

Essai historique et prospectif sur les politiques d'adaptation des Pays-Bas aux risques de submersion marine, à partir d'une approche bibliographique

Jean-Marc BEYNET¹, Théo FORTIN²

1. Ingénieur conseil en aménagements littoraux et portuaires, maritimes et fluviaux, 35 rue de Peyrouse, 30320 Marguerittes, France.
beynet.consult@gmail.com
2. Responsable de projets internationaux, AIVP, 5 quai de la Saône, 76600 Le Havre, France.
tfortin@aivp.org

Résumé :

Environ un tiers des Pays-Bas est situé sous le niveau de la mer et le territoire a largement été façonné par l'homme. Les premiers travaux de grande ampleur ont été lancés suite aux inondations de 1913 par la construction de la digue de fermeture du Golfe Zuiderzee, créant ainsi le lac Afsluitdijk. Puis, suite à une autre submersion marine catastrophique survenue en 1953, les hollandais ont lancé le plan Delta, en déterminant les niveaux de sécurité en calculant le risque comme étant le produit de la probabilité de défaillance par le coût des dommages prévus. Notons que de nos jours, la bande côtière entre Rotterdam et Amsterdam concentre 65% du PNB.

Actuellement, les Pays-Bas sont les pionniers de l'adaptation pour « *construire avec la nature* » en tentant de construire avec la mer et non pas contre la mer.

A partir d'une approche bibliographique, cet article retrace succinctement l'histoire et présente les grandes lignes des politiques d'adaptation pour les horizons 2050-2100.

Mots-clés : Adaptation niveau marin, Submersion marine, Inondations, Construire avec la nature, Pays-Bas.

1. Volet historique

Les Pays-Bas sont directement menacés par l'élévation du niveau de la mer du Nord. Ce n'est pas nouveau, et depuis des siècles, les hollandais ont créé des polders protégés par des digues. Autrefois, ils drainaient ces zones basses, grâce à des moulins à vent. Entre le XII^e et le XVII^e siècles, la Hollande a été durement affectée par une succession de tempête, raz-de-marée et inondations : Raz-de-marée de la Toussaint en 1179, inondations de la Saint-Nicolas en 1196, puis à nouveau raz-de-marée en 1214 et 1219. Il s'agissait d'épisodes de très violentes tempêtes de provenance Ouest Nord-Ouest, associés à des marées barométriques avec forte surcotes temporaires. Une première

Thème 7 – Risques côtiers

inondation de la Saint-Marcel survint en 1362, avec franchissement et ouvertures de brèches dans les digues des polders. Puis presque trois siècles plus tard, une seconde inondation de la Saint-Marcel eut lieu les 15 et 16 janvier 1634, touchant durement les régions sud de la mer du Nord, affectant les côtes de l'Allemagne (dont la ville de Rungholt) et du Danemark (la ville côtière de Ribe), mais aussi les Pays-Bas. Un tiers du pays est situé sous le niveau de la mer. Son point le plus bas est Nieuwekerk aan den IJssel, à 6,76 mètres en dessous du niveau de la mer. La capitale Amsterdam est elle-même à 2 m sous le niveau de la mer du Nord. Aussi ce pays a-t-il été largement façonné par l'homme au fil des siècles. D'ailleurs, René Descartes l'avait écrit en son temps : «*Dieu créa le monde, mais les hollandais créèrent la Hollande* ».

Les premiers travaux d'endiguement de grande ampleur ont été décidés suite à de nouvelles inondations en 1913. C'est Cornélis Lely (1854-1929), ingénieur hydraulicien et homme d'Etat néerlandais qui en fut le concepteur. Il dirigea les études préalables aux travaux du Zuiderzee, et mena à bien la construction de l'Afsluitdijk (BANNING, 2018). Il s'agit de fermeture et de poldérisation du grand golfe maritime de la mer du Nord Zuiderzee, créant ainsi le lac Afsluitdijk. Cette digue a une longueur de 32 km.

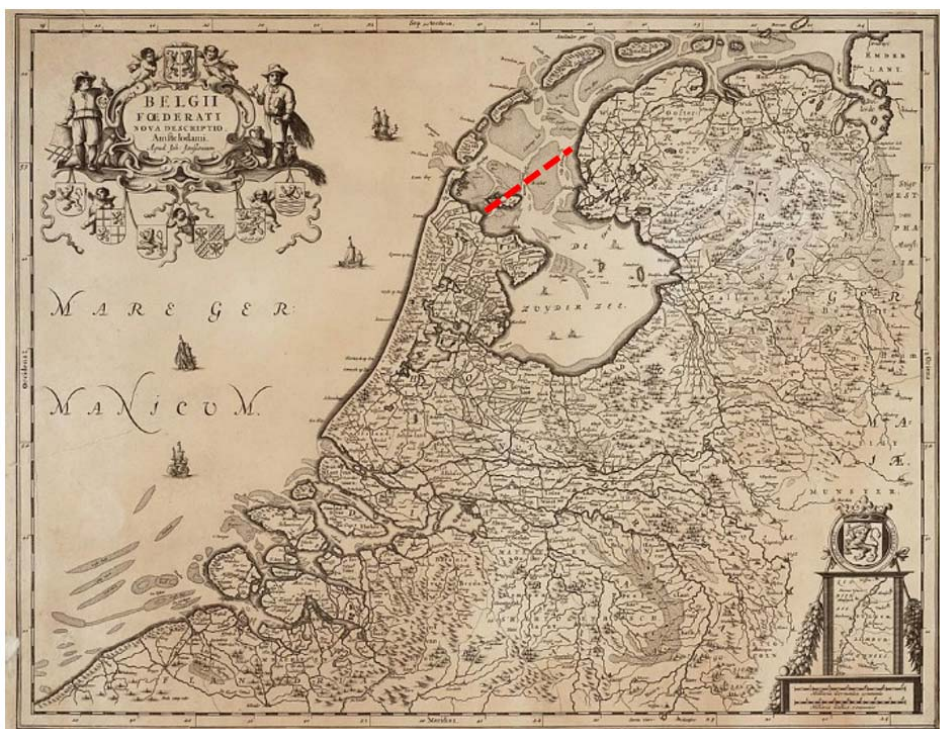


Figure 1. Carte des Provinces-Unies de 1658 avec le Zuiderzee au centre, tel qu'il était encore avant la création de l'Afsluitdijk, carte de J. Janssonius. (JANSSONIUS, 1658). Le tracé pointillé de couleur rouge est celui de la digue qui ferma le golfe de Zuiderzee et donna naissance au lac d'eau douce IJsselmeer.

L'avantage du projet de Lely est le raccourcissement de la côte. La défense contre la mer est donc plus efficace. Avec plusieurs centaines de kilomètres de côtes sur le Zuiderzee, il était très difficile de maintenir une barrière efficace. Les différents barrages sont remplacés par une digue unique.



Photo 1. Digue de fermeture du golfe Zuiderzee, (cliché ©Beynet, 2014).

Mais quelques années plus tard, une nouvelle violente tempête de la mer du Nord, est à l'origine de la dernière grande inondation qui remonte à l'année 1953. Elle fut catastrophique car 1800 personnes périrent. Ce fut l'évènement déclencheur de la mise en œuvre du plan Delta (la vision de Lely sera utilisée plus tard au XX^e siècle, pour les travaux du Plan Delta et la côte de Zélande sera raccourcie), qui est le plus grand ouvrage de défense contre les eaux au monde, situé sur à l'intérieur du territoire et sur le littoral. Il a été créé pour lutter contre les inondations marines, en particulier pour les provinces de Zélande, de Hollande-Méridionale et du Brabant-Septentrional. Les travaux du plan Delta ont duré pendant plusieurs décennies. Ils furent achevés en 1986. Puis une nouvelle tranche, Europoortkering (programme complémentaire lancé par les Autorités pour protéger les voies d'accès maritimes du Port de Rotterdam), a été lancée en continuité et s'est poursuivie jusqu'en 2010 avec la réhausse de l'ensemble des digues, afin de les mettre en conformité avec de nouvelles normes néerlandaises.

2. Volet prospectif

Aujourd'hui, avec l'accélération de l'augmentation du niveau marin, le pays doit de nouveau anticiper pour s'adapter. Depuis des décennies, les décideurs politiques et les experts économiques et scientifiques néerlandais raisonnent en termes de valeur économique et considèrent que la protection des Pays-Bas, dont les deux tiers de sa valeur économique et la moitié de sa population se trouvent sous le niveau de mer, est réalisable, à la fois du point de vue technique et économique, si elle est planifiée à long terme et en faisant preuve de souplesse (STIVE, 2012). Ils ont été les premiers à considérer que la défense contre la mer de leur pays devait tenir compte non seulement des tempêtes destructrices, mais aussi de la rationalité économique. Dès la première mouture du plan Delta, avec l'aide du mathématicien néerlandais David Van Dantzig

Thème 7 – Risques côtiers

qui anima en 1954 une session plénière du Congrès international des mathématiciens d'Amsterdam, consacrée aux problèmes de probabilité posés par les inondations de 1953). Les niveaux de sécurité ont été calculés en utilisant une équation qui est désormais largement utilisée par la plupart des ingénieurs, dans plusieurs domaines, non seulement en hydraulique, mais aussi dans le nucléaire, l'aérospatiale et la fabrication de produits chimiques, par exemple. Cette équation simple est la suivante :

$$\text{Risque} = \text{probabilité de défaillance} \times \text{coût des dommages prévus}$$

Cependant, ce type d'analyse a pour corollaire une inégalité de protection, bien que tous les citoyens néerlandais n'en soient pas forcément conscients. Leur gouvernement a accepté et a légiféré en considérant que toutes les régions ne pouvaient pas être protégées au même niveau et qu'une juste mesure devrait être trouvée entre le coût individuel et le coût collectif. En effet, la côte néerlandaise s'étale sur environ 350 km et la plupart des habitants vivent juste derrière le littoral, au-dessous du niveau de la mer. Et il faut rappeler que c'est cette bande côtière qui est le centre de l'économie de la nation, soit 65% du PNB essentiellement entre Amsterdam et Rotterdam.

Les Pays-Bas renforcent leurs ouvrages de protection contre les inondations marines en mer de Wadden et dans l'Escaut occidental, sachant que cet estuaire doit rester ouvert à la marée afin de préserver son patrimoine écologique ainsi que la navigation à destination d'Anvers. Par contre, le barrage anti-tempête de l'Escaut oriental gardera sa fonction jusqu'en 2050. Ensuite, la durée de vie de l'ouvrage sera étendue par des interventions techniques et ce jusqu'à une élévation du niveau de la mer d'environ 1 m (estimé en 2075 au plus tôt), ainsi que l'écrivait déjà en 2012 Marcel Stive (Delft University of Technology, The Netherlands) dans sa publication déjà citée ci-avant en bibliographie du présent article.

L'application des recommandations semble néanmoins complexe. Par exemple, les digues en mer peuvent gêner les processus naturels, mais d'un point de vue économique, il n'est généralement pas justifiable de supprimer les digues, sans parler du point de vue socio-affectif (STIVE, 2012).

« Les enjeux sont de taille pour l'économie du royaume : les deux tiers de la richesse nationale sont situés en territoire inondable, soit 1.800 milliards d'euros à la merci des eaux. En outre, un patrimoine immobilier d'une valeur de quelque 711 milliards d'euros est bâti sous le niveau de la mer. Sans compter les 9 millions de Néerlandais résidant dans ces zones à risque. Sur la base de données confirmant le risque d'une fonte plus rapide que prévu de la calotte glaciaire de l'Antarctique, une étude de chercheurs de l'Université d'Utrecht a conclu que le niveau des mers pourrait monter de 1,50 mètre d'ici à la fin du siècle, voir 1,80 mètre selon le pire scénario. La question est aujourd'hui de

XVII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Chatou 2022

savoir de combien de temps nous disposons pour nous préparer, s'interroge la scientifique Marjolijn Haasnoot, chargée d'étudier l'impact du réchauffement à l'institut Deltares. S'il dépasse les 2 degrés prévus dans l'Accord de Paris, le niveau des eaux maritimes a toutes les chances de s'élever deux fois plus vite », conclut-elle. La hauteur de la montée des eaux est aussi appelée à se décupler en cas de dérapage de l'Accord de Paris. La mer du Nord pourrait ainsi monter de 3 mètres d'ici à 2100...

... Si elle se confirme, l'accélération de la fonte de l'Antarctique aura déjà un impact aux Pays-Bas à l'horizon de 2050. Le renforcement préventif des côtes néerlandaises demandera alors 20 fois plus de sable que les 12 Mm³ prévus actuellement. Les barrages anti-tempêtes devront être remplacés plus tôt que prévu et des dispositifs de pompage de l'eau plus puissants seront nécessaires, prévoit Wim Kuijken, commissaire du programme Delta...

... Jusqu'à présent, le niveau de protection de nos côtes a été calculé à partir de la puissance de tempêtes avec une probabilité de survenance d'une fois tous les dix mille ans. Mais le risque d'une fonte plus rapide que prévu de la calotte glaciaire de l'Antarctique change la donne, s'inquiète la scientifique néerlandaise Renske de Winter, de l'université d'Utrecht. La politique aménagement et de protection des côtes néerlandaises doit être revue de manière critique, poursuit-elle à l'adresse des responsables du pays ». (BURG, 2018)

La ville de Rotterdam est protégée par le barrage anti-tempête Maeslantkering, qui constitue le plus grand Europortkering avec Hartelkering et l'anneau de digues à Rozenburg. Ces barrières sont fermées lorsque le niveau des eaux est élevé (Amsterdam Ordinance Datum ou NAP +3 mètres et plus) afin de protéger l'arrière-pays contre les inondations. La majeure partie de la zone du port de Rotterdam est toutefois située en dehors de ces digues. Le rapport "*Advies Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden*" publié en 2014 a conclu qu'une recherche ciblée devait être effectuée pour garantir que les résidents locaux et les entreprises de la région de Rotterdam soient protégés contre les inondations dans les années à venir. Cette recherche a ensuite été menée dans quatre zones qui se trouvent au-delà des digues. Il s'agit de la zone portuaire historique de Dordrecht, de Noordereiland, de Merwe-Vierhavens et de Botlek. La zone de Botlek est située dans une section de la zone portuaire qui est relativement élevée, à environ 4,5 mètres au-dessus du niveau de la mer, et qui est partiellement protégée par le barrage anti-tempête. Le Botlek a été spécifiquement sélectionné pour sa situation au sein de la grande zone portuaire de Rotterdam, son importance économique et la présence de fonctions vitales et vulnérables. Le projet pilote Botlek Water Safety a été entrepris en 2015 et 2016 par le port de Rotterdam réalisé dans le but d'examiner les conséquences des inondations dues au changement climatique, en particulier l'élévation du niveau de

Thème 7 – Risques côtiers

la mer (Case Study 1, AIPCN/PIANC, 2020). Mais ces études sont déjà anciennes et à l'époque, les niveaux de la mer qui avaient été pris en compte étaient les suivants : +0,15 à +0,35 m d'ici 2050 et +0,35 à +0,85 m d'ici 2100. Cependant ces niveaux prévisionnels sont dépassés actuellement, suite au dernier rapport du GIEC en 2021, dont le paragraphe B.5.3 est rappelé ci-après :

B.5.3 : Il est pratiquement certain que le niveau moyen de la mer continuera à s'élever au cours du XXI^e siècle. Par rapport à la période 1995-2014, l'élévation probable du niveau moyen de la mer, d'ici 2100, est de 0,28 à 0,55 m dans le scénario de très faibles émissions de GES, de 0,32 à 0,62 m dans le scénario faible, de 0,44 à 0,76 m dans le scénario intermédiaire et de 0,63 à 1,01 m dans le scénario très élevé. À l'horizon 2150, l'élévation est de 0,37 à 0,86 m dans le scénario très faible, de 0,46 à 0,99 m dans le scénario faible, de 0,66 à 1,33 m dans le scénario intermédiaire et de 0,98 à 1,88 m dans le scénario très élevé (fiabilité moyenne). Une élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale au-delà de la fourchette probable – approchant 2 m d'ici 2100 et 5 m d'ici 2150 – dans le cadre du scénario très élevé (fiabilité faible) ne peut être exclue, en raison de la grande incertitude qui entoure les changements de la calotte glaciaire. (Extrait du rapport AR6 du GIEC, 2021)

Une autre série d'études visant à évaluer les risques d'inondation marine a été mise en œuvre entre 2017 et 2021 par le Port de Rotterdam pour les secteurs de Vondelingenplaat (achevée en 2017), Waalhaven et Eemhaven (achevée en 2018), Merwe-Vierhaven (achevée en 2019), Europoort (achevée en 2020) et Maasvlakte (achevée en 2021). Elles s'intègrent dans une volonté assumée de responsabilisation des usagers du domaine portuaire afin qu'ils intègrent le risque dans leur stratégie (EISMA, 2021). La modélisation hydrodynamique a été réalisée pour chacun des secteurs concernés et une stratégie de gestion de crise a été mise en place en coordination avec les industriels. (SANCHEZ, 2021).

Actuellement, les mentalités évoluent et les ingénieurs recommandent de plus en plus de « construire avec la nature », construire avec la mer et non pas contre la mer. Par exemple, « le moteur à sable », qui est un type de rechargement massif de plage où un grand volume de sédiments est ajouté sur un littoral (STIVE *et al.*, 2013). Les éléments naturels (vents, vagues, marées) répartissent ensuite le sable le long de la côte pendant plusieurs années. De ce fait, il n'est plus nécessaire de procéder à des rechargements fréquents. A priori, la rentabilité de cette méthode est meilleure. Autre avantage, les perturbations écologiques sont moindres sur le milieu marin. Le premier moteur à sable a été construit au large de la Hollande méridionale. Il s'agissait d'une presqu'île de 128 ha qui a été créée entre Ter Heijde et Kiikduin en 2011, à la demande du Hoogheemraadschap van Delfland (STIVE *et al.*, 2013). Ces recommandations de

collaboration avec la nature sont conformes à la politique actuelle, par exemple, la préservation du trait de côte en adoptant des solutions souples plutôt que des barrières en béton rigides.

D'autres initiatives innovantes comme la création ou la restauration de marais salants ont été menées à bien, comme à Delfzijl où le front de mer de Marconi a été protégé grâce à la création de 16 ha de marais salants dont 13 ha sont d'ailleurs visitables par le public en tant que promenades piétonnes. On note ainsi que les principes de « construire avec la nature » sont propices à la mixité des fonctions, ce qui signifie que la création d'espaces naturels tampons peut également libérer des fonctions récréatives pour la population et reconnecter les villes avec leur front de mer. Au contraire, certains ouvrages de protection ont eu l'effet inverse, coupant les résidents d'un accès à la mer.

Tout récemment, Rogier Van de Sande, président de l'Office national des eaux néerlandais soulignait:

« Des choix stratégiques drastiques sont nécessaires dans l'aménagement du territoire des Pays-Bas pour contenir les effets du changement climatique...

S'adapter aux conditions météorologiques extrêmes et anticiper l'élévation du niveau de la mer doivent être une priorité absolue pour un nouveau gouvernement...

... Si nous ne réduisons pas les émissions de gaz à effet de serre, le niveau de la mer au large des côtes néerlandaises pourrait monter de 1,20 m d'ici 2100, par rapport au début du siècle. Pire l'eau pourrait monter de près de 2 m d'ici 2100, dans le cas où la calotte glaciaire au pôle Sud venait à s'accélérer ». (VAN De SANDE, 2021).

En fait, une telle hypothèse était déjà avancée en 2019 par l'Ifremer, dans le cadre du rapport Allenvi :

« Dans une hypothèse de fort changement climatique et de fonte d'une partie significative des calottes polaires, l'élévation totale du niveau des mers pourrait atteindre 2 mètres, voire plus ». (LACROIX et al., 2019).

3. Conclusions

En définitive, dans l'étude prospective citée ci-avant, des scientifiques français regroupés dans le cadre AllEnvi, (LACROIX et al., 2019) envisageaient deux scénarii :

***Scénario 1 : La technologie a ses limites.** Le portage étatique d'une gouvernance active de l'eau, basée sur des technologies de pointe (intégrant l'intelligence artificielle) et des infrastructures de protection est renforcée au nom du maintien du trait de côte. Cependant, après 2 050 le plan Delta se révèle de moins en moins efficace : les tempêtes et les surcotes associées ne sont plus maîtrisables. Les populations sont contraintes à des retraits plus précipités que*

Thème 7 – Risques côtiers

prévu. Les événements climatiques extrêmes s'accompagnent de forts dégâts, d'autant que les modèles de développement urbain et agricole, n'ayant pas assez intégré la gestion de la hausse du niveau de la mer, sont particulièrement vulnérables.

Scénario 2 : Réaménagement du littoral. *Les Pays-Bas s'impliquent fortement dans la lutte contre le changement climatique et la stratégie d'adaptation change. Elle combine la constitution de zones tampons sur les littoraux, un retrait stratégique sur la ligne de côte et dans les points bas de la plaine centrale, le renforcement d'infrastructures écologiques de protection et de barrages/digues. Le retrait progressif et anticipé des populations s'accompagne d'un réaménagement urbain afin de réduire la vulnérabilité de la plaine basse située sur l'axe Rotterdam - Amsterdam au profit du développement des villes moyennes en zone sûre.*

Pour conclure et assurer la transition entre les volets historique et prospectif des politiques d'adaptation des Pays-Bas face à l'élévation du niveau marin dans les décennies à venir, citons enfin les réflexions du Professeur Emérite Han Meyer (Leiden-Delft-Erasmus Universities), qui rappelle que l'année 2022 est le 150^e anniversaire de la nouvelle voie navigable : « *Re-considering the Rhine mouth as a smart hydraulic system* ». Cet accès artificiel de la mer au port de Rotterdam a été mis en service en 1872 et a entraîné des développements économiques et urbains importants dans la région de Rotterdam. Dans son livre bleu, Han Meyer soutient qu'après 150 années, il est temps de reconsidérer fondamentalement les politiques concernant la nouvelle voie navigable. Au lieu de rendre l'environnement naturel dépendant de la croissance économique, le développement économique devrait devenir dépendant des possibilités offertes par un système naturel durable. Le projet « *L'embouchure du Rhin en tant qu'estuaire* », une coopération de Meyer, ARK Natuurontwikkeling et le World Wildlife Fund, explore un tel renversement radical pour la nouvelle voie navigable.

4. Références bibliographiques

AIPCN/PIANC (2020). *Climate change adaptation planning for ports and inland waterways*, EnvirCom WG Report n°178 – 2020.

BANNING C. (2018). *Cornelis Lely – Ingenieur van het nieuwe Nederland*, Pharosuitgevers, 287 p.

BOUW M., VAN EEKELEN E. (2020). *Building with Nature - Creating, implementing and upscaling Nature-based Solutions*, nai010 publishers, 256 p.

BURG D. (2018). *Climat : les Pays-Bas en alerte maximum*, article paru dans Les Echos, le 7 décembre 2018.

EISMA M., (2021), *La gestion du risque d'inondation dans le port de Rotterdam*, Newsletter AIVP/IACP, 5 mars 2021.

*XVII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil
Chatou 2022*

- GIEC, (2021), *AR6, Rapport du Groupe de Travail n°1*, publié le 9/08/2021
- JANSSONIUS J., (1658), *Map of the Republic of the Seven United Netherlands – Collection Belgii Foederati Nova Descriptio*, Published in Amsterdam. Archieven.nl Universiteit Van Groningen.
- LACROIX D., MORA O., DE MENTHIERE N., BETHINGER A. (2019). *La montée du niveau de la mer : conséquences et anticipations d’ici 2100, l’éclairage de la prospective*. Rapport d’étude AllEnvi, Alliance Nationale de Recherche pour l’Environnement, Octobre 2019, 172 p.
- SANCHEZ J., (2021), *Ville et Port s’unissent contre l’élévation du niveau de la mer à Rotterdam* – Newsletter AIVP/IACP, 24 février 2021.
- STIVE M. (2012). *Vers un nouveau plan Delta pour garder les Pays-Bas à l’abri des inondations au cours du 21^e siècle*. In : Evènements extrêmes fluviaux et maritimes. Leurs variabilités spatiales et chronologiques dans l’ouest de l’Europe. 34^{èmes} Journées de l’hydraulique Paris, 1 et 2 février 2012.
- STIVE M., DE SCHIPPER M.A., LUIJENDIJK A.P., *et al.*, (2013), *A new alternative to saving our beaches from sea-level rise : The Sand Engine*, Journal of Coastal Research 29(5), 200 : 1001-1008.
- VAN De SANDE, (2021), *Climat: les Pays-Bas craignent une montée des eaux bien pire que prévue*. Interview accordée à LCI le 26 octobre 2021 - Source : <https://www.tflinfo.fr/sciences-et-innovation/rechauffement-climatique-climat-les-pays-bas-craignent-une-montee-des-eaux-bien-pire-que-prevue-2200041.html>
- VAN EEKELEN E., (2020), *Building with Nature, Creating implementing and upscaling Nature-based Solutions* – Editor EcoShape.

5. Remerciements :

Les auteurs remercient pour sa relecture-validation Prof. Dr.-Ing. Carola Hein, Chair History of Architecture and Urban Planning UNESCO Chair Water, Ports and Historic Cities Director Leiden-Delft-Erasmus (LDE) PortCityFutures Centre.

Thème 7 – Risques côtiers