

MON MANUEL D'ÉCOLOGIE CORALLIENNE

BORA BORA

Sous la direction éditoriale de :

David Lecchini
Cecile Berthe



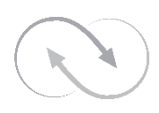

Avec la collaboration de :

Tehani Maueau
David Whiteside
Vincent Sturny
Gaston Tong Sang

Ce document est destiné aux professeur.es de collège et de lycée. Il contient les réponses aux questions de la partie 3 de chaque article du Manuel d'écologie corallienne.



TABLE DES MATIERES

	I. GEOLOGIE & ENVIRONNEMENT DES ILES CORALLIENNES	5
	1. Formation géologique des îles polynésiennes	5
	2. Origine des motu	5
	3. Calcification et bioérosion récifales	5
	4. Cartographie du lagon de Bora Bora	6
	5. Climat et courantologie à Bora Bora	6
	6. Tempêtes et cyclones dans les récifs coralliens	6
	II. BIOLOGIE & ECOLOGIE DES ORGANISMES MARINS	7
	1. Un récif corallien, c'est quoi ?	7
	2. Histoire de la recherche sur les récifs coralliens	7
	3. Biologie et écologie du corail	8
	4. Ponte massive du corail	8
	5. Biologie et écologie du corail de feu	8
	6. Cycle de vie des poissons coralliens	9
	7. Reproduction des poissons coralliens	9
	8. Phase larvaire des poissons : adaptation à la vie océanique	9
	9. Métamorphose des poissons coralliens	9
	10. Pigmentation des poissons coralliens	10
	11. Nurserie de poissons le long du littoral	10
	12. Phylogénie des poissons coralliens	10
	13. Diversité des macroalgues dans les récifs coralliens	10
	14. Fonctions écologiques des macroalgues	11
	15. Crustacés du lagon de Bora Bora	11
	16. Mollusques dans les récifs coralliens	11
	17. Poissons profonds de Bora Bora	12
	III. INTERACTIONS ENTRE ORGANISMES MARINS	13
	1. Relations interspécifiques	13
	2. Symbioses dans les récifs coralliens	13
	3. Interactions entre les algues, les vana et les troca	13
	4. Espèces nuisibles au corail	14
	5. Prolifération des taramea	14
	6. Diversité acoustique des récifs coralliens	14
	7. À l'écoute des récifs mésophotiques	14
	IV. LE RECIF & L'HUMAIN	15

1.	Pêche ancestrale à Bora Bora	15
2.	Pêche lagonaire à Bora Bora	15
3.	Spatialisation de la pêche	16
4.	Communs, Rāhui et Lagon	16
5.	Services écosystémiques des récifs coralliens	16
6.	Paielements pour services écosystémiques.....	16
7.	Tourisme et récifs coralliens	17
8.	Requins et écotourisme marin.....	17
9.	Post-larval Capture and Culture.....	17
10.	Aquaculture de rori.....	18
11.	Pavillon bleu à Bora Bora	18
12.	Qualité de l'eau dans une île tropicale.....	18
13.	Histoire de la plongée sous-marine	18
14.	Tāura dans la culture polynésienne	18
15.	Art et Science.....	19

 V. LES RECIFS CORALLIENS FACE AUX PERTURBATIONS..... 20

1.	Coraux, changement climatique et perturbateurs locaux.....	20
2.	Fragilité d'un récif corallien	20
3.	Erosion du littoral	20
4.	Végétation du littoral.....	21
5.	Ciguatera en Polynésie française	21
6.	Mercure et toxines dans les récifs coralliens	21
7.	Pollution sonore sous-marine.....	21
8.	COVID et environnement corallien	22

 VI. SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX DES RECIFS CORALLIENS 23

1.	Suivi de la biodiversité marine	23
2.	Aires Marines Educatives	23
3.	Restauration corallienne.....	23
4.	Succession écologique des poissons suite à une restauration corallienne	23
5.	Innovation technologique en acoustique	24

 VII. ESPECES EMBLEMATIQUES DE BORA BORA..... 26

1.	Huître perlière et perliculture.....	26
----	--------------------------------------	----

2.	Tortues marines : biologie et conservation.....	26
3.	Raies aigles dans les récifs coralliens	26
4.	Raies Manta dans les récifs coralliens.....	26
5.	Ō'ota, la moule géante de Bora Bora	27
6.	Némo, le poisson clown célèbre	27
7.	Roseaux : un habitat spécifique du littoral	28



I. GEOLOGIE & ENVIRONNEMENT DES ILES CORALLIENNES

1. Formation géologique des îles polynésiennes

QUESTION :

Donne des exemples d'îles de la Société dans chacun des quatre types de récif corallien ?

REPONSE :

- Les jeunes îles volcaniques de l'archipel de la Société sont Mehetia et Tahiti-Iti.
- Les îles plus anciennes sont Tahiti-Nui, Moorea, Huahine, Raiatea, Tahaa, entourées d'un récif-barrière.
- Le troisième morphotype récifal correspond au stade « presqu'atoll », comme Maiao, Bora Bora et Maupiti.
- Le dernier type de récif corallien est l'atoll, comme Motu One (Bellingshausen), Manuae, Maupihaa, Scilly et Mopelia.

QUESTION :

Comment les scientifiques datent-ils les roches volcaniques des îles en utilisant la méthode de datation potassium-argon (K/Ar) ?

REPONSE :

L'âge d'une éruption volcanique peut être déterminée par datation de la lave (roche) ainsi produite après sa solidification, en utilisant la méthode dite radiochronométrique fondée sur la mesure des rapports du potassium (K) et de l'argon (Ar) dans la roche. Le potassium est présent dans certains minéraux volcaniques, en particulier, les feldspaths. Il existe trois formes isotopiques de potassium. Seul le potassium 40 (40K) est radioactif et se désintègre en engendrant de l'argon 40 (40Ar). Dès la solidification de la lave, le potassium 40 se désintègre et sa quantité décroît régulièrement avec le temps, alors que celle de l'argon 40 augmente. Ainsi, la roche sera d'autant plus vieille que le rapport 40K/40Ar sera plus faible. Connaissant la période de désintégration (ou demi-vie) du potassium 40 (1,248 milliards d'années), on peut ainsi calculer l'âge de la roche.

2. Origine des motu

QUESTION :

Recherche sur internet comment fonctionne la datation Uranium/Thorium

REPONSE :

La méthode de datation par l'Uranium/Thorium (ou méthode des déséquilibres des familles de l'uranium et du thorium) est une méthode de datation radiométrique qui permet notamment de mesurer l'âge de certaines formations carbonatées d'origine animale (datation sur du corail) ou sédimentaire (spéléothèmes, couches de calcite qui peuvent se déposer sur une peinture ou une gravure préhistorique après sa réalisation).

3. Calcification et bioérosion récifales

QUESTION :

Les proliférations d'étoiles de mer *Taramea - Acanthaster planci*, comme à Bora Bora entre 2007 et 2010, et les cyclones, comme Oli en 2010, ont induit des effets différents sur la communauté de poissons, et particulièrement sur les herbivores (Fig 4). En effet, les herbivores sont généralement : + impactés positivement par la baisse du corail vivant due aux proliférations des taramea ; - impactés négativement par les cyclones. Comment expliques-tu cette seconde affirmation ?

REPONSE :

Les taramea mangent les polypes et les zooxanthelles des colonies coralliennes. Mais, les taramea n'abîment pas la structure du corail (son squelette). Après le passage d'une taramea, le corail est mort et il

se recouvre d'algues. Par conséquent pour les poissons herbivores, ils ont ainsi plus de nourriture (algues) et ils gardent leur habitat pour se protéger des prédateurs (structure calcaire du corail). En revanche, après le passage d'un cyclone, la structure calcaire d'un corail est emportée et cassée par la force des vagues, que le corail soit vivant ou mort. Les poissons herbivores se retrouvent alors sans habitat et sont alors la proie facile des prédateurs, mais aussi des pêcheurs.

4. Cartographie du lagon de Bora Bora

QUESTION :

Voici quelques chiffres clés de la passe Teavanui :

- Sa longueur : 800 m
- Sa largeur, de récif à récif : 620 m
- La largeur du chenal (profondeur > 20 m) : 47,5 m
- La largeur du chenal (profondeur > 15 m) : 65 m
- La largeur du chenal (profondeur > 10 m) : 165 m
- Le tirant d'eau maximum pour entrer dans la passe : 23 m

Calcule le volume d'eau dans la passe.

REPONSE :

Longueur (800 m) x Largeur de récif à récif (620 m) x Tirant d'eau maximum pour entrer dans la passe (23 m) = Volume d'eau dans la passe : 11 408 000 m³

5. Climat et courantologie à Bora Bora

QUESTION :

En t'aidant des tableaux 2 et 3 :

- estimes-tu qu'il pleut plus aujourd'hui qu'avant ?
- est-ce qu'il pleut plus régulièrement sur une année aujourd'hui qu'avant ?

REPONSE :

Le taux de précipitation (mm par mois) est de 183 mm en moyenne entre 1988 et 1997. Il est de 148 mm en 2002 et 205 en 2003. Entre 2020 et 2022, ce taux varie entre 128 et 168. On peut donc en déduire qu'il pleut moins dans les années 2020 par rapport aux années 1980 – 2000. Cependant, la saison des pluies reste marquée au cours des années. Il pleut essentiellement de novembre à mars. Juillet et septembre sont les deux mois pendant lesquels il pleut le moins.

6. Tempêtes et cyclones dans les récifs coralliens

QUESTION :

Rechercher sur internet comment fonctionne la méthode de datation par l'uranium-thorium.

REPONSE :

La méthode de datation par l'uranium-thorium ou méthode des déséquilibres des familles de l'uranium et du thorium, est une méthode de datation radiométrique qui permet notamment de mesurer l'âge de certaines formations carbonatées d'origine animale (datation sur du corail) ou sédimentaire (spéléothèmes, couches de calcite qui peuvent se déposer sur une peinture ou une gravure préhistorique après sa réalisation).



II. BIOLOGIE & ECOLOGIE DES ORGANISMES MARINS

1. Un récif corallien, c'est quoi ?

QUESTION :

Voici trois principaux biotopes / unités géomorphologiques où se développe le corail : récif frangeant, récif barrière et pente externe. Quelles sont les caractéristiques de ces trois biotopes ?

REPONSE :

Récif frangeant :

- Colonies coralliennes de petite taille
- Recouvrement corallien faible (généralement <15%)
- Richesse spécifique en corail relativement faible (généralement < 12 genres)
- Recouvrement algal fort
- Production calcaire faible (1 Kg CaCO₃/m².an)
- Stabilité des peuplements et des paysages
- Forte variations environnementales (T°, Turbidité, Salinité).

Récif barrière :

- Colonies coralliennes de taille variable
- Recouvrement corallien moyen (aux alentours de 20 à 40%)
- Richesse spécifique en corail moyenne (aux alentours de 16 genres)
- Production calcaire faible (1 Kg CaCO₃/m².an)
- Stabilité des peuplements et des paysages
- Conditions environnementales stables

Pente externe :

- Colonies coralliennes de petite taille à croissance rapide
- Recouvrement souvent fort sur la zone de 10-15m de profondeur
- Richesse spécifique en corail maximale (30 genres)
- Production importante de calcaire (10 Kg CaCO₃/m².an)
- Faibles variations chimiques du milieu
- Fortes variations hydrodynamiques à différentes échelles temporelles
- Variations temporelles importantes des peuplements et des paysages

2. Histoire de la recherche sur les récifs coralliens

QUESTION :

Recherche sur internet quand est sorti le dernier rapport du GIEC et quelles sont les conclusions sur l'évolution du climat.

REPONSE :

La synthèse du sixième rapport d'évaluation du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat (GIEC) a été publiée lundi 20 mars 2023. Ce document a été adopté avec les représentants des 195 pays membres du GIEC. Ce dernier rapport du GIEC sur le climat insiste sur l'efficacité décroissante des puits de carbone. Un puits de carbone est un réservoir naturel ou artificiel qui absorbe et stocke le carbone de l'atmosphère grâce à des mécanismes physiques et biologiques.

3. Biologie et écologie du corail

QUESTION :

En t'appuyant sur les figures 7 et 8, retrouve les ressemblances et les différences entre le cycle de vie des coraux et celui des poissons

REPONSE :

Les principales ressemblances entre les deux cycles sont la phase pélagique pour les œufs et les larves, et la phase récifale pour les juvéniles et les adultes. Les œufs de coraux et de poissons doivent souvent aller dans l'océan pour éviter la forte prédation du lagon. Les larves doivent aussi y aller pour éviter cette prédation et aussi se nourrir dans le plancton. Une fois cette phase finie, les larves des coraux et des poissons rentrent dans le lagon. Il y a des différences notables alors pendant cette phase récifale. Les larves de coraux se fixent sur un substrat et ensuite n'y bougent plus. Les larves de poissons explorent différents habitats entre les stades juvénile (souvent près des littoraux) et adulte (souvent près du récif).

4. Ponte massive du corail

QUESTION :

Quelles sont les avantages de cette ponte massive synchronisée ?

REPONSE :

Comme les coraux sont des animaux fixés, la synchronisation de la ponte est importante car les coraux mâles et femelles ne peuvent pas entrer en contact reproductif les uns avec les autres. De plus, le caractère nocturne de cette reproduction, pour la plupart des espèces, vise à minimiser l'effet de la prédation. L'impact de la prédation nocturne restant relativement faible compte tenu des quantités importantes d'œufs relâchées lors d'une ponte synchrone. Lorsque les conditions sont optimales, les gamètes ou les œufs libérés, du fait de leur haute teneur en lipides, vont être moins denses que l'eau de mer et remontent à la surface donnant l'impression de "neige à l'envers". La prédation de ces gamètes/œufs sera moindre en surface que s'ils restaient dans la colonne d'eau. Les courants de surface permettent ainsi le transport des œufs/gamètes dans l'océan par les passes, ce qui favorise le développement larvaire des coraux et aussi le brassage génétique.

5. Biologie et écologie du corail de feu

QUESTION :

Dans le texte ci-dessus est décrite la reproduction sexuée du corail de feu. Relie ce texte avec les photos de la figure 4 (lettre de A à F) ?

REPONSE :

- A)** Ampoules présentant une petite ouverture entraînant la dissolution du squelette quelques jours avant la libération des médusoïdes.
- B)** Médusoïde femelle libérant un ovocyte. Remarquez les nombreuses zooxanthelles dans l'ovocyte et dans les tissus du médusoïde.
- C)** Libération du médusoïde mâle avec l'ouverture de l'ombrelle vers la surface. Remarquez les gros bulbes tentaculaires avec le nématocyste et le sac spermatique remplissant la cavité du médusoïde.
- D)** Larve planula avec des zooxanthelles (points orange dans l'endoderme).
- E)** Recrutement d'une larve sur le substrat avant la métamorphose.
- F)** Recrue avec le premier pore.

6. Cycle de vie des poissons coralliens

QUESTION :

Calcule le taux de survie des juvéniles (nombre d'individus) si on modifie le littoral, passant d'un habitat naturel à un remblai ?

REPONSE :

Si les juvéniles s'installent sur un habitat naturel, on aura 100 individus.

Si on remplace une plage de sable par un remblai, on aura que 47 individus.

Si on remplace une mangrove par un remblai, on aura que 60 individus.

Si on remplace une zone sablo-vaseuse par un remblai, on aura que 69 individus.

7. Reproduction des poissons coralliens

QUESTION :

En t'appuyant sur le tableau 1, la période de reproduction des espèces migrant vers la passe est-elle homogène sur toute l'année ? Ou varie-t-elle selon les mois et les saisons (chaude vs. froide) ?

REPONSE :

Les exemples de quelques espèces de poissons coralliens montrent que la passe est un lieu de reproduction des poissons. Cependant, cette période de reproduction varie selon les espèces. Il y a des espèces qui se reproduisent en hivern, et d'autres en été. Cela dépend de la biologie de chaque espèce.

8. Phase larvaire des poissons : adaptation à la vie océanique

QUESTION :

En t'aidant des photos de la figure 2, quelles sont les différentes adaptations corporelles des larves de poissons pour augmenter leur surface de flottabilité ? pour dissuader les prédateurs ?

REPONSE :

Pour augmenter leur flottabilité et maintenir leur position dans les eaux de surface (plus riches en nourriture), elles ont développé des extensions épineuses ou dermiques de manière à accroître leurs surfaces de contact.

Pour dissuader les prédateurs, les larves utilisent aussi des structures épineuses nombreuses, dures et souvent de grandes dimensions, les rendant plus difficile à avaler.

Pour réduire la prédation, elles sont généralement transparentes, pour être moins visibles.

9. Métamorphose des poissons coralliens

QUESTION :

Sachant qu'un couple de manini se reproduit chaque mois, combien de juvéniles de manini y aura-t-il dans le lagon sur un an ?

REPONSE :

Un couple de manini pond 120 000 œufs par an. Seules 1 200 larves seront issues de ces pontes. Après la métamorphose dans le lagon de Bora Bora, 120 juvéniles s'installeront dans les zones de nurserie. Toutes les autres larves en cours de métamorphose seront dévorées, soit par l'efficacité de chasse de leurs prédateurs, soit par le fait que leur métamorphose se déroule mal et que leur capacité à détecter un prédateur est plus faible que la moyenne.

10. Pigmentation des poissons coralliens

QUESTION :

Avec leurs couleurs, les poissons clowns signalent aux autres qui ils sont. Pour cet exercice, trouve une colonie de poisson clown dans le lagon de Bora Bora et repère les différents poissons, en te basant sur leurs couleurs : Qui a une coloration sombre avec une ou deux bandes blanches tirant sur le bleu ? Qui a une coloration un peu sombre avec deux bandes blanches ? Qui est plus clair ?

REPONSE :

Qui a une coloration sombre avec une ou deux bandes blanches tirant sur le bleu ? Les adultes reproducteurs ont des bandes blanches teintées de bleu électrique.

Qui a une coloration un peu sombre avec deux bandes blanches ? Les femelles dominantes ne sont pas seulement les poissons les plus grands de la colonie, ce sont aussi nécessairement les plus vieux et souvent elles perdent une des bandes blanches. Donc, un gros poisson sombre avec une seule bande blanche virant au bleu signale le poisson le plus dominant du groupe.

Qui est plus clair ? Les juvéniles sont beaucoup plus clairs et c'est en particulier vrai pour les jeunes recrues qui sont jaune pâle avec des bandes blanches assez larges et pour les plus petits parfois trois bandes blanches.

11. Nurserie de poissons le long du littoral

QUESTION :

En utilisant le tableau ci-dessous, estime la perte de densité des juvéniles de poissons diurnes et nocturnes le long du littoral de Bora Bora lorsque l'être humain remplace un biotope côtier naturel par un remblai public ou privé ?

REPONSE :

Si on remplace, par exemple, une plage de sable par un remblai public, on perd (= 53 – 18) 35 poissons diurnes pour 100 m². Si on remplace, par exemple, une mangrove par un remblai privé, on perd (= 83 – 26) 57 poissons nocturnes pour 100 m².

12. Phylogénie des poissons coralliens

QUESTION :

En analysant la figure 2, de combien d'années date l'ancêtre commun des chirurgiens actuels ? Quand les espèces actuelles des genres *Naso*, *Zebrasoma*, *Acanthurus* et *Ctenochaetus* ont-elles commencé à se diversifier ?

REPONSE :

L'arbre de la figure 3 révèle que l'ancêtre commun à tous les poissons chirurgiens actuels date de la fin du Paléocène/début de l'Éocène, il y a environ 60 millions d'années. Les espèces actuelles de *Naso*, *Zebrasoma*, *Acanthurus* (ex : manini) et *Ctenochaetus* sont le fruit d'intenses événements de spéciation datant d'environ 20 à 10 millions d'années.

13. Diversité des macroalgues dans les récifs coralliens

QUESTION :

En t'appuyant sur la figure 3, classe les différents types d'algues dans les trois grands groupes (algues rouges, vertes ou brunes) ?

REPONSE :

- A : Algue verte – *Caulerpa webbiana pickeringii*
- B : Algue brune – *Hydroclathrus clathratus*
- C : Algue verte - *Colpomenia sinuosa*

- D : Algue verte – *Halimeda minima*
E : Algue rouge – *Asparagopsis taxiformis*
F : Algue rouge – *Ganonema sp.*
G : Algue verte – *Valonia ventricosa*
H : Algue brune - *Lobophora sp.*

14. Fonctions écologiques des macroalgues

QUESTION :

Selon toi, si on préserve la diversité et la bonne santé des macroalgues dans le lagon de Bora Bora, quel(s) objectif(s) du développement durable est (sont) favorisé(s) (Fig. 3) ?

REPONSE :

La préservation des algues, par leur valeur nutritionnelle et par leur importance écologique, participe aux ODD :

- 1 (pas de pauvreté - exploitation des algues),
- 2 (faim zéro – leur valeur nutritive),
- 3 (bonne santé - leur valeur nutritive),
- 13 (action climatique – photosynthèse et utilisation du CO₂),
- 14 (vie sous l'eau – rôle écologique).

15. Crustacés du lagon de Bora Bora

QUESTION :

Sur la figure 3, toutes ces espèces appartiennent aux crustacés. Selon toi, quels sont les caractères morphologiques communs entre ces espèces ?

REPONSE :

Les crustacés sont caractérisés par leur exosquelette chitineux et par des appendices articulés (mais tous n'ont pas de pinces).

- L'exosquelette, sorte d'armure extérieure dure, des crustacés est constituée de chitine à haute teneur en calcaire. À cause de cette composition, l'armure n'est pas extensible et le crustacé doit donc muer pour grandir.
- La tête (céphalon) du crustacé, avec deux paires de palpeurs, est souvent fusionnée avec le thorax, donnant un ensemble appelé le céphalothorax.
- La partie abdominale est appelée le pléon : il se compose 5 ou 6 somites (pléonites) qui portent chacun des pléopodes et péréiopodes.

En ce qui concerne les pattes, les parties de la bouche, les structures des branchies et l'anatomie générale, il existe une grande variété de formes possibles parmi les crustacés.

16. Mollusques dans les récifs coralliens

QUESTION :

En analysant le tableau 1, quel hôtel joue un rôle primordial dans le maintien de la diversité en pāhua, 'Ō'ota, troca et pārau ?

REPONSE :

La plus forte abondance de pāhua est au St Régis, celle d'Ō'ota est au Méridien, celle de troca est au Méridien, et celle d'huitres perlières est au Four Seasons.

17. Poissons profonds de Bora Bora

QUESTION :

En t'aidant de la figure 3, compare les traits morphologiques d'espèces similaires (nohu - rascasse) entre celle vivant en surface et celle vivant en profondeur.

REPONSE :

Les deux poissons appartiennent à la famille des Scorpaenidae. La morphologie de ces deux poissons montre un corps comprimé, une tête avec des crêtes et des épines. Les écailles sont cténoïdes. Ils n'ont qu'une seule nageoire dorsale entaillée. Les nageoires dorsale, anale et pelviennes peuvent contenir des glandes à venin. La vessie natatoire est absente car ils vivent près du fond. La différence essentielle entre les deux espèces est la taille des yeux qui sont plus gros chez les espèces vivant en profondeur afin de mieux capter le peu de lumière venant de la surface. Ainsi, en comparant la taille de chaque ligne noire avec chaque ligne grise, la taille de l'œil en fonction de la taille du corps est obtenue. Ce rapport est approximativement deux fois plus important pour le paru nohu que pour le nohu, c'est-à-dire plus grand pour le genre *Pontinus*.



III. INTERACTIONS ENTRE ORGANISMES MARINS

1. Relations interspécifiques

QUESTION :

Comment classes-tu la relation entre le Carapidae et le rori (Fig. 7) ?

REPONSE :

Leur relation est du commensalisme. Dans ce cas, le poisson pénètre (par l'anus) dans le rori pour se loger dans les troncs respiratoires. Le bénéfice pour le poisson est l'abri offert par le rori et ce dernier ne tire pas de bénéfice. Cependant, même si les effets peuvent être minimes, la simple présence d'un poisson peut perturber le rori dans sa respiration. Dans certains cas, il peut y avoir des dégâts physiques pour le rori car le Carapidae peut déchirer les troncs respiratoires pour pénétrer dans la cavité générale du rori.

2. Symbioses dans les récifs coralliens

QUESTION :

Y a-t-il un poisson-clown sur cette photo ? Si oui, est-ce un juvénile ou un adulte ?

REPONSE :

Il y a un poisson-clown dans le cercle en rouge. C'est un juvénile se fondant parfaitement parmi les tentacules de l'anémone



3. Interactions entre les algues, les vana et les troca

QUESTION :

À l'aide du tableau ci-dessous, calculer l'efficacité des vana (3 espèces) et du troca (1 espèce) comme herbivore sur chaque type d'algues pendant les 70 jours d'expérience ?

REPONSE :

Pour exemple, le calcul est le suivant pour *T. niloticus* sur *P. boryana* : $(61-45) * 100/61 = 26\%$. Le troca est efficace à 26% dans l'herbivorie par rapport au contrôle. Le vana *T. gratilla* est le plus efficace sur les deux espèces d'algues. Voir les autres résultats sur le tableau ci-contre :

	<i>P. boryana</i>	<i>Dictyota spp.</i>
<i>Trochus niloticus</i>	26	27
<i>Tripneustes gratilla</i>	92	97
<i>Diadema Setosum</i>	49	63
<i>Echinometra mathaei</i>	44	30

4. Espèces nuisibles au corail

QUESTION :

Les *Drupella* de Bora Bora mangent-elles plus de tissus de coraux que les autres *Drupella* dans le monde ?

REPONSE :

La surface totale de corail consommée par *Drupella spp.* est d'environ 2 cm² par jour à Bora Bora. Ce taux de consommation des tissus des coraux vivants est l'un des plus élevés dans le monde. Seul *Drupella cornus* en Australie mange plus de corail, avec une consommation de 2,3 cm² par jour. Ainsi, en plus des impacts anthropiques sur les récifs coralliens, le corail est soumis à la présence d'espèces nuisibles à sa vitalité, comme certaines espèces d'algues ou de gastéropodes. A noter que ces espèces font partie intégrante d'un écosystème sain, mais que leur surabondance, causée par un hasard environnemental, peut avoir un impact non négligeable sur les récifs coralliens.

5. Prolifération des taramea

QUESTION :

Ecoute la chanson et fais-en un résumé à ta classe <https://www.youtube.com/watch?v=94js40tQXo>.

REPONSE :

A Ana'a, atoll des Tuamotu, il y a une déclamation d'une famille de Ana'a où Taramea est un nom de famille élargi (ati), documenté par l'archéologue Emory. Un groupe, "The Barefoot Boys", a enregistré une chanson intitulée Taramea / Piripiri ma.

6. Diversité acoustique des récifs coralliens

QUESTION :

En analysant les 2 enregistrements sonores de la figure 4, selon toi, les spectrogrammes permettent-ils de différencier chacun de ces habitats ?

REPONSE :

Figure 4 (gauche) : Le spectrogramme du banc sableux est très complexe. Il est riche en sons de poissons en basses fréquences (< 1000 Hz) et comporte de nombreux clics d'invertébrés (> 2000 Hz). Cette composition sonore forme le paysage acoustique de la plage de Matira, composé d'espèces marines évoluant principalement sur un fond sableux et dans des colonies coralliennes.

Figure 4 (droite) : Le spectrogramme de la mangrove d'Anau est beaucoup moins riche et diversifié. La bande de fréquence à laquelle les poissons communiquent est quasiment inexploitée (< 1000 Hz). Même si des invertébrés vocalisent aussi à la mangrove, le nombre de sons captés est moins important qu'à la plage. Cette différence s'explique par la différence de substrat, ici un fond sablo-vaseux pauvre en cachette.

En conclusion, nous sommes capables d'identifier deux paysages sonores différents de par la quantité et la diversité des sons biologiques. Chaque habitat ayant des espèces différentes en fonction du substrat ou de la profondeur, le paysage sonore (biophonie) sera différent et unique à un type d'habitat.

7. À l'écoute des récifs mésophotiques

QUESTION :

En t'aidant de la figure 3 et de l'article sur la diversité acoustique, peux-tu dire si la phrase ci-dessus est vraie ? Si oui comment l'expliques-tu ?

REPONSE :

Les trois sons encadrés en rouge à 20 m sont aussi présents à 60 et/ou 120 m. En revanche, des sons en rouge à 60 et 120 m ne sont pas présents à 20 m. Enfin, les sons en bleu sont uniquement retrouvés soit à 60 m, soit à 120 m de profondeur. Par conséquent, la diversité des sons de poissons est davantage similaire entre 60 et 120 m qu'entre 20 et 60 m.



IV. LE RECIF & L'HUMAIN

1. Pêche ancestrale à Bora Bora

QUESTION :

Recherche sur le site internet de l'Académie tahitienne (<http://www.farevanaa.pf/>) la signification de ces termes ?

REPONSE :

- **Taura manira** : Aussière en chanvre ou matière synthétique
- **Taura rōpiāni** : Aussière en chanvre ou matière synthétique
- **'Ānave** : Ligne de pêche, corde, fil
- **Rō'ā** : Arbuste dont les racines étaient autrefois utilisées pour fabriquer des lignes de pêche.
- **'Umi** : Mesure de longueur égale à 10 brasses, soit 18 mètres.
- **Horora'a i'a** : Sous l'entrée *horo*, on trouve : « Se rassembler pour se déplacer en bande à une certaine saison ou à certaines nuits. » On en conclue par extension la définition suivante pour *horora'a i'a* : « Déplacement de poissons en bande à une certaine saison ou à certaines nuits. »
- **Topara'a i'a** : Sous l'entrée *horo*, on trouve : « Se rassembler en bandes (poissons). » On en conclue par extension la définition suivante pour *topara'a i'a* : « Rassemblement en bandes d'une espèce de poissons à la saison venue ».
- **'Ata** : Alevins en bancs qui attirent de gros poissons tels que thons et bonites ainsi que les oiseaux de mer.
- **'Iri manu** : Sous l'entrée *horo*, on trouve : « Banc (de poissons). » On en conclue par extension la définition suivante pour *'iri manu* : « banc d'oiseaux ».
- **Tīnao** : Attraper des poissons en mettant la main dans les trous où ils se réfugient.
- **Pāere** : Poisson thazard, *Acanthocybium solandri*.
- **Tāru'u** : Type de pêche particulière
- **Tahu'a 'ūpe'a** : Meneur du *tautai tāora* et du *tautai tāru'u*. Il décidait de la longueur des filets à utiliser et se chargeait de faire régner l'ordre durant la journée de pêche. Les plus têtus recevaient sur le dos le *to'o* (perche pour faire avancer la pirogue) du *tahu'a 'ūpe'a*.
- **'Ōfa'i tāora** : Pierre lancée servant à faire fuir le poisson vers le filet durant le *tautai tāora*.
- **'Ōfa'i mā'ohi** : Pierre volcanique servant au *tautai tāora*.
- **'Ō'iu** : Façon particulière de fendre des feuilles.
- **Tā'iri tarao** : Type de pêche au *tarao*.
- **'Ōtaha** : Ancien type de bateau à moteur.
- **Rau** : Feuilles de *nī'au* qui sont assemblées pour former un filet.

2. Pêche lagonaire à Bora Bora

QUESTION :

Pourquoi est-ce si important de laisser le poisson se reproduire une fois avant de le pêcher ?

REPONSE :

Il faut absolument respecter la taille minimale de capture des poissons dans le lagon de Bora Bora afin de permettre aux poissons d'être mûre sexuellement, et donc de s'être reproduit au moins une fois. Cela permet ainsi de renouveler le stock de poissons.

3. Spatialisation de la pêche

QUESTION :

Certaines espèces de poissons sont-elles ciblées par les pêcheurs en fonction de leurs périodes de reproduction ? Y a-t-il une spatialisation de la pêche dans le lagon de Bora Bora ?

REPONSE :

Les pêcheurs ne semblent pas (ou plus comme avant) pêcher selon la saison de reproduction. En effet, seul 20% des pêcheurs parlent de la reproduction des poissons. Ils ne sont que 8% à avoir entendu parler par les anciens de l'apparition et la disparition des pléiades dans le ciel polynésien, qui annonçait le début et la fin de la période d'abondance (Matari'i i nia en novembre et les Matari'i i raro en mai). La pêche se fait surtout selon la phase lunaire et les conditions météo. De plus, il y a une forte spatialisation de la pêche dans le lagon de Bora Bora.

4. Communs, Rāhui et Lagon

QUESTION :

Selon toi, comment la zone en jaune sur la carte ci-contre (entre le rāhui et la passe, fig. 3) pourrait-elle être gérée afin d'empêcher que les poissons du rāhui ne soient capturés pendant cette migration ?

REPONSE :

La pêche pourrait être réglementée au moyen de certains outils de gestion tels que des saisons de fermeture, des limites du total de capture et les tailles minimales afin de parvenir à une pêche durable. D'autres mesures de gestion pourraient être prises en compte, comme étendre le rāhui jusqu'à la passe afin de favoriser le lien entre le lieu de vie des poissons et leur lieu de reproduction (interdisant ainsi toute activité nautique et de pêche dans la zone en jaune).

5. Services écosystémiques des récifs coralliens

QUESTION :

En t'appuyant sur la figure 6, mets en évidence le lien entre les ODD et les différents services écosystémiques des récifs coralliens de Bora Bora ?

REPONSE :

Par exemple, les pêcheries dépendent largement des récifs pour la subsistance de la population et la vente auprès des hôtels, tandis que le tourisme du lagon de Bora Bora attire des visiteurs du monde entier. Les récifs coralliens incarnent l'interdépendance des écosystèmes et des sociétés humaines. Leurs services écosystémiques englobent une gamme de valeurs, des avantages tangibles, tels que la protection côtière et le soutien aux pêcheries, aux contributions immatérielles comme la culture et la spiritualité. Ainsi, reconnaître la nature multifacette des services apportés par les récifs coralliens permet de mettre en lumière l'urgence de leur conservation. Ainsi, les différents services écosystémiques des récifs coralliens de Bora Bora rentrent dans les ODD : 1 (pas de pauvreté), 2 (faim zéro) et 3 (bonne santé et bien-être) via la pêche ; 13 (action climatique) avec le puit de carbone que représentent les coraux ; 14 (vie sous l'eau) et 15 (vie sur Terre) avec les îles coralliennes et le lien entre la terre et le lagon.

6. Paiements pour services écosystémiques

QUESTION :

Comment créer une contribution financière dite « environnementale per capita » pour les touristes, les prestataires de services et les entreprises polluantes de Bora Bora ? Comment ce fond environnemental pourrait-il alimenter un mécanisme de compensation écologique ou de PSE ? Comment justifier la création de ce fond ?

REPONSE :

Il n'y a pas une réponse spécifique à ces questions. Le plus important est que ce fond environnemental soit abondé par les pouvoirs publics et privés (Mairie, Pays, Etat, grandes entreprises de Bora Bora), mais aussi par des ressources fiscales affectées, comme les redevances sur l'occupation du domaine maritime. Ce fond s'appuierait sur la base du principe Eviter/Réduire/Compenser, et imposerait des compensations à toutes entreprises / prestataires qui ont un impact sur le lagon de Bora Bora. La séquence "éviter-réduire-compenser" (ERC) est une déclinaison technique et opérationnelle des engagements internationaux, communautaires ou nationaux pris par la France en matière de préservation des milieux naturels.

7. Tourisme et récifs coralliens

QUESTION :

En t'aidant du tableau 1, calcule l'impact positif du confinement et l'impact négatif du tourisme sur les peuplements de poissons ?

REPONSE :

Mars 2020 correspond à la période juste avant le confinement. Mai 2020 correspond à la période de sortie du confinement. On observe une augmentation importante de l'abondance des poissons sur tous les sites due à l'absence d'activités touristiques, nautiques et de pêche dans le lagon. Une petite diminution existe sur les sites 'contrôle' du récif frangeant liée à la variabilité naturelle des comptages de poissons. Par contre, la forte diminution de l'abondance des poissons sur le site 'contrôle' du hoa est dû au déplacement d'une partie de la population de l'île vers les motu pour y vivre pendant le confinement. Comme il n'y avait pas (ou trop peu) de contrôle sur le lagon et les motu, les gens ont pu pêcher sur ces sites. Juillet 2020 correspond aux retours des touristes locaux et Aout 2020, au retour des touristes internationaux et à la réouverture de tous les hôtels et activités touristiques. Par rapport à mai 2020, on observe une baisse de l'abondance des poissons sur presque tous les sites.

8. Requins et écotourisme marin

QUESTION :

Si un requin Citron vit 20 ans, quel est son apport à l'économie de la plongée au cours de sa vie ?

REPONSE :

Le requin citron peut rapporter sur 20 ans = 20×700 millions de CFP = 14.000 millions de CFP

9. Post-larval Capture and Culture

QUESTION :

En t'aidant de la figure 5 et du tableau 1, la colonisation du récif de Bora Bora par les post-larves est-elle affectée par la phase lunaire ? Si oui, explique comment.

REPONSE :

La colonisation larvaire varie essentiellement selon la phase lunaire. Les larves de poissons colonisent le récif préférentiellement autour de la nouvelle lune. En effet, en absence de lune, il y a moins de luminosité et donc les larves ont moins de chance de se faire prédater. Cependant, pour chaque espèce de poisson, il existe une période de l'année spécifique pour coloniser le récif. Certaines vont coloniser de janvier à juin, comme les Holocentridae. D'autres espèces colonisent essentiellement sur un mois (aout pour les Serranidae).

10. Aquaculture de rori

QUESTION :

A l'aide du tableau 1 concernant l'aquaculture d'Holothuries à mamelles, calcule la survie et la croissance des rori.

REPONSE :

- La survie entre novembre 2021 et novembre 2022 est de $(73/103)*100 = 70,8\%$
- La croissance entre novembre 2021 et novembre 2022 est de $88 - 55 = 33$ mm

11. Pavillon bleu à Bora Bora

QUESTION :

En se basant sur le tableau 1, calcule le site sur lequel la qualité de baignade est la meilleure et celle sur lequel la qualité est la moins bonne de 2014 à 2022 ?

REPONSE :

De 2014 à 2022, la qualité de baignade est la meilleure au Club Med, l'hôtel St Régis et l'hôtel Four Seasons. La moins bonne qualité est à l'hôtel Matai.

12. Qualité de l'eau dans une île tropicale

QUESTION :

En recherchant sur internet, explique pourquoi l'eau douce reste au-dessus de l'eau de mer et crée ainsi des lentilles d'eau douce sous chaque motu de Bora Bora ?

REPONSE :

La lentille se constitue sur l'eau salée sous-jacente, dans le matériau corallien. Plus légère, l'eau douce ne s'y mélange pas, elle flotte sur l'eau salée à la manière d'un iceberg sur l'océan salé. Une petite partie, dite charge nette d'eau douce, de hauteur h , demeure au-dessus du niveau moyen de l'eau du lagon ou de l'océan, tandis qu'un volume beaucoup plus important, repoussant l'eau salée, pénètre au-dessous de ce même niveau. Sa profondeur H est fonction de la salinité de l'eau de mer. Pour l'Océan Pacifique $H = 27h$ (loi de Ghyben-Herzberg) ; h et H sont maximums au centre de l'îlot et ils croissent avec le diamètre de celui-ci.

13. Histoire de la plongée sous-marine

QUESTION :

Imagine un ballon gonflé d'air à la surface : Quelle loi de physique représente cette figure ? Que se passe-t-il si le ballon est immergé sous la surface de l'eau ?

REPONSE :

La loi d'Archimède stipule qu'un objet plongé dans un fluide (comme l'eau) subit une force vers le haut égale au poids du fluide déplacé par l'objet. C'est ce qui permet à un plongeur d'ajuster sa flottabilité. Si on immerge le ballon, alors il refera surface grâce à sa flottabilité positive.

14. Tāura dans la culture polynésienne

QUESTION :

En discutant avec tes parents et tes grands-parents, connais-tu le Tāura de la famille ?

REPONSE :

Il n'y a pas de réponse précise à cette question. Le Tāura est spécifique à chaque famille. Par ailleurs, la question des Tāura est de l'ordre de l'intime, certaines personnes ne veulent ou ne peuvent, de ce fait, en parler ouvertement. D'autres encore ne se souviennent plus vraiment de cette dimension de leur culture du fait des changements profonds induits par la colonisation européenne et l'influence de la religion chrétienne.

15. Art et Science

QUESTION :

A partir des informations de ce chapitre, comment l'herbier peut-il être un outil pour tenter d'élargir notre champ de vision, multiplier les points de vue et les perceptions pour augmenter l'expérience émotionnelle que nous garderons en mémoire ?

REPONSE :

Inviter à un relevé et à un inventaire du Vivant qui nous entoure

(En arrière fond, J.Y Cousteau « On protège ce qu'on aime, et on aime ce qu'on connaît »).

Le sujet est donc l'herbier, envisagé comme un outil pour approfondir la connaissance de l'environnement et inviter les personnes à aller sur le terrain et découvrir par eux-mêmes ce qui le compose.

Être accompagné par une personne connaissant déjà les lieux est recommandé afin d'aider à l'identification et afin de savoir quelles espèces peuvent être prélevées sans dommage pour le site. Cela permet aussi d'introduire auprès des enfants un pan des activités possibles en lien avec la préservation de leur environnement.

Elargir le champ de vision

- Aller sur le terrain pour se rendre compte des sites. Lorsque l'on est dans une démarche d'inventaire ou d'identification des espèces présentes, en observant leur cohabitation, cela est déjà une pratique qui active le regard :

- Qu'est-ce qui est spécifique au site choisi ?
- Y a-t-il des espèces endémiques ?
- Qu'est-ce qui fait potentiellement la rareté du site ?
- Est-ce qu'il y a des espèces qu'on peut retrouver ailleurs ?
- Y a-t-il des parallèles à faire avec d'autres sites ?

Il est possible aussi de voir les usages que les humains en ont fait jusqu'à présent (plantes tinctoriales, tissages, etc.). (*Mots-clé : approfondissement de la connaissance liée à l'environnement proche*)

Multiplier les points de vue et les perceptions

- La confection d'un herbier permet d'aborder l'environnement d'une autre manière, de l'analyser et de commencer à créer à partir de cela. On peut conseiller un prélèvement traditionnel pour commencer ou au moins d'évoquer, avec les élèves, l'outil historiquement que représente l'herbier (montrer des exemples de planches traditionnelles comme au Muséum avec le cartel de description). Ensuite le but est d'élargir les possibilités à partir de cela. Voir par exemple le frottage (comme dans les œuvres de Max Ernst), la prise d'empreinte à l'aide des encres photosensibles (comme celles utilisées pour la confection des paréos), si des matériaux relatifs au modelage/moulage en sculpture sont disponibles, des empreintes en volume peuvent être réalisées.

L'herbier devient ensuite un moyen de transmission de la connaissance auprès d'autres personnes. C'est un outil, un point de repère dans le temps, transmissible aux futures générations. Il est un indicateur, une mémoire à un instant T du Vivant. (*Mots-clés : décaler le regard, faire appel au plus de sens possible pour impacter et nourrir la mémoire, rendre cette expérience la plus riche possible*).

Au-delà de l'herbier traditionnel, inviter à des pratiques le moins invasive possible : le relevé par le dessin, la description littéraire et poétique, la photographie, la vidéo. Il est conseillé de ne pas se cantonner à un seul médium mais de proposer différentes approches et un aller-retour entre toutes ces pratiques afin de les faire dialoguer entre elles.



V. LES RECIFS CORALLIENS FACE AUX PERTURBATIONS

1. Coraux, changement climatique et perturbateurs locaux

QUESTION :

En t'appuyant sur le schéma ci-dessous de la NOAA (Fig. 4), explique pourquoi le blanchissement peut être dû au réchauffement des océans, mais aussi à un apport terrigène, un sur-ensoleillement et une marée trop basse ?

REPONSE :

Le réchauffement des océans va provoquer la fuite des zooxanthelles du polype corallien, et donc son blanchissement. Si la température baisse rapidement, les zooxanthelles peuvent revenir dans les polypes et la colonie corallienne continue de vivre.

Un apport terrigène va limiter la quantité de lumière arrivant sur le polype et les zooxanthelles. Cela va baisser l'efficacité de la photosynthèse. Des zooxanthelles vont mourir et donc le corail va blanchir.

Un sur-ensoleillement, comme une élévation de température, va faire fuir les zooxanthelles en dehors des polypes. Enfin, une marée trop basse provoque des coraux hors de l'eau, et donc les zooxanthelles vont mourir et le corail blanchi.

2. Fragilité d'un récif corallien

QUESTION :

Les comptages en août 2019 et février 2020 ont été aussi effectués sur les poissons et les bécards. En t'appuyant sur la figure 3 et le tableau 1, calcule la perte en abondance de ces deux taxons.

REPONSE :

L'abondance des bécards vivants a diminué sur la crête récifale. La densité sur le site 1 n'a pas changé, avec 2,1 individus par m² en août 2019 et 2,2 individus par m² en février 2020 (Fig. 3a). En revanche, une baisse notable a été observée sur les sites 2 et 3, la densité passant de 1,2 à 0,05 individu par m² sur le site 2, et de 2,7 à 0,01 individu par m² sur le site 3 (Fig. 3a). Sur le récif barrière, aucune mortalité significative n'a été trouvée pour les bécards vivants et morts (Fig. 3b).

Les principales espèces de poissons affectées par l'hypoxie de l'eau étaient des espèces résidentes de familles telles que Pomacentridae (y compris les espèces Stegastes), Holocentridae, Pomacanthidae, Serranidae, Muranidae, Scorpaenidae et Tetraodontidae (Canthigaster). Ces espèces de poissons sont fortement associées à un habitat corallien et il est donc peu probable qu'elles s'éloignent du récif pour éviter l'hypoxie. Pour les poissons, l'abondance totale sur la crête récifale a diminué de manière significative, de 1,7 à 1,3 poissons par m² sur le site 1, de 0,8 à 0,5 poissons par m² sur le site 2, et de 1,1 à 0,3 poissons par m² sur le site 3 avant et après l'anomalie climatique (Tableau 1). La richesse en espèces a également diminué de manière significative. Alors qu'elle est restée similaire sur le site 2, elle a diminué de 26,5 à 16,5 espèces sur le site 1 et de 18 à 6,5 espèces sur le site 3 (Tableau 1). En revanche, l'abondance totale et la richesse en espèces n'ont pas changé sur le récif barrière pour les trois sites (Tableau 1). De manière surprenante, la densité des espèces de Chaetodon n'a pas varié entre les sites dans les deux habitats. En revanche, la variation de la densité des poissons résidents et des espèces de Stegastes n'était pas uniforme entre les sites. Alors qu'elles ont augmenté sur le site 1, elles ont diminué sur les sites 2 et 3, mais pas de manière significative.

3. Erosion du littoral

QUESTION :

Les caractéristiques du trait de côte de Bora Bora ont été examinées à partir de photographies aériennes de 1955 et d'images satellites de 2019. Ces analyses ont mis en lumière les vastes changements opérés sur le trait de côte de Bora Bora (Tableau 1). Ainsi, depuis 1955, le pourcentage de trait de côte naturel est passé de 88 à 39%, avec la construction de remblais publics et privés, ainsi que de quais. Quelles autres observations le tableau 1 t'apprend-il ?

REPONSE :

Le pourcentage de trait de côte naturel (plage de sable, rochers, arbres, herbiers, mangroves) et artificiel (remblais publics, remblais privés, quais) a fortement évolué entre 1955 et 2019 à Bora Bora. La végétation haute de bord du littoral (arbre) a diminué de 74% à 25%. Ceci est dû à son remplacement par des constructions humaines, soit des remblais publics (passant de 8 à 10%), soit des remblais privés (passant de 3 à 46%). La mangrove est souvent décrite comme étant invasive en Polynésie française. A Bora Bora, elle est passée de 0% en 1955 à seulement 1% du littoral en 2019.

4. Végétation du littoral

QUESTION :

Alors que l'introduction de la mangrove en Polynésie française a eu lieu à Moorea, en t'aidant du tableau 1, peux-tu dire quelle île est la plus impactée par cette espèce aujourd'hui ?

REPONSE :

L'île avec le plus de mangrove (en % du total de la surface des mangroves de Polynésie française) est Huahine. L'île avec le moins de mangrove est Bora Bora.

5. Ciguatera en Polynésie française

QUESTION :

En te basant sur la figure 5, quel est le taux de sous-déclaration ? Les intoxications sont-elles régulières selon les années ?

REPONSE :

Le taux de sous-déclaration varie de 44% en 2020 à 82% en 2019. Aucun cas de ciguatera n'a été signalé en 2012, 2015 et 2022, alors qu'une forte augmentation des cas d'intoxication est observée de 2019 à 2021.

6. Mercure et toxines dans les récifs coralliens

QUESTION :

En t'aidant du tableau 1, peux-tu dire : quelle île a la plus forte pollution en mer (en se basant sur la concentration de mercure dans le muscle) ? Quelle espèce de poisson est la plus contaminée (en se basant sur la concentration de mercure dans le foie) ?

REPONSE :

Les concentrations de mercure total (ng g⁻¹ poids humide) dans le muscle et le foie du poisson-chirurgien *Ctenochaetus striatus* (maito) et du mérrou *Epinephelus merra* (tarao) montrent que Moorea et Tahiti sont les plus pollués. Les poissons à Tupai et Bora Bora ont le moins de mercure.

Entre les deux espèces, le maito a le plus de mercure dans le foie. Le tarao a le plus de mercure dans le muscle. Les produits de la pêche représentent une ressource de subsistance importante pour les populations de Polynésie française, dont la consommation de poisson par habitant peut dépasser 100 kg/an dans certaines îles. Cette forte dépendance rend les communautés locales particulièrement vulnérables aux intoxications liées aux produits de la mer. Les niveaux de mercure dans les tissus de poissons prédateurs comme les thons et les marlins sont également élevés, ce qui indique que le mercure est présent dans la chaîne alimentaire marine. Il est conseillé de cuire les aliments car l'ébullition et le grillage diminuent la bioaccessibilité du Hg dans la chair de poisson.

7. Pollution sonore sous-marine

QUESTION :

En t'appuyant sur les tableaux 1 et 2, peux-tu dire si les larves de coraux évitent la nuisance sonore ?

REPONSE :

- En absence de pollution sonore engendré par le bruit des moteurs, 63% des larves de coraux s'installent sur la CCA vivante qui est l'habitat le plus favorable à la croissance des coraux.
- En présence de bateaux sur la CCA vivante, les larves de coraux préfèrent fuir cet habitat et s'installent à 53% sur la CCA morte.

Or, la CCA morte n'est pas un habitat favorable pour la croissance des coraux. La pollution sonore engendrée par les moteurs des bateaux impacte donc fortement le choix des larves de coraux en les orientant sur le mauvais habitat. Ce mauvais choix aura pour conséquence que les coraux vont moins grandir et donc le récif corallien sera en moins bonne santé.

8. COVID et environnement corallien

QUESTION :

En t'aidant du tableau 2, calcule l'effet du confinement sur les peuplements de poissons de l'Aire Marine Educative située en face du collège/lycée de Bora Bora : quel est le % d'augmentation ou de réduction de l'abondance des poissons ?

REPONSE :

L'abondance des poissons dans l'AME de Bora Bora entre 2019 et 2020 (pendant le confinement) a augmenté de 85% au stade juvéniles, de 198% au stade adulte et de 230% des poissons commerciaux. La réduction spectaculaire de l'activité humaine mondiale due à la pandémie de COVID-19 a entraîné une anthropause, qui a permis d'examiner de manière opportuniste l'impact de l'être humain sur les communautés animales de nombreux écosystèmes terrestres et marins, dont le lagon de Bora Bora.



VI. SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX DES RECIFS CORALLIENS

1. Suivi de la biodiversité marine

QUESTION :

En observant la figure 3, la tendance qui se dégage est la suivante : sur la crête récifale, le hoa et le récif barrière, la densité de toutes les familles de poissons a augmenté, tandis que la densité de ces mêmes familles a diminué sur les pâtés coralliens et le récif frangeant. Comment expliques-tu cette tendance ?

REPONSE :

L'aménagement du littoral depuis les années 1950 se caractérise par un remplacement des habitats naturels (mangrove, plage, zone sablo-vaseuse) par des remblais. Ceci a un impact négatif sur les zones de nurserie des jeunes poissons vivant sur le récif frangeant. Concernant les pâtés isolés, la forte pression sonore engendré par les moteurs des bateaux fait fuir les poissons vivant autour de ces pâtés.

2. Aires Marines Educatives

QUESTION :

Comment a évolué l'état de santé du récif corallien de cette AME ?

REPONSE :

L'évolution du corail vivant entre 2019 et 2022 est excellente. On passe de 76% de corail vivant sur le tombant en 2019 à 93% en 2022. De même, le % de corail vivant sur le récif passe de 47% en 2019 à 76% en 2002. Le nombre de poissons au stade juvénile est identique entre 2019 et 2022. Par contre, il augmente pour le stade adulte.

3. Restauration corallienne

QUESTION :

Selon toi, ces actions suffisent-elles à limiter l'impact de l'être humain sur les coraux à l'échelle du lagon de Bora Bora ?

REPONSE :

Il est toujours préférable de mener des actions de restauration corallienne que de ne pas en faire. Ceci est vrai pour tout écosystème. Mais malheureusement, ces actions sont toujours limitées dans le temps et/ou dans l'espace. C'est très bien de restaurer certains sites du lagon de Bora Bora, mais cela représente souvent moins de 1% de la surface totale du lagon. La nouvelle génération d'entrepreneurs, de politiques et de gestionnaires devra donc relever le défi (on non) de faire de l'ingénierie écologique et d'appliquer les solutions basées sur la nature à grand échelle spatiale.

4. Succession écologique des poissons suite à une restauration corallienne

QUESTION :

Suite à ces perturbations, comment a évolué le taux de recouvrement en corail vivant ? et comment les peuplements de poissons ont-ils évolué ?

REPONSE :

Suite à ces perturbations, la couverture corallienne a diminué presque à 0%. Il a fallu 10 ans après les perturbations de 2006-2010 pour que la couverture corallienne retrouve sa composition d'avant les perturbations. Mais la composition dans la communauté de poissons de récif était cependant différente de celle d'avant les perturbations. Cela s'observait notamment dans la structure des groupes trophiques :

- Avant les perturbations, les poissons planctivores (atoti) étaient les plus abondants dans les zones récifales (représentant 42% à 79% de tous les poissons). Les autres groupes trophiques (herbivores,

omnivores, mangeurs d'invertébrés benthiques mobiles et piscivores) ne dépassaient pas 20% de l'abondance totale de poissons.

- Après les perturbations, un changement profond dans la communauté de poissons s'est opéré, dominé en abondance par les poissons herbivores (comprenant les brouteurs, détritivores et les excavateurs). Les poissons omnivores, qui sont des espèces opportunistes, et les poissons mangeurs d'invertébrés benthiques étaient également positivement impactés après l'invasion des taramea, puisqu'ils étaient devenus aussi très abondants. Les poissons corallivores étaient quant à eux négativement impactés à la suite de l'explosion des taramea.

Ces changements de composition dans la communauté de poissons indiquent bien que chaque espèce de poissons réagit différemment aux perturbations. Il est donc difficile de définir un modèle de succession universelle et prédéfini pour les communautés de poissons dans les écosystèmes récifaux. Cela dépend fortement de nombreux facteurs environnementaux, de l'amplitude, de la fréquence et la nature des perturbations, du temps de récupération et des traits écologiques de chaque espèce.

5. Innovation technologique en acoustique

QUESTION :

Parmi la liste de données ci-contre, lesquelles te semblent nécessaires à mesurer pour bien connaître l'état de santé d'un récif ? Explique pourquoi ?

REPONSE :

Voici les paramètres à mesurer :

* **Température** : C'est le paramètre le plus important dans tout système marin et terrestre, le paramètre principal dans le changement climatique causant la mort des coraux et le développement algal.

* **Conductivité** : Elle permet de mesurer la teneur d'ions dissout (chlorures, les nitrates, les sulfates, le sodium, le magnésium, le calcium, le fer, etc.) dans l'eau qui permettent le passage de l'électricité (Conductivité de l'eau distillée =0, conductivité normale de l'eau de mer = 50 mS/cm – millisiemens/centimètre). Les organismes calcifiés (coraux ou mollusques par exemple) ont besoin que ce taux reste stable pour former leur carapace/squelette et pour grandir.

* **Salinité** : Elle ne concerne pas seulement la mesure du sel, mais de plusieurs ions comme le chlore ou le magnésium. La salinité, entre 34 et 36g/l dans le pacifique, permet également d'identifier les courants marins et les échanges de masses d'eau. Des échanges anormaux peuvent créer plusieurs déséquilibres du système.

* **Oxygène** : On en retrouve davantage dans les eaux froides et douces. LA teneur en oxygène des océans se situe entre 7 et 8 mg/l. L'oxygène permet la vie, témoigne d'un équilibre en nutriments, détermine s'il y a une activité photosynthétique satisfaisante (symbiose corail-algue). Il est indispensable à la survie des organismes aérobies* comme les poissons (respiration).

* **pH** : Il représente la mesure d'acidité d'une solution ou d'un milieu. En temps normal, le pH de l'océan est d'environ 8,2. L'acidification des océans signifie une diminution de ce paramètre. Les causes sont exclusivement liées à l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère due aux activités anthropiques. Une acidification trop importante dans les récifs coralliens rendra les squelettes des coraux très fragiles et cassant.

* **Turbidité** : Une turbidité élevée (>3 NTU) est synonyme d'une eau trouble et d'une teneur en particules suspendues élevée. L'une des principales causes est une présence anormale de matière organique. Celle-ci peut avoir été introduite par les conditions météo (pluie et ruissellement qui s'en suit), les activités aquacoles ou par la simple présence humaine à proximité de la zone étudiée (rejets venant par les rivières par exemple). Une forte turbidité peut réduire la faculté des zooxanthelles à faire la photosynthèse, essentielle à la survie des coraux.

* **Fluorescence, chlorophylle A** : La chlorophylle est mesurable par technique de fluorescence. Mesurer la fluorescence permet de vérifier la présence de chlorophylle et donc de végétaux, d'algues dans le milieu. Cela permet de mesurer l'activité photosynthétique de la zone étudiée, de son niveau d'eutrophisation et de la production ou consommation de dioxygène.

Tous ces paramètres pris individuellement sont importants. Ils le sont d'autant plus lorsqu'on les considère ensemble comme un système. Car ensemble, ils forment un équilibre. Un dérèglement d'un seul des paramètres peut engendrer le déséquilibre de tout l'écosystème marin de Bora-Bora.



VII. ESPECES EMBLEMATIQUES DE BORA BORA

1. Huître perlière et perliculture

QUESTION :

En recherchant sur internet, explique pourquoi la moule géante (ō'ota – *Atrina vexillum*) et l'huître perlière à lèvres noire (pārau – *Pinctada margaritifera*) appartiennent à l'embranchement des mollusques.

REPONSE :

Les mollusques sont des êtres vivants faisant partie du règne animal. Les animaux de ce groupe ont des formes et des tailles très diverses et on estime que 80 % d'entre eux auraient une taille inférieure à cinq centimètres. Tous sont munis d'un corps mou non segmenté qui est souvent protégé par une coquille calcaire. La moule géante appartient à la famille des Mytilidae protégé par une coquille équivalve, très inéquilatérale, de contour généralement ovale allongé, subtrigone à cylindrique, avec fréquemment une mince fente byssale ventralement. L'huître perlière appartient à la famille des Ostreidae, mollusques bivalves de l'ordre des Ostreoida. Ces deux familles de mollusques sont des organismes filtreurs, se nourrissant de phytoplancton présent dans la colonne d'eau.

2. Tortues marines : biologie et conservation

QUESTION :

Comme la température conditionne le sexe de la future tortue, quel est l'impact du réchauffement climatique sur la structure démographique des tortues ? Y a-t-il un risque d'extinction des tortues ?

REPONSE :

Dans un nid, la température n'est pas homogène. La variation dépendra de plusieurs facteurs physiques : l'emplacement du nid sur la plage, le type de substrat (sable blanc, sable noir, sable nu, couverture végétale...). Avec le réchauffement climatique, les œufs ne donneront que des femelles (si température > 29°C). Cela modifiera la structure démographique et entraînera un risque d'extinction des espèces. De plus, il n'existe aucun soin parental chez les tortues marines pour limiter cet impact du réchauffement climatique. Une fois la ponte terminée, la femelle s'en va. Au moment de l'éclosion, les émergents doivent trouver leur chemin vers l'océan tout seul. Sur la plage comme dans l'océan elles ont plusieurs prédateurs : crabes, oiseaux, chiens, rats, requins ainsi que les gros poissons (carangues, mérours, barracudas etc.). Seulement 1 tortue sur 1000 atteindra l'âge adulte.

3. Raies aigles dans les récifs coralliens

QUESTION :

Pour comprendre la photo-identification, voici trois photos de raies léopard (Fig. 3) : est-ce le même individu ? 2 individus différents ? ou 3 individus différents ?

REPONSE :

L'individu est le même sur les figures A et C. Il est différent de celui de la figure B. La densité (nombre) des points blancs sur l'individu B est plus importante que sur celui des figures A et C.

4. Raies Manta dans les récifs coralliens

QUESTION :

En se basant sur le tableau 1, estime quel est le site de nettoyage le plus efficace. Y-a-t-il une variation temporelle dans la fréquentation de ces deux sites ?

REPONSE :

La somme des observations de raies Manta sur le site de Toopua est de 339. Elle est de 551 sur le site de la pointe Taihi de janvier 2021 à mars 2023. Il existe une forte variation temporelle avec moins d'observations sur le site Toopu d'avril à aout. Ceci peut être dû à la clarté et à la température de l'eau.

QUESTION :

Grâce à la photo-identification se basant sur les taches noires situées sur le ventre des raies Manta (photos ci-dessus), retrouveras-tu, parmi les trois photos du bas, quelle raie Manta a été revue ?

REPONSE :

Il s'agit de trois raies Manta différentes. Les taches noires sous le ventre sont différentes les unes des autres.

5. Ō'ota, la moule géante de Bora Bora

QUESTION :

Quelle est l'île qui a l'abondance la plus forte ?

REPONSE :

L'île avec le plus d'ō'ota est Bora Bora. L'île avec le moins d'ō'ota est Moorea.

QUESTION :

En t'appuyant sur la figure 7, la répartition spatiale est-elle homogène tout autour de l'île de Bora Bora et sur tous les habitats (baie, récif frangeant, récif barrière, chenal) ?

REPONSE :

La répartition des ō'ota est surtout présente sur la côte Est et principalement sur le récif frangeant. Cette répartition actuelle est le reflet soit du choix d'installation des jeunes ō'ota sur des habitats favorables, soit de la prédation des ō'ota par l'Homme (pour les touristes ou pour la consommation).

6. Némo, le poisson clown célèbre

QUESTION :

Que vois-tu sur la figure 4 ?

REPONSE :

Sur la figure 4, on peut voir des pontes à différents stades embryonnaires de poissons clowns à nageoires orange déposées sur un substrat rocheux et protégées par l'anémone de mer magnifique. A) Œufs quelques heures après fécondation. B) Œufs quelques jours (3 à 4 jours) après fécondation.





7. Roseaux : un habitat spécifique du littoral

QUESTION :

Peux-tu citer quelques espèces de poissons qui vivent dans les roseaux ?

REPONSE :

Voici quelques espèces au stade juvénile qui vivent dans les roseaux à Bora Bora (© G. Sui, PacFishId) :

<p>Carangue bleue <i>Caranx melampygyus</i> Pa'aihere</p>	
<p>Carangue à gros yeux <i>Caranx sexfasciatus</i> Omuri</p>	
<p>Mulet à queue bleue <i>Crenimugil crenilabis</i> Tehu</p>	
<p>Mulet à queue carrée <i>Ellochelon vaigiensis</i> Nape</p>	
<p>Surmulet à ligne jaune <i>Mulloidichthys flavolineatus</i> Ouma</p>	