/1981	0	1	0	2
33	24/12/1981	24/12/1981	0	1	0	2
34	21/12/1983	21/12/1983	0	1	0	1
35	22/11/1984	23/11/1984	0	1	0	1
36	07/04/1985	08/04/1985	0	1	0	1
37	26/09/1999	26/09/1999	0	1	0	2
38	24/10/1999	24/10/1999	0	1	0	1
39	24/12/1999	29/12/1999	0	1	0	1
40	29/09/2000	29/09/2000	0	1	0	2
41	30/10/2000	30/10/2000	0	1	0	1
42	10/01/2001	10/01/2001	2	2	2	2
43	07/02/2001	07/02/2001	1	2	1	2
44	27/10/2004	27/10/2004	1	2	1	2
45	02/12/2005	02/12/2005	0	1	0	1
46	10/03/2008	10/03/2008	2	2	2	2
47	10/02/2009	10/02/2009	1	2	1	2
48	28/02/2010	28/02/2010	1	2	1	2

Résultats clé : conditions critiques pour la submersion



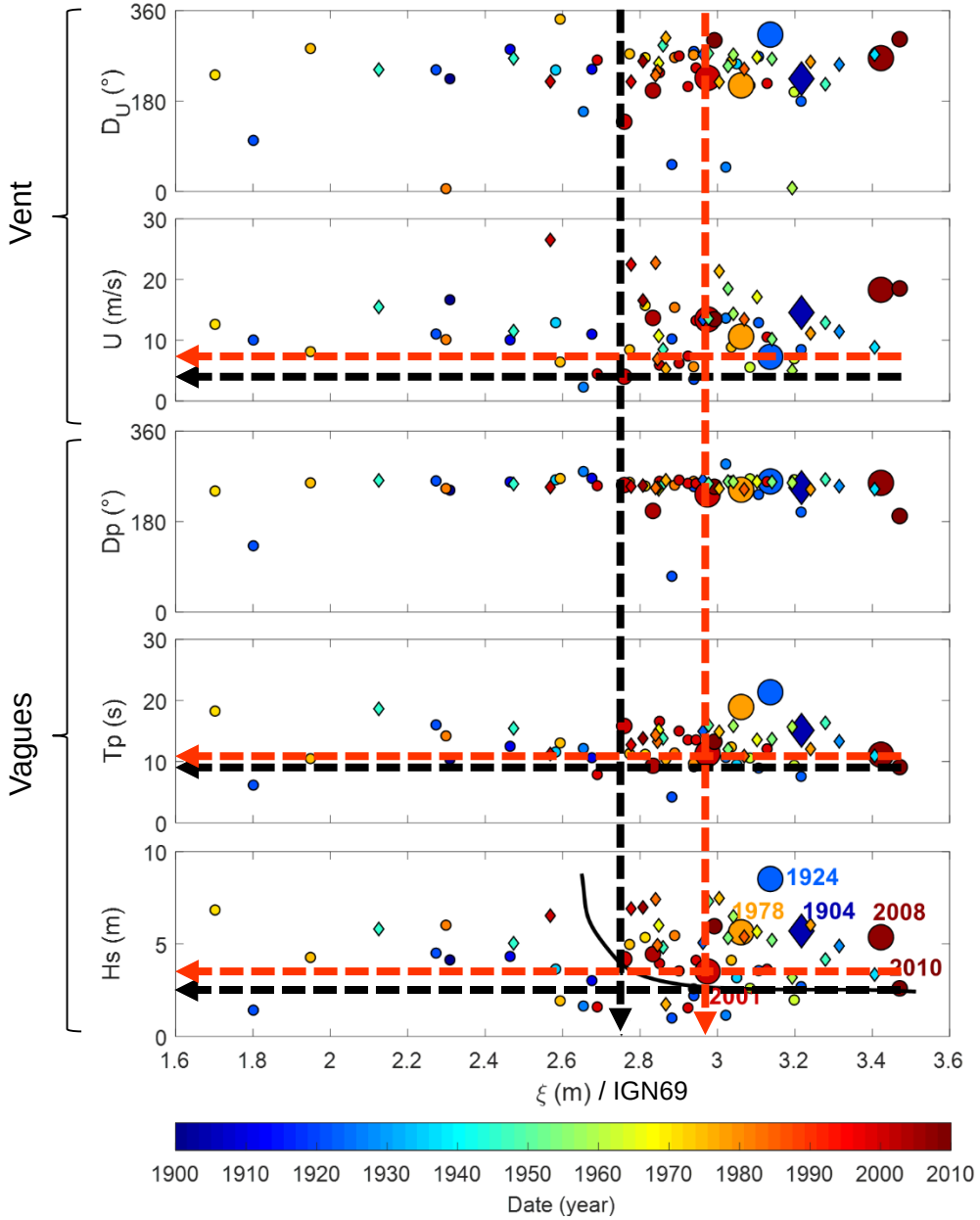
Valeurs en-deça desquelles **aucun évènement** de submersion ne s'est produit:

- Niveau d'eau (ξ=NMR+marée+surcote) : 2.76 m IGN69
- Hauteur vagues (Hs) : 2.6 m
- Période vagues (Tp) : 9 s
- Vent (U) : 4 m/s

Submersion
- ○ **F=0 (pas de submersion)**
- ○ **F=1 (submersion modérée)**
- ○ **F=2 (submersion forte)**

Confiance
- ◇ **C=1 (modérée)**
- ○ **C=2 (forte)**

Résultats clé : conditions critiques pour la submersion



Valeurs en-deça desquelles **aucun évènement** de submersion ne s'est produit:

- Niveau d'eau (ξ=NMR+marée+surcote) : 2.76 m IGN69
- Hauteur vagues (Hs) : 2.6 m
- Période vagues (Tp) : 9 s
- Vent (U) : 4 m/s

Valeurs en-deça desquelles **aucun évènement majeur** de submersion ne s'est produit:

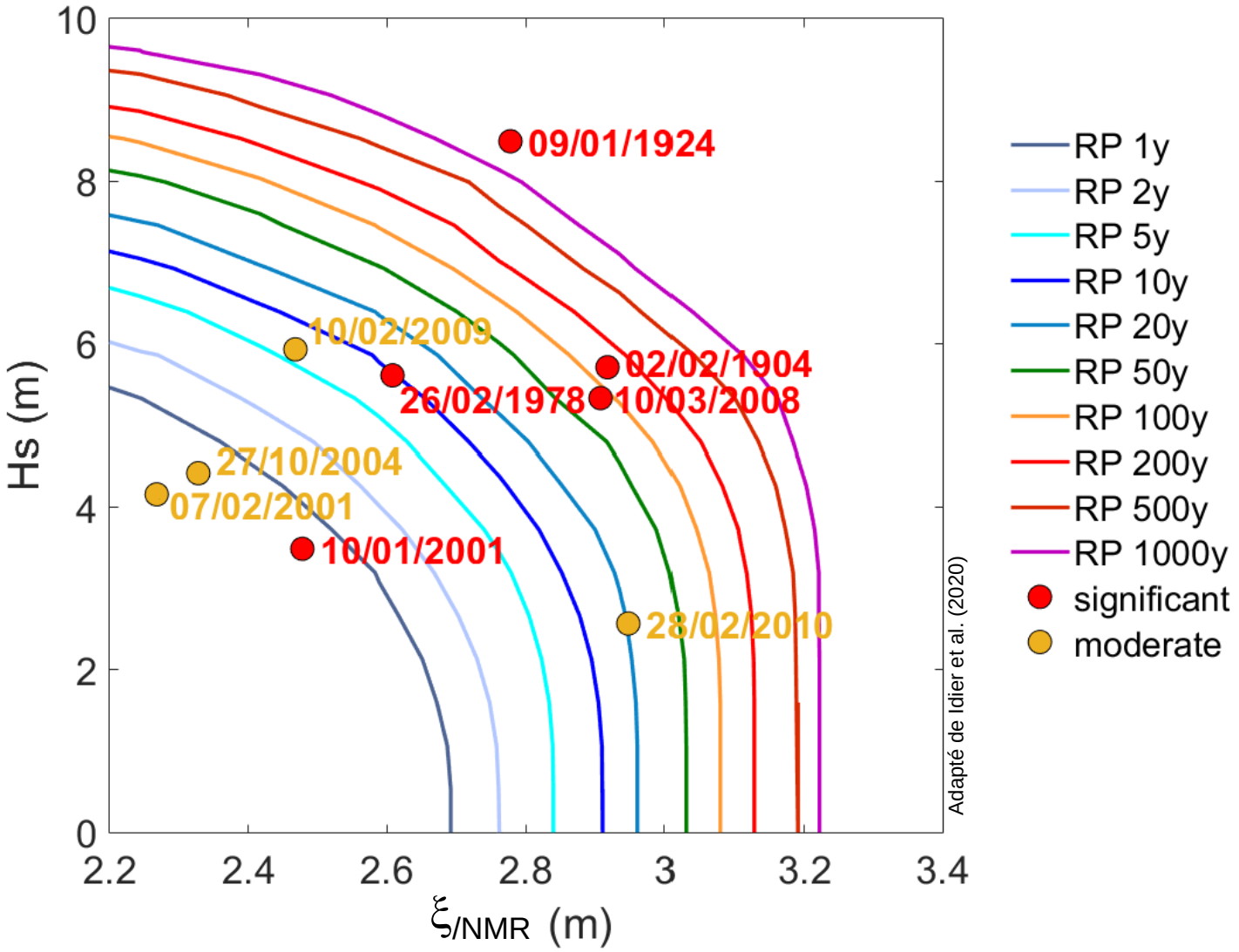
- Niveau d'eau (ξ) : 2.98 m IGN69
- Hauteur vagues (Hs) : 3.5 m
- Période vagues (Tp) : 11 s
- Vent (U) : 7 m/s

Submersion
- ○ **F=0 (pas de submersion)**
- ○ **F=1 (submersion modérée)**
- ○ **F=2 (submersion forte)**

Confiance
- ◇ **C=1 (modérée)**
- ○ **C=2 (forte)**

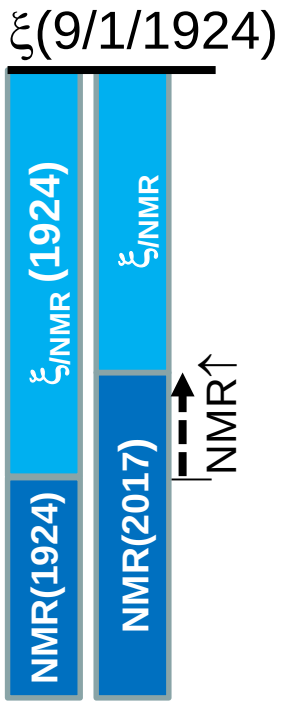
Résultats clé : Probabilité d'occurrence des conditions critiques

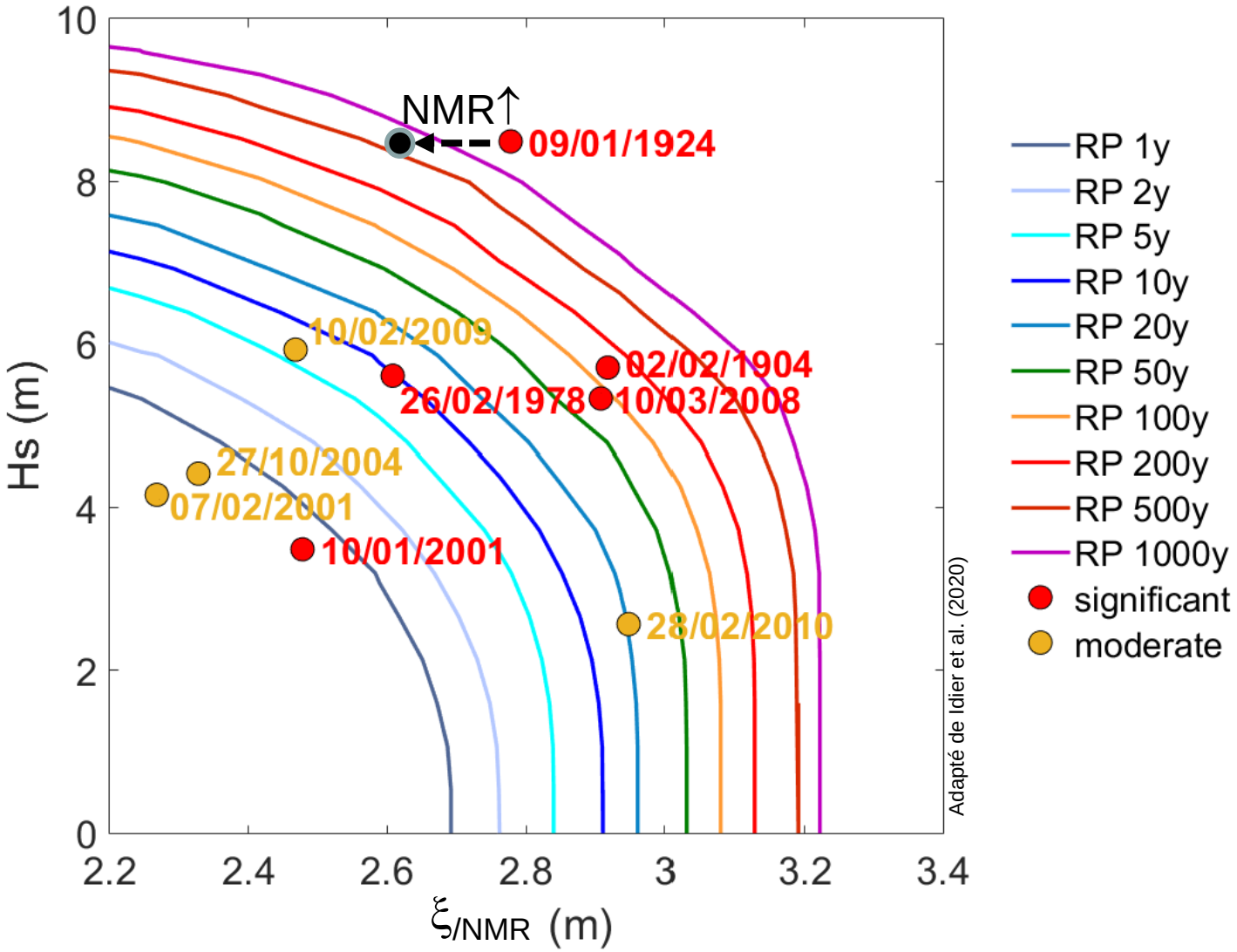
les facteurs principaux : niveau d'eau (ξ) & hauteur de vagues
→ période de retour de dépassement conjoint ($\xi_{/NMR}$ =Marée + Surcote ; hauteur de vagues)



Résultats clé : Probabilité d'occurrence des conditions critiques

les facteurs principaux : niveau d'eau (ξ) & hauteur de vagues
→ période de retour de dépassement conjoint ($\xi_{/NMR}$ =Marée + Surcote ; hauteur de vagues)

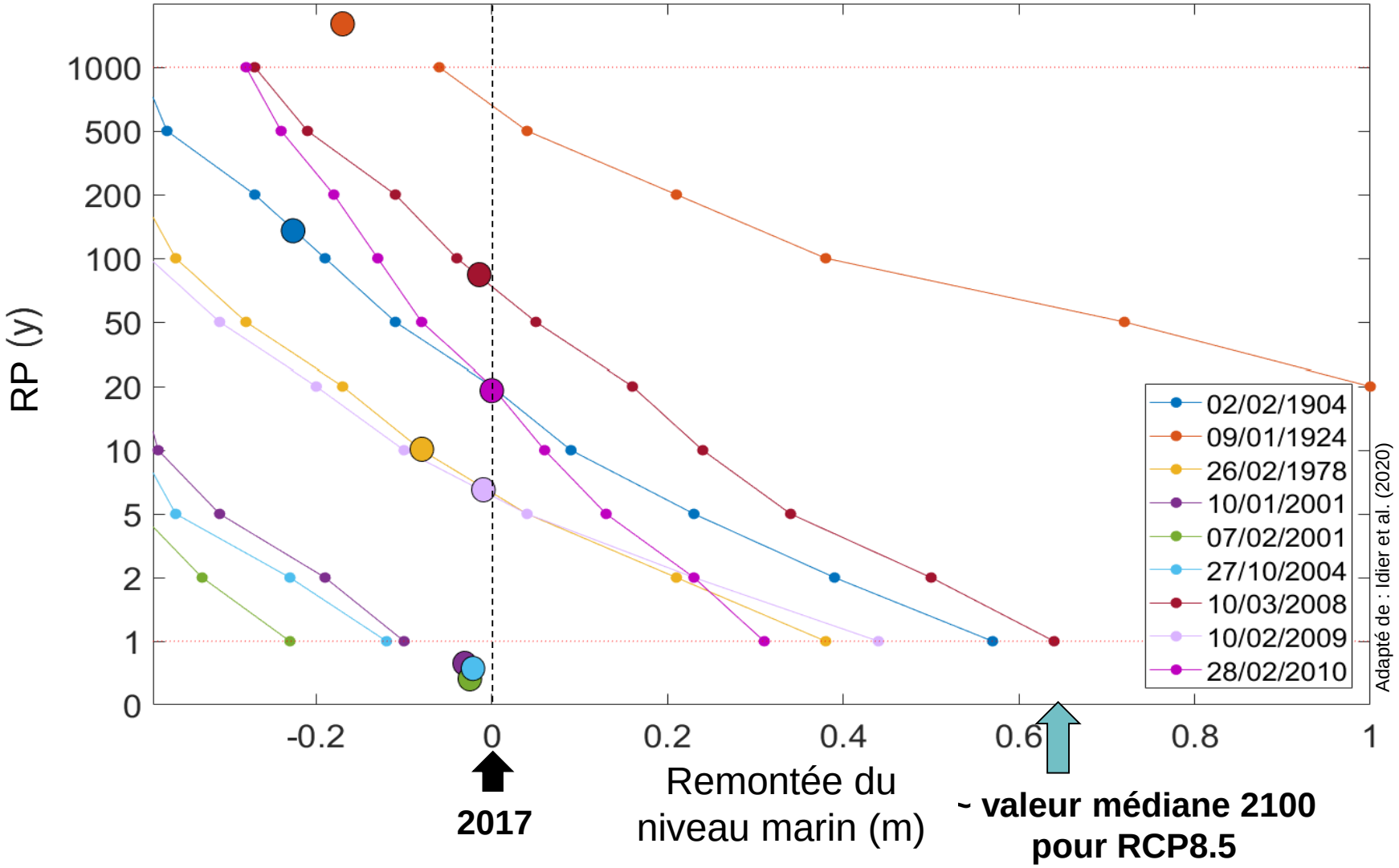




Résultat clé : effet de la remontée du niveau marin

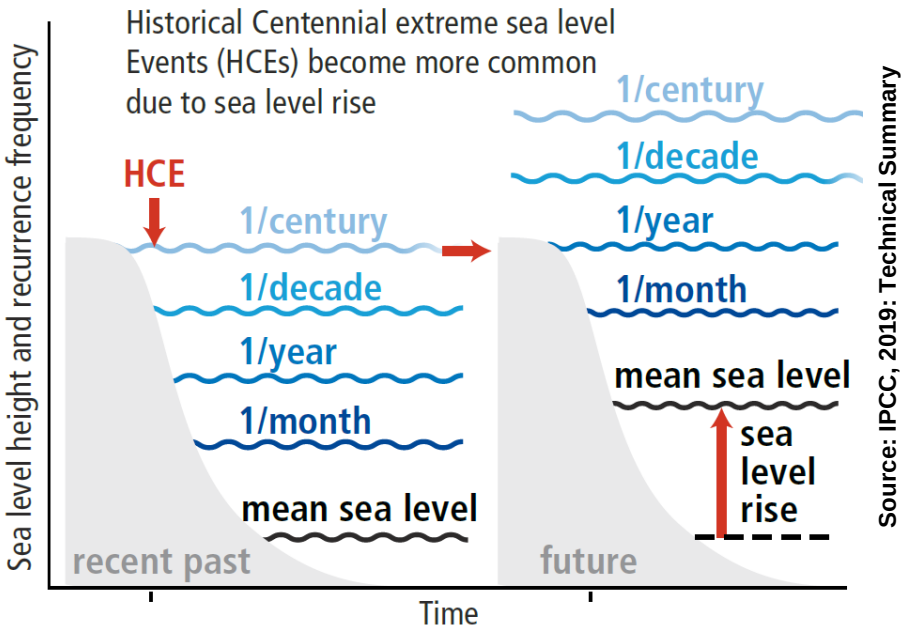
Période de retour de dépassement conjoint ($\xi_{/NMR}$, Hs) en fonction de la remontée du niveau marin

→ pour un scénario RCP8.5 : la plupart des évènements bivariés deviendraient annuels avant 2100



CONCLUSIONS

- Caractérisation des évènements de submersion passés sur 110 ans
- Une approche pargmatique pour estimer les conditions océano-météo
- 9 évènements de submersion, incluant 5 majeurs
- La remontée du niveau marin a déjà (et va) significativement modifier les probabilités d'occurrence des conditions météo-marines ayant mené à des submersions à Gâvres



ATTENTION à l'exploitation

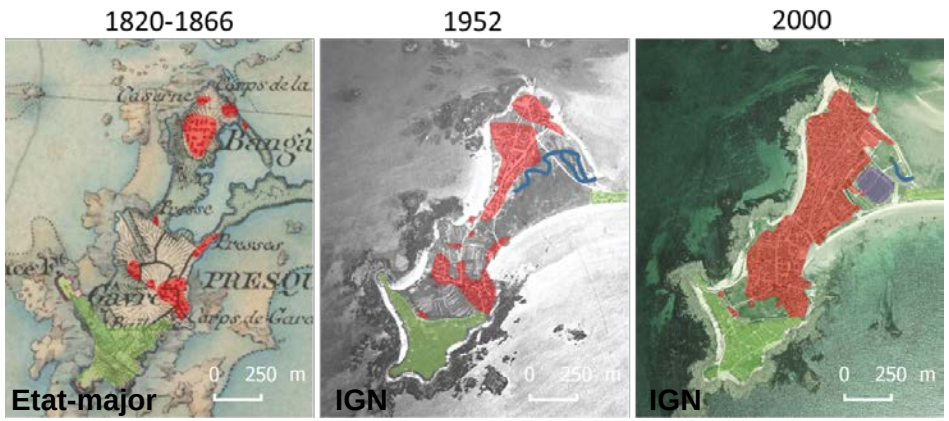
Le territoire de Gâvres a beaucoup changé depuis 1900

- **Peu d'habitants et enjeux il y a un siècle**

  → Il est possible d'avoir "rater" des évènements de submersion mineurs

- **Modifications dans les défences côtières (dunes, ouvrages) et la topo-bathymétrie**

  → Possible que les conditions océano-météo ayant mené à des submersion majeures ne mèneraient plus à des submersions majeures aujourd'hui



Adapté de : Idier et al. (2020)

Hauteur d'eau maximale à terre simulée pour les conditions océano-météo du 10/03/2008 (tempête Johanna)

Merci pour votre attention

Pour plus d'informations: Idier et al. (2020) https://doi.org/10.1007/s11069-020-03882-4