

Trajectoires d'évolution d'îles coralliennes d'atolls sous influence anthropique (archipel des Tuamotu, Polynésie française)



Photo: V. PILLET – Passe de Paeua / Atoll de Manihi / Archipel des Tuamotu / Polynésie française

Valentin Pillet
UMR 7266 – LIENSs | La Rochelle Université
valentin.pillet@univ-lr.fr

Journée des Jeunes Géomorphologues
Session 1 – Dynamiques littorales sous l'effet du changement climatique et des aménagements
Paris | Aubervilliers | 6 février 2020





Les îles coralliennes

« Les îles coralliennes d'atolls sont constituées de matériel carbonaté (sable, débris coralliens) peu ou non consolidé, accumulé sur la couronne récifale »

(Woodroffe, 2008 ; McLean, 2011)

Vulnérables aux événements météo-marins extrêmes et aux **conséquences du changement climatique** :

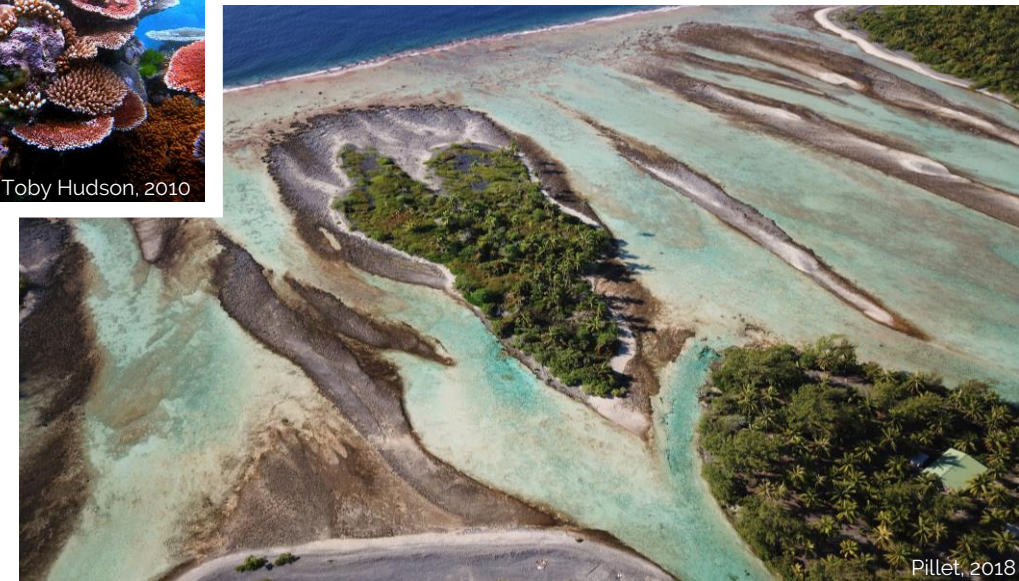
- Caractéristiques physiques:
 - Petite taille (< 1km²) et faible altitude (<4-5m)
 - Matériel peu consolidé
 - Forte dépendance aux apports sédimentaires du récif
 - Ressources naturelles limitées



Pillet, 2018



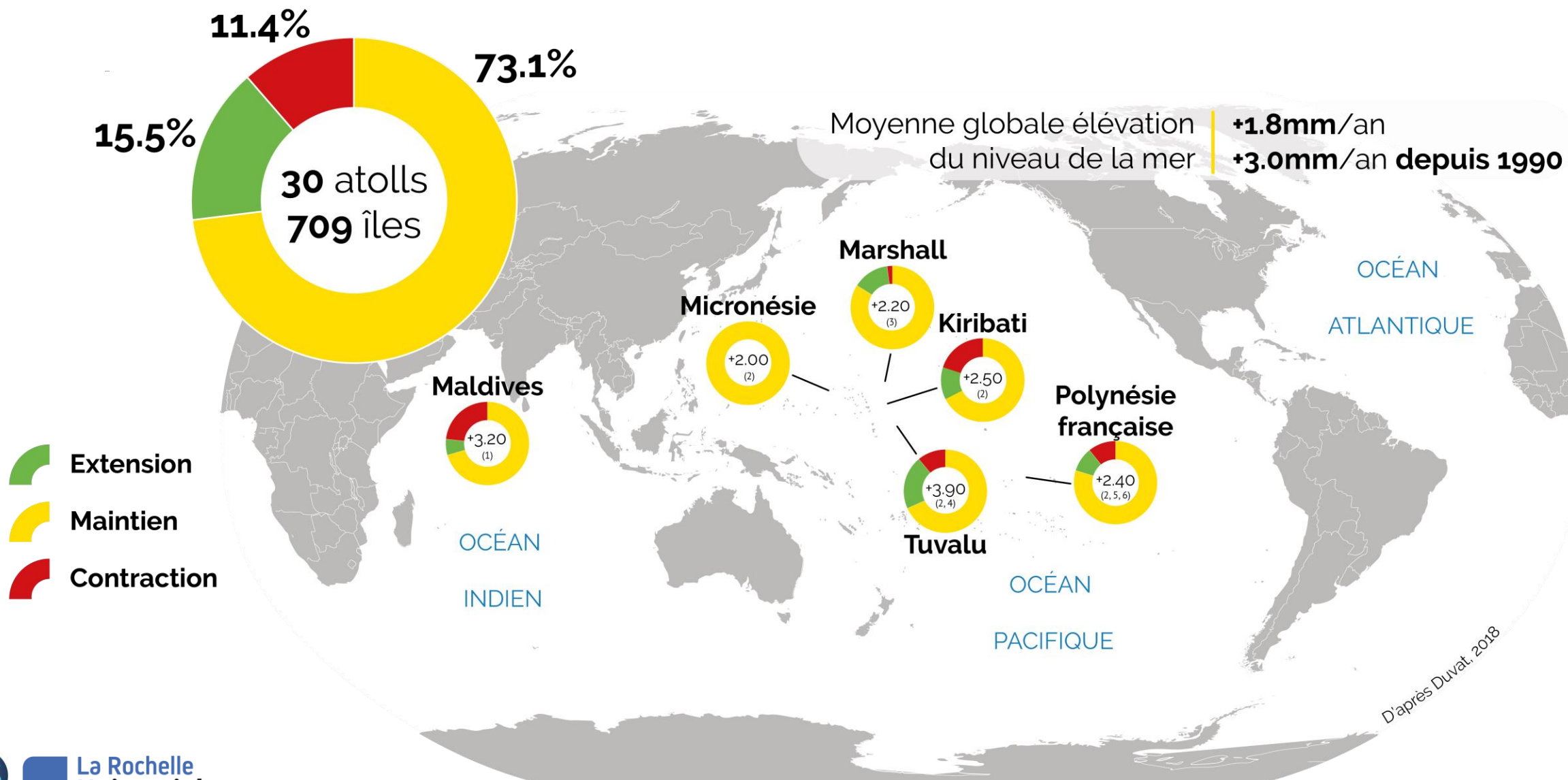
Toby Hudson, 2010



Pillet, 2018

Introduction

Comment ont évolué les îles coralliennes d'atolls au cours des dernières décennies ?



Valeurs d'élévation du niveau de la mer en mm/ an : (1) Aslam et Kench, 2017; (2) Becker et al., 2012; (3) Ford et Kench, 2015; (4) Kench et al., 2018; (5) Yates et al., 2011; (6) Le Cozannet et al., 2013



Introduction

Quels facteurs d'évolution ?

Facteurs météo-marins

- **Houles** saisonnières, cycloniques, distantes
- **Facteurs majeurs** des évolutions récentes, mais contribution varie en fonction de l'**exposition des atolls** aux différents types de houles (Andréfouët et al., 2012, Duvat, 2018)

Facteurs écologiques

Récif corallien

- Principale **source sédimentaire**
- **Protection** naturelle

Végétation côtière

- **Zone tampon** naturelle
- **Piégeage** sédimentaire

Influence anthropique

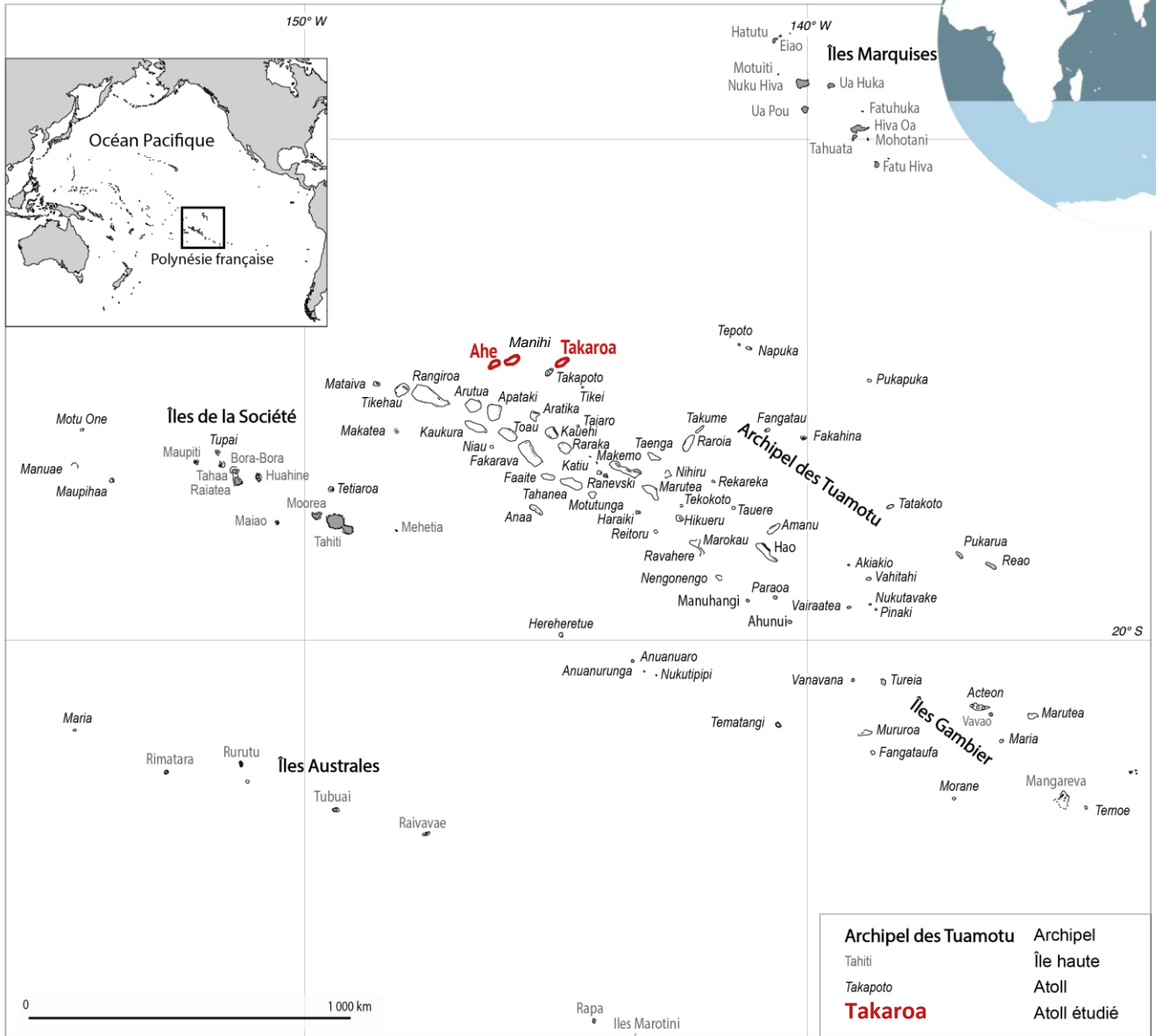
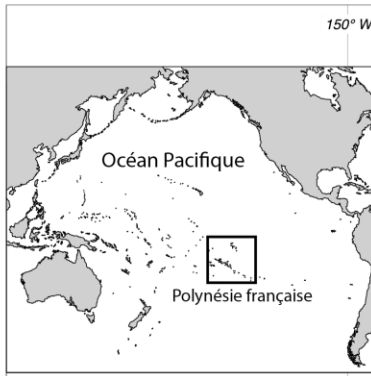
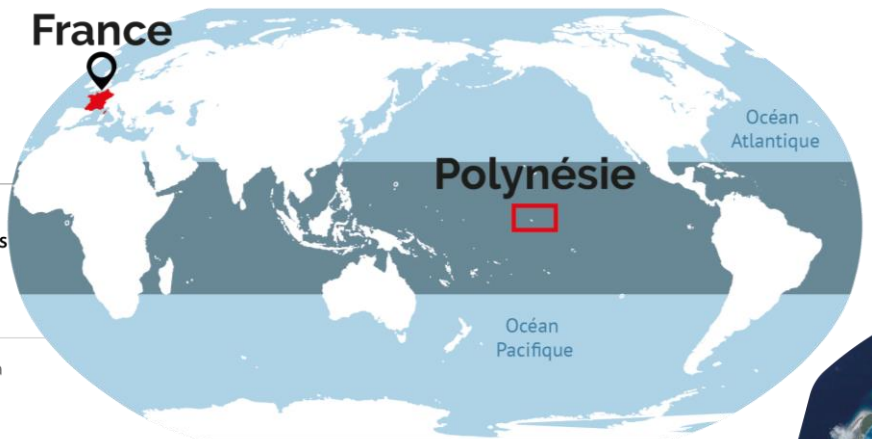
- **Forte influence à l'échelle locale**
- Plus marquée **sur les îles aménagées**, mais également actif sur les îles **inhabitées**, mais **exploitées**
- Dégradation de l'écosystème récifal, déstabilisation des côtes, extraction sédimentaire...

Trajectoires d'évolution des îles coralliennes d'atolls sous influence anthropique

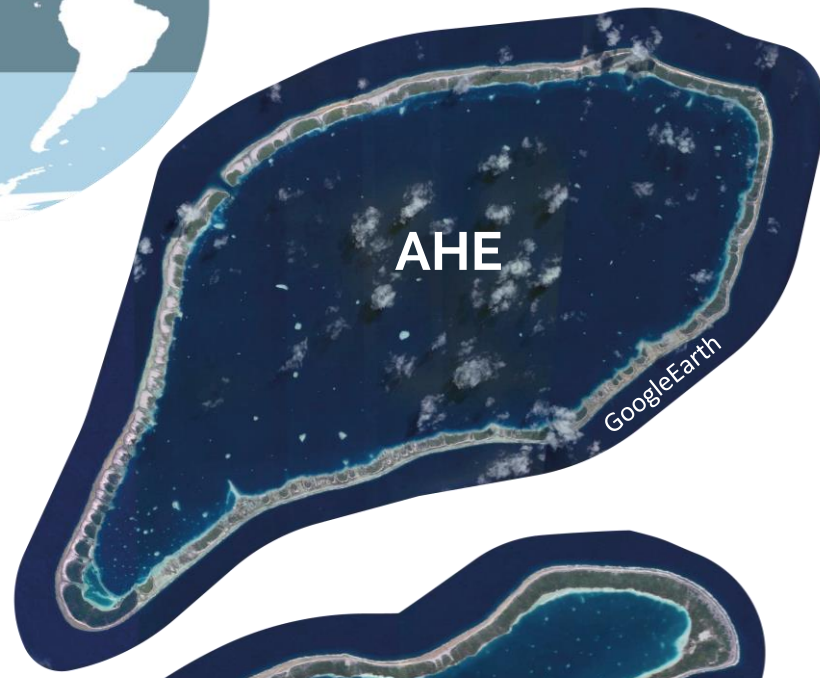
- 1 – Quelles ont été les trajectoires d'évolution des îles à l'échelle pluridécennale ?
- 2 – Comment le remblaiement influence-t-il les trajectoires d'évolution des îles qui concentrent la majorité de la population ?



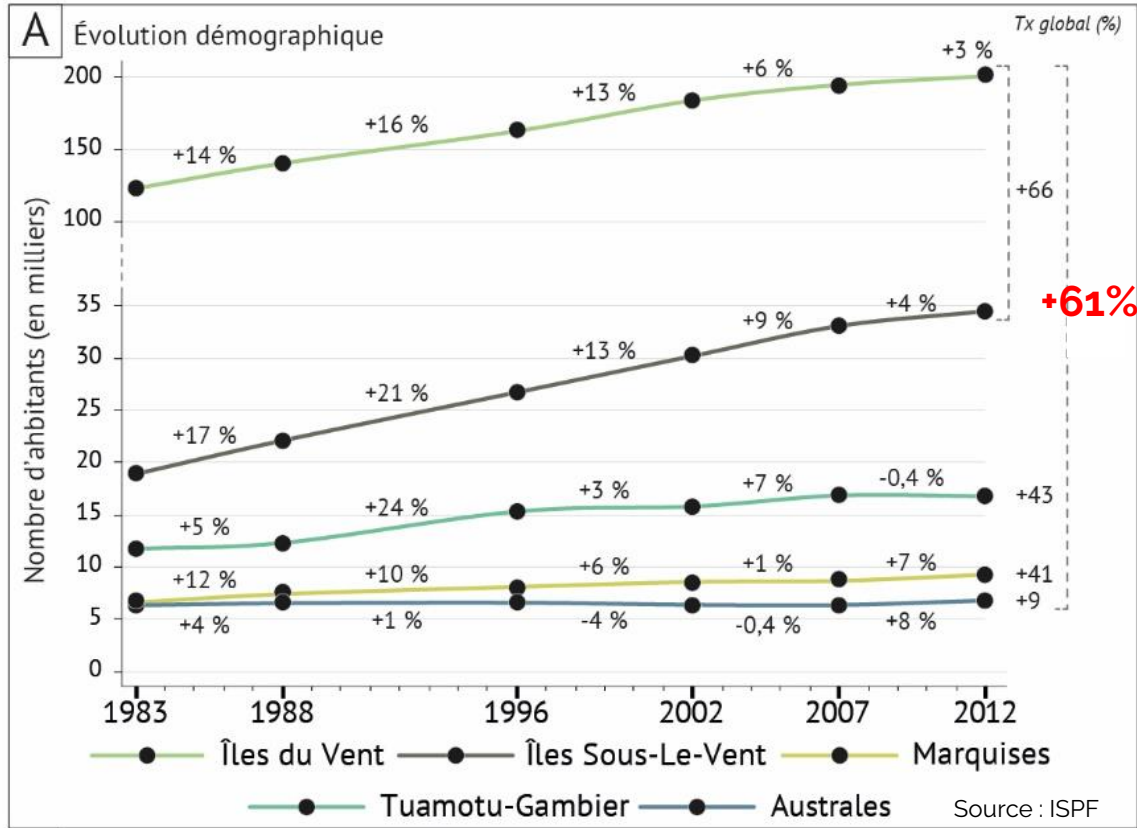
Zone d'étude



Archipel des Tuamotu	Archipel
Tahiti	Île haute
Takapoto	Atoll
Takarua	Atoll étudié



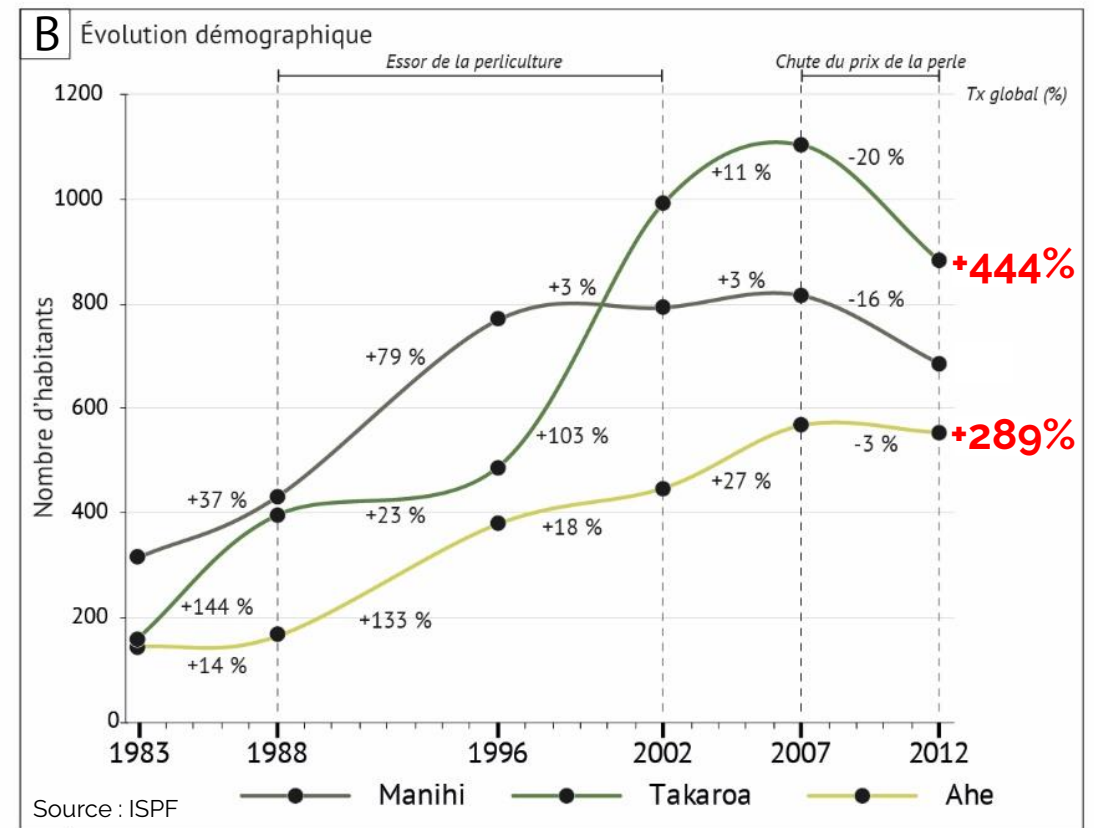
Une croissance démographique significative en Polynésie depuis les années 80



Croissance démographique (entre 1983 et 2012)

Globale +61%
 Tuamotu +43%

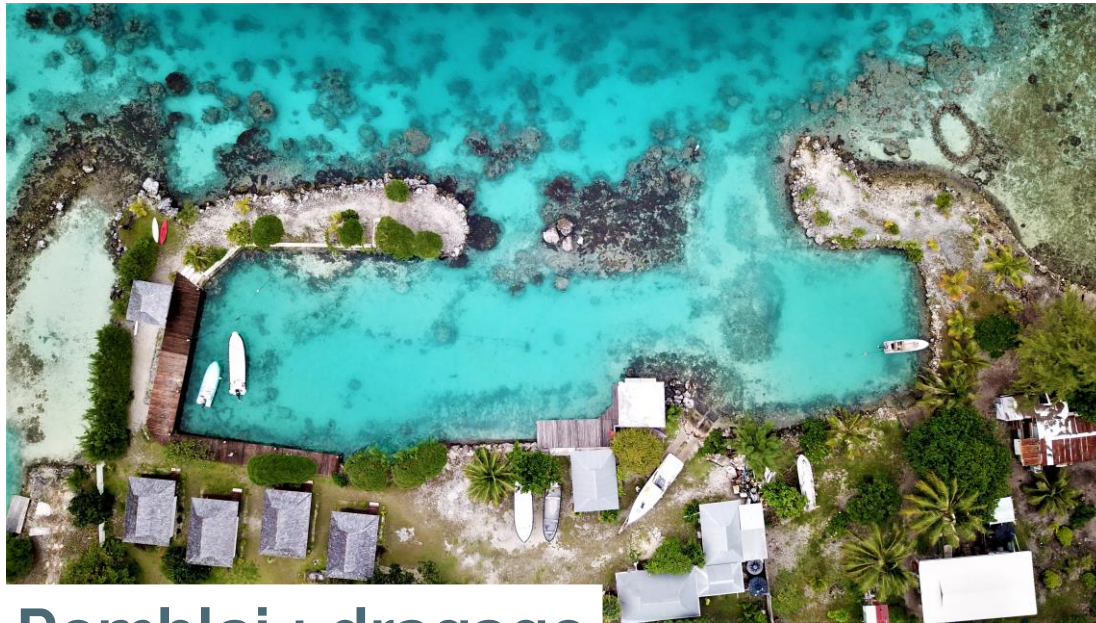
Supérieure à la tendance globale dans les atolls perliers



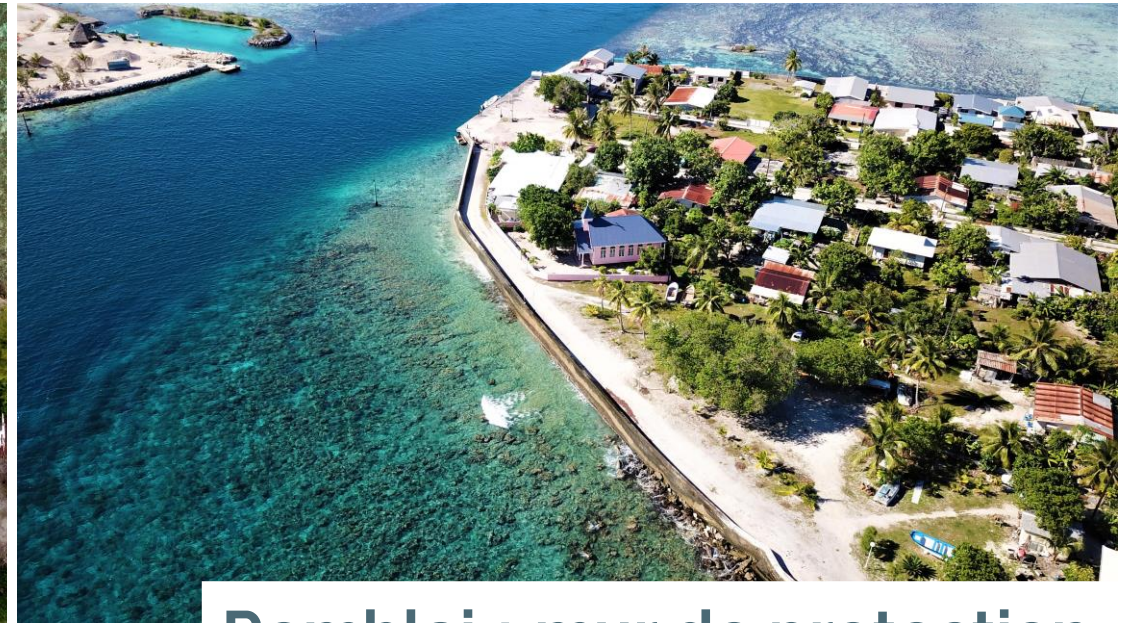
Densité de population en 2012

Moyenne 76 hab./km²
 Société 113 hab./km²
 Tuamotu 23 hab./km²

Croissance démographique + essor de la perliculture = Recours au remblaiement du platier récifal pour pallier l'exiguïté spatiale



Remblai + dragage



Remblai + mur de protection

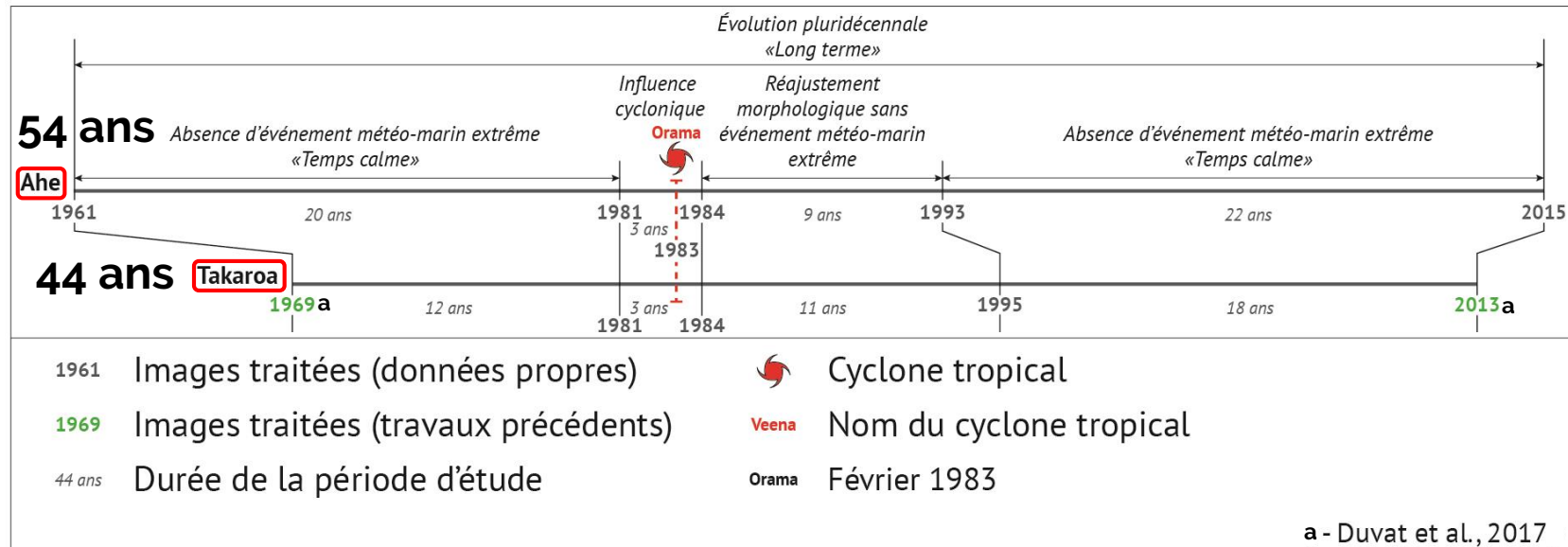


Détection des évolutions par photo-interprétation assistée par ordinateur (PIAO)



Résolution des **images anciennes** (taille du pixel) : de **0.10m** à **1.20m**

Résolution des **images Pléiades** (après affinage panchro.) : **0.50m**



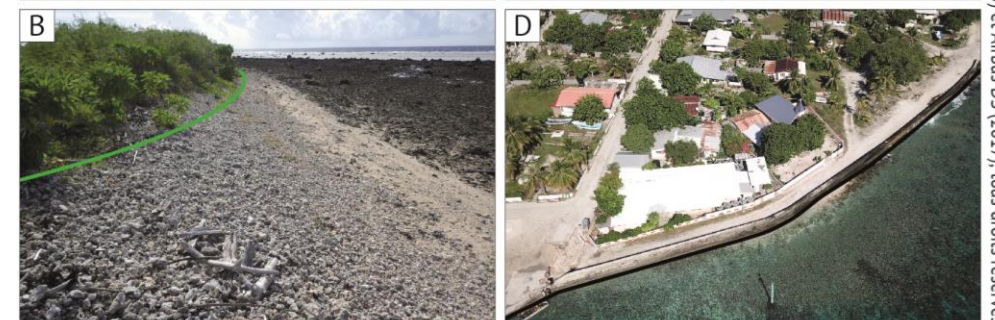
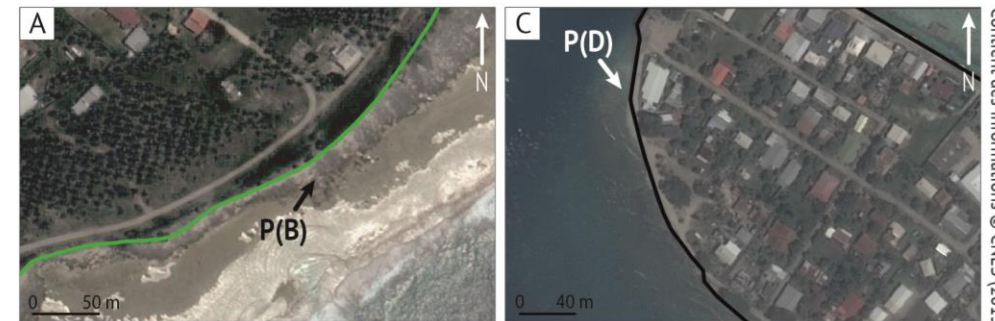
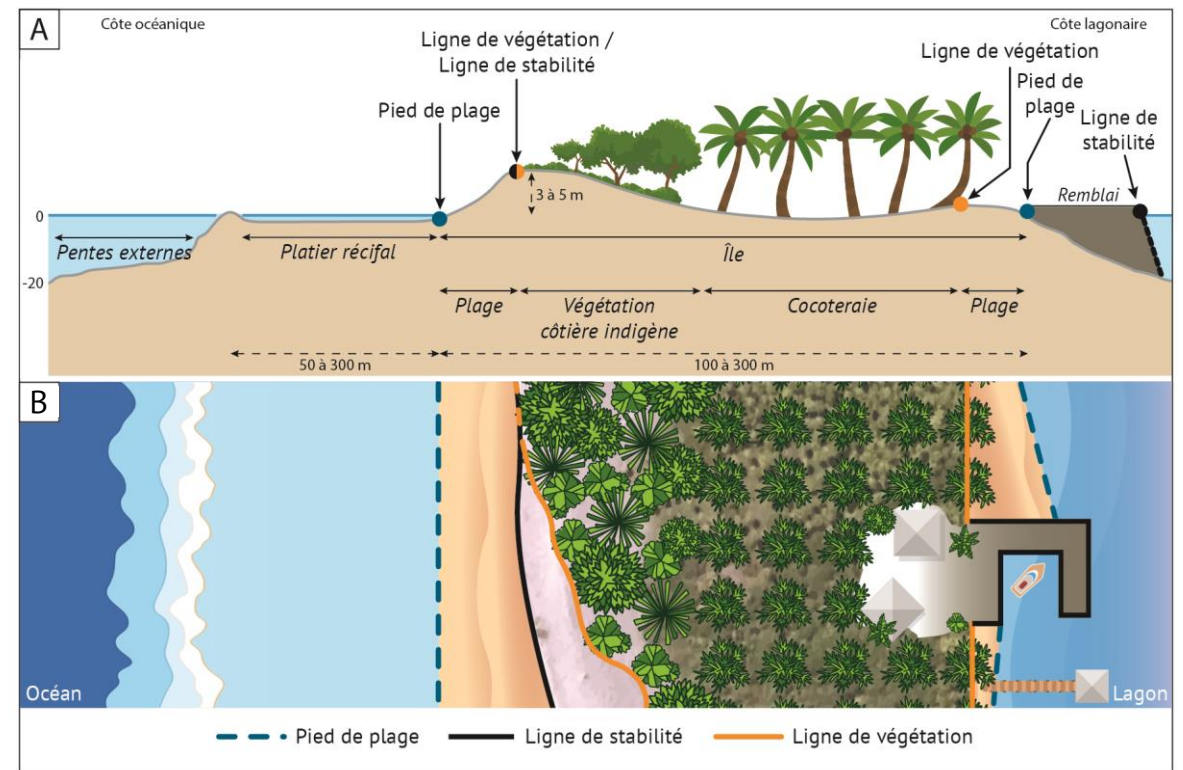
Interprétation et numérisation des indicateurs de la position du trait de côte

Ligne de stabilité (Duvat et Pillet, 2017) >

- **Côtes naturelles** : limite externe de la végétation
- **Côtes artificialisées** : limite externe des ouvrages et des aménagements

Permet d'inclure le facteur anthropique

- **Caractérisation de la nature des côtes** >



Contient des informations © CNES (2015) et Airbus DS (2017), tous droits réservés

Détection des évolutions

- **Surface stabilisée** des îles
 - Taux d'évolution de surface (global et décennal)
- **Position** du trait de côte >
 - NSM – Net Shoreline Movement

Incertitude

Surface

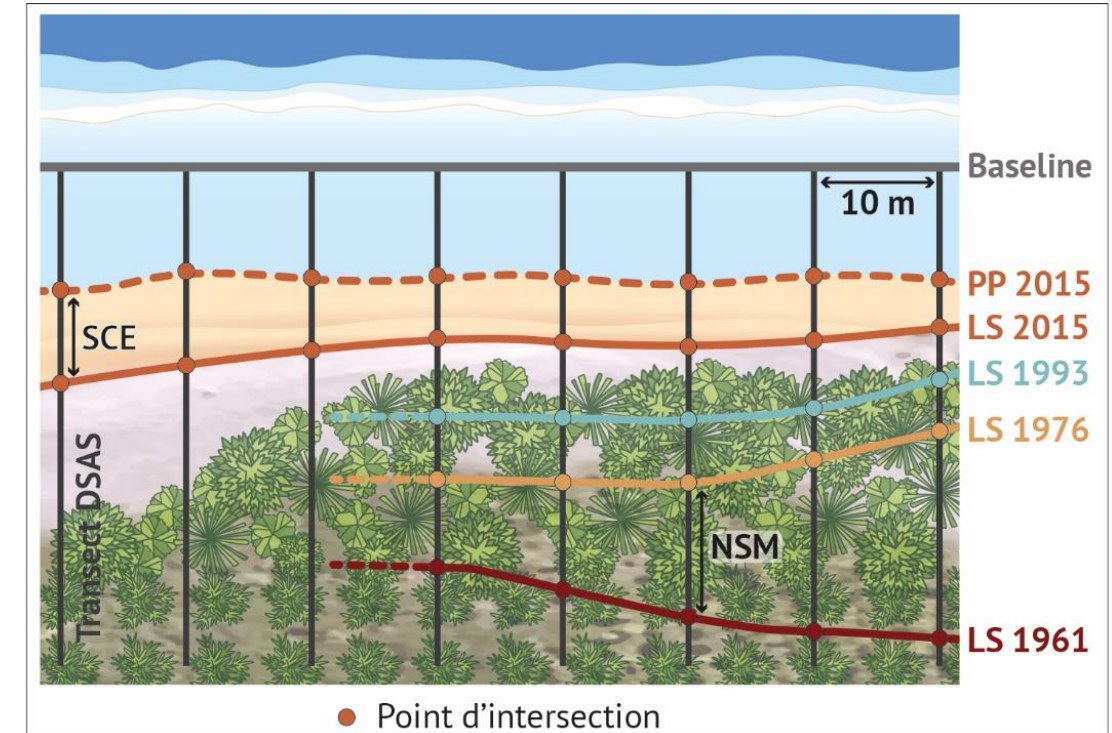
Seuil de significativité = +/- **3 %**

(McLean et Kench, 2015 ; Duvat et al, 2017a ; Duvat et Pillet, 2017)

Trait de côte

Erreur globale = +/- **4 m**

DSAS – Digital Shoreline Analysis System

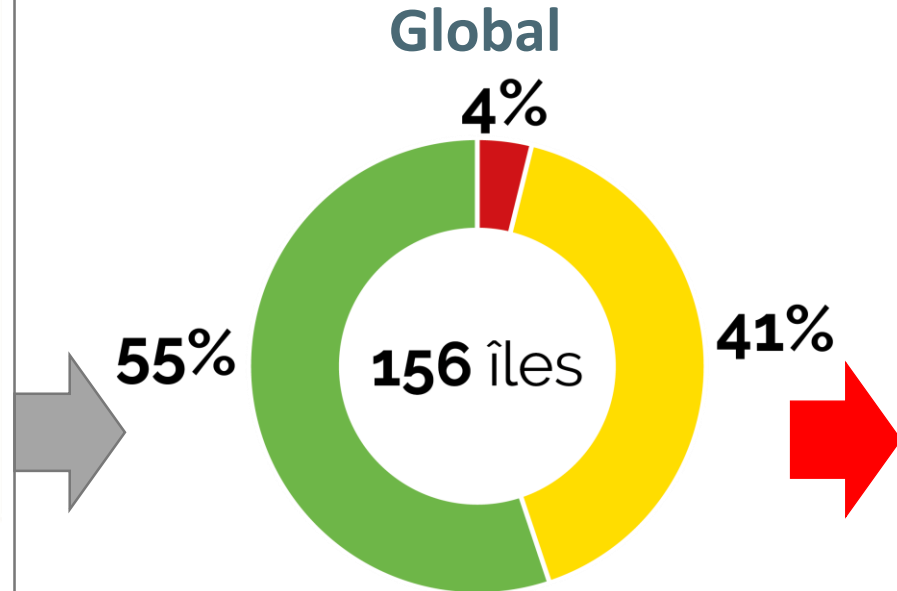
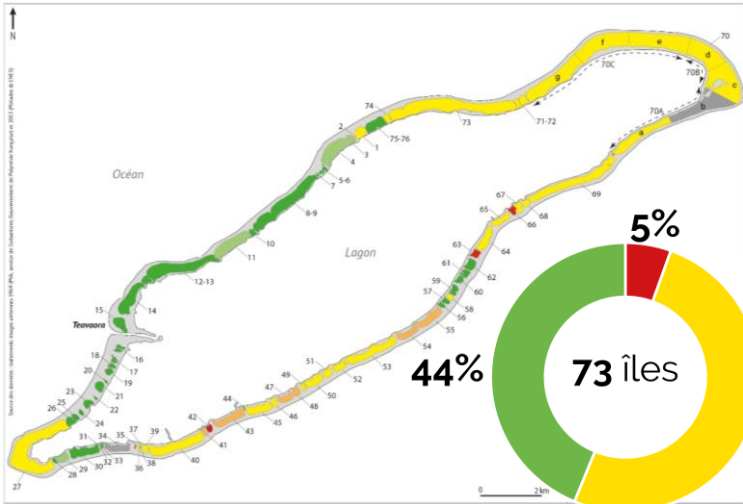
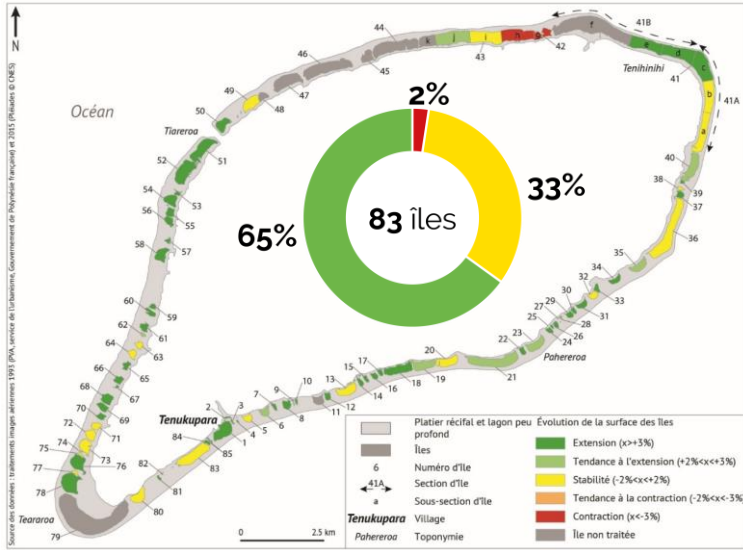


$$\text{Marge d'erreur} : E_g = \sqrt{E_r^2 + E_p^2 + E_n^2}$$

(Ford, 2011 ; Ford, 2012 ; Yates et al., 2013 ; Kench et al., 2018 ; Pillet et al., 2019)

1 – Quelles ont été les trajectoires d'évolution des îles à l'échelle pluridécennale ?

Évolution de la surface stabilisée des îles



Sur **156 îles** et sections d'îles
86 en **extension** (55%)
64 se sont **maintenues** (41%)
6 se sont **contractées** (4%)

Résultats de long terme

- Permettent d'appréhender le comportement de la surface des îles à l'échelle pluridécennale

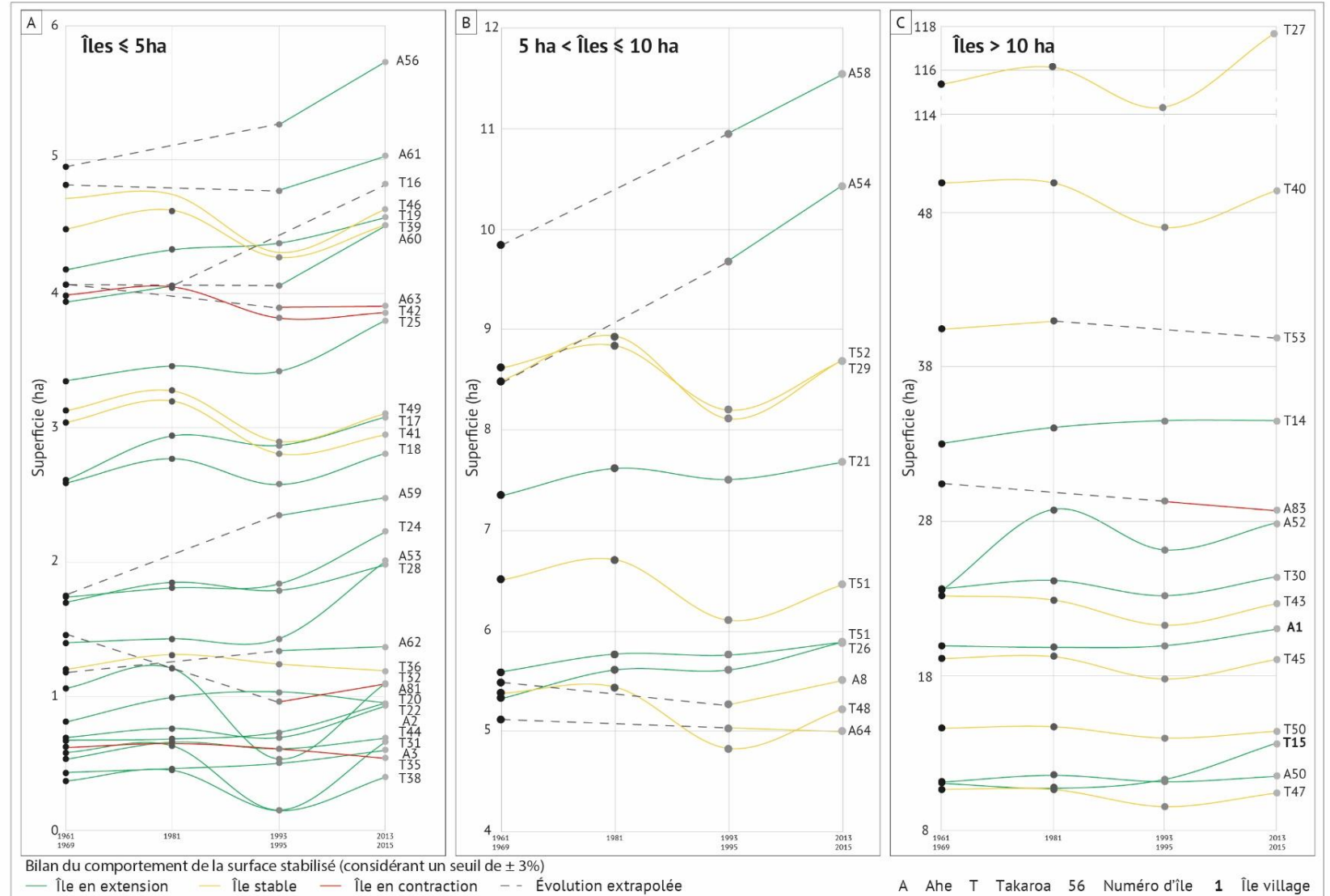
Mais **lissent** leurs **trajectoires d'évolutions** !

- Elles résultent de **phases successives d'extension** et de **contraction**

Trajectoires d'évolution des îles coralliennes à l'échelle pluridécennale

Surface stabilisée des îles aux différentes dates d'étude selon leur taille initiale

L'amplitude des phases d'extension et de contraction de la surface stabilisée des îles est essentiellement influencée par la taille initiale des îles



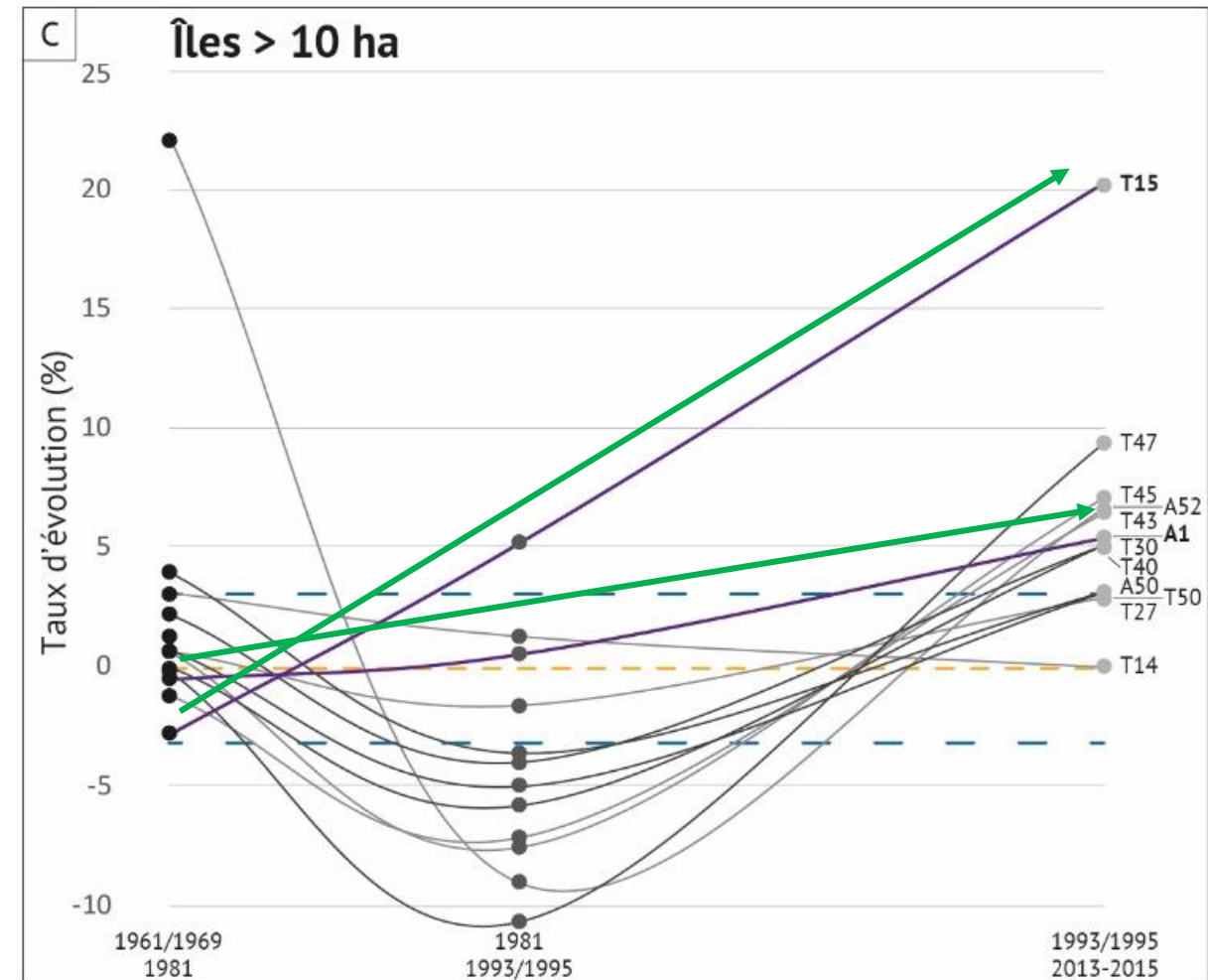
2 – Comment le remblaiement influence-t-il les trajectoires d'évolution des îles qui concentrent la population ?

Les îles villages : des trajectoires d'évolution atypiques ?

- Trajectoires **d'évolution rectilignes**
- **Taux** d'évolution **non conformes** à la classe d'îles à laquelle elles appartiennent

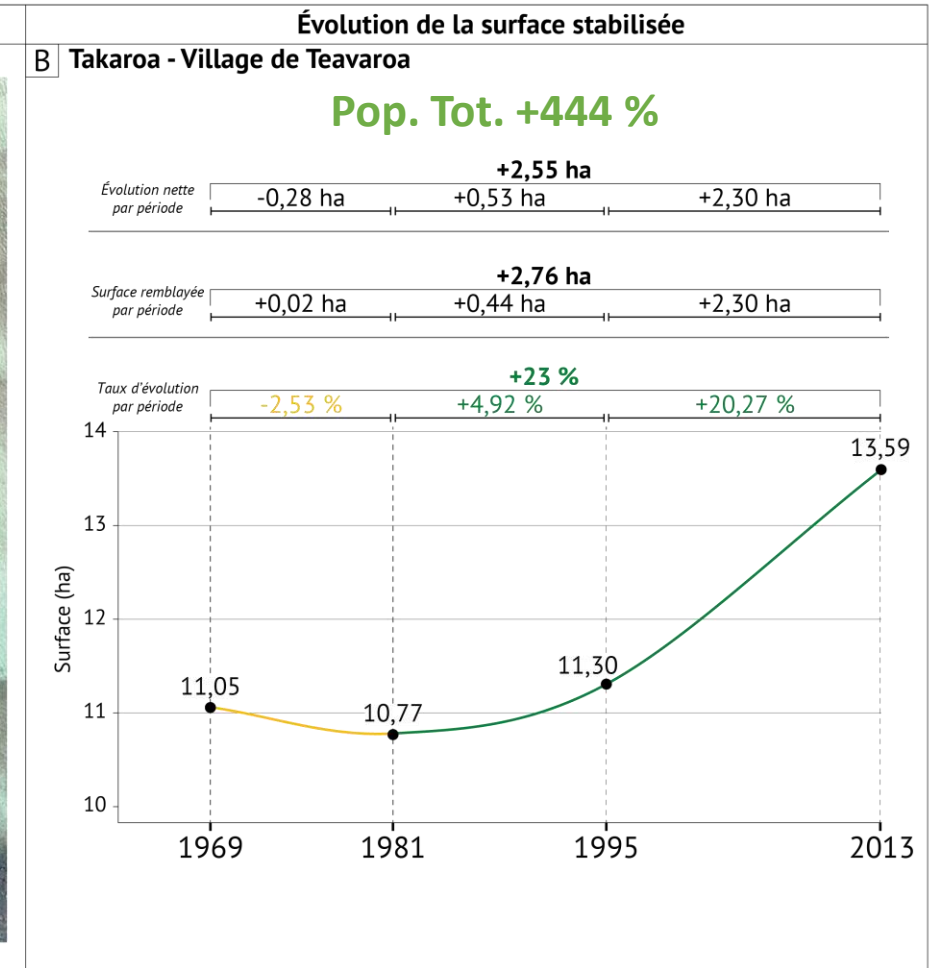
Comment expliquer ces trajectoires originales ?

Contribution anthropique significative à l'échelle pluridécennale

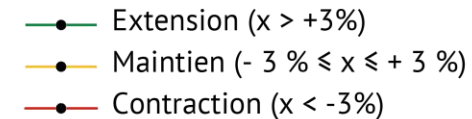


A Ahe T Takaroa 56 Numéro d'île 1 Île village
 - - - Intervalle de stabilité ± 3% — Île village

Contribution du remblaiement à l'évolution de la surface des îles villages

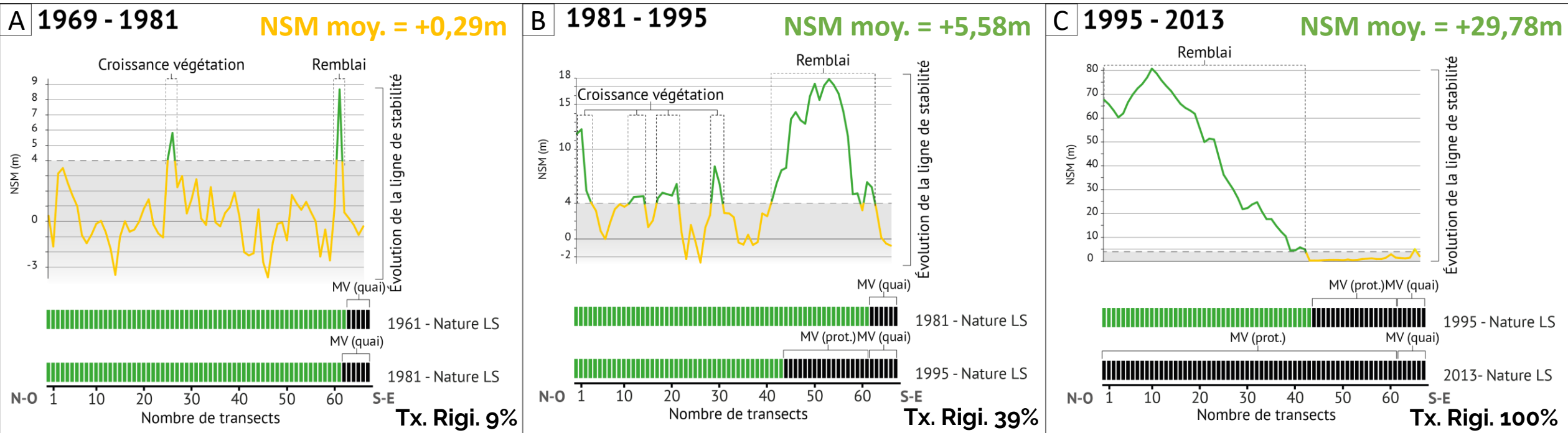


Évolution de la surface stabilisée



Contribution du remblaiement à la progradation et à l'artificialisation du trait de côte

Takaroa – Village de Teavaroa – Face océanique



Évolution de la position de la ligne de stabilité

- Progradation
- Stabilité
- Érosion

Marge d'erreur (+/- 4 m)

Nature de la ligne de stabilité

- Fixée
- Naturelle

Nature de l'ouvrage / aménagement / intervention anthropique

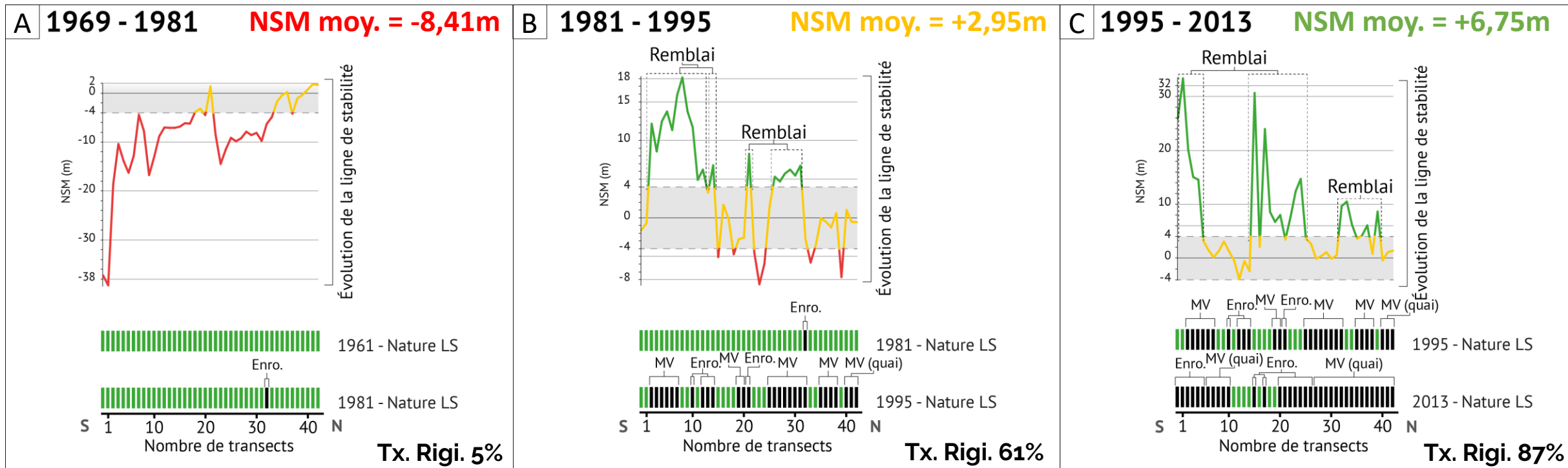
- MV Mur vertical
- Enro. Enrochement
- Remblai Remblaiement des eaux peu profondes

Rôle de l'ouvrage / aménagement côtier

- Prot. Protection
- Quai Aménagement portuaire

Contribution du remblaiement à la progradation et à l'artificialisation du trait de côte

Takaroa – Village de Teavaroa – Face lagonaire



Évolution de la position de la ligne de stabilité

- Progradation
- Stabilité
- Érosion

Marge d'erreur (+/- 4 m)

Nature de la ligne de stabilité

- Fixée
- Naturelle

Nature de l'ouvrage / aménagement / intervention anthropique

- MV Mur vertical
- Enro. Enrochement
- Remblai Remblaiement des eaux peu profondes

Rôle de l'ouvrage / aménagement côtier

- Prot. Protection
- Quai Aménagement portuaire

Une capacité d'attribution des évolutions limitée sur les côtes naturelles

- Les **activités anthropiques** prennent de multiples formes et ne se limitent pas au remblaiement
- Duvat et al. (2019) établissent la liste suivante
 - **zone côtière** :
 - Extraction sédimentaire
 - Routes et pistes
 - Structures longitudinales (murs, enrochements)
 - Structures transversales (épis)
 - Infrastructures (ports, jetées)
 - Défrichage
 - **zone intertidale** :
 - Dragage
 - Remblais

Contribution du remblaiement aux évolutions de surfaces et à la progradation et à la rigidification du trait de côte attribuable avec une confiance forte

Influence certaine des activités anthropiques sur les portions de côtes dites « naturelles », mais **capacité d'attribution limitée** :

- **Évolutions** morphologiques côtières sont **multifactorielles** et **complexes**
- **Difficile d'individualiser** la contribution de **chaque facteur** (météo-marins, écologique, anthropique)
- Enjeux des travaux à venir : **aller de la détection vers l'attribution**



Influence significative du remblaiement sur les îles villages à l'échelle pluridécennale, où l'on détecte une **croissance constante et linéaire** de surface

Les **remblais** situés dans la **zone intertidale** :

- **Réponse** principale apportée au **manque d'espace** et à la **croissance démographique**
- **Extension de la surface** stabilisée et progradation du trait de côte artificielle
- **Rigidification** du trait de côte, qui annihile sa dynamique

Capacité d'adaptation des îles conditionnée par :

- Rôle de l'écosystème récifal (source sédimentaire/protection)
- Échanges sédimentaires non perturbés
- Espace de sédimentation suffisant à la côte

Or, les remblais et l'artificialisation du trait de côte **réduisent la capacité d'adaptation des îles** :

- Écosystème récifal perturbé (dragage)
- Réduction des **échanges sédimentaires transversaux**
- Les franges insulaires sont figées et incapables de s'ajuster
- Pour se maintenir, ces îles deviennent **dépendantes des interventions anthropiques** : cercle vicieux

- Andréfouët, S., Arduin, F., Queffeuilou, P., Le Gendre, R., 2012. Island shadow effects and the wave climate of the Western Tuamotu Archipelago (French Polynesia) inferred from altimetry and numerical model data. *Mar. Pollut. Bull.* 65, 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.042>
- Aslam, M., Kench, P.S., 2017. Reef island dynamics and mechanisms of change in Huvadhu Atoll, Republic of Maldives, Indian Ocean. *Anthropocene* 18, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.05.003>
- Becker, M., Meyssignac, B., Letetrel, C., Llovel, W., Cazenave, A., Delcroix, T., 2012. Sea level variations at tropical Pacific islands since 1950. *Glob. Planet. Change* 80–81, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.09.004>
- Duvat, V.K.E., Magnan, A.K., 2019. Rapid human-driven undermining of atoll island capacity to adjust to ocean climate-related pressures. *Sci. Rep.* 9, 15129. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51468-3>
- Duvat, V.K.E., Stahl, L., Costa, S., Maquaire, O., Magnan, A.K., 2019. Taking control of human-induced destabilisation of atoll islands: lessons learnt from the Tuamotu Archipelago, French Polynesia. *Sustain. Sci.* <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00722-8>
- Duvat, V.K.E., 2018. A global assessment of atoll island planform changes over the past decades. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* e557. <https://doi.org/10.1002/wcc.557>
- Duvat, V.K.E., Pillet, V., 2017. Shoreline changes in reef islands of the Central Pacific: Takapoto Atoll, Northern Tuamotu, French Polynesia. *Geomorphology* 282, 96–118. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.01.002>
- Duvat, V.K.E., Salvat, B., Salmon, C., 2017. Drivers of shoreline change in atoll reef islands of the Tuamotu Archipelago, French Polynesia. *Glob. Planet. Change* 158, 134–154. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.09.016>
- Ford, M.R., Kench, P.S., 2015. Multi-decadal shoreline changes in response to sea level rise in the Marshall Islands. *Anthropocene* 11, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2015.11.002>
- Kench, P.S., Ford, M.R., Owen, S.D., 2018. Patterns of island change and persistence offer alternate adaptation pathways for atoll nations. *Nat. Commun.* <https://doi.org/10.1038/s41467-018-02954-1>
- Le Cozannet, G., Garcin, M., Petitjean, L., Cazenave, A., Becker, M., Meyssignac, B., Walker, P., Devilliers, C., Le Brun, O., Lecacheux, S., Baills, A., Bulteau, T., Yates, M., Wöppelmann, G., 2013. Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: an example in French Polynesia. *J. Coast. Res.* 165, 2137–2142. <https://doi.org/10.2112/SI65-361.1>
- McLean, R., 2011. Beach Rock, in: Hopley, D. (Ed.), . Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 107–111. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2639-2_44
- McLean, R., Kench, P., 2015. Destruction or persistence of coral atoll islands in the face of 20th and 21st century sea-level rise? *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 6, 445–463. <https://doi.org/10.1002/wcc.350>
- Pillet, V., Duvat, V.K.E., Krien, Y., Cécé, R., Arnaud, G., Pignon-Mussaud, C., 2019. Assessing the impacts of shoreline hardening on beach response to hurricanes: Saint-Barthélemy, Lesser Antilles. *Ocean Coast. Manag.* 174, 71–91. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.03.021>
- Woodroffe, C.D., 2008. Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise. *Glob. Planet. Change* 62, 77–96. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.11.001>
- Yates, M.L., Le Cozannet, G., Garcin, M., Salai, E., Walker, P., 2013. Multidecadal Atoll Shoreline Change on Manihi and Manuae, French Polynesia. *J. Coast. Res.* 289, 870–882. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00129.1>



Photo: V. PILLET – Passe de Paeua / Atoll de Manihi / Archipel des Tuamotu / Polynésie française

Valentin Pillet
UMR 7266 – LIENSs | La Rochelle Université
valentin.pillet@univ-lr.fr

Journée des Jeunes Géomorphologues
Session 1 – Dynamiques littorales sous l'effet du changement climatique et des aménagements
Paris | Aubervilliers | 6 février 2020

