

MINSITERE DE LA MER & DE L'ARTISANAT

SERVICE DES RESSOURCES MARINES

ETUDE DE FAISABILITE D'UNE FERME DE THONIDES

PHASE I

Rapport Préliminaire

Marché Public N° 004084



Octobre 2000



TABLE DES MATIERES

VALIDATION DE SITE D'UN ÉLEVAGE DE THONIDÉS DANS L'ATOLL DE HAO	2
PHASE I : RAPPORT PRÉLIMINAIRE	2
1. PRÉAMBULE.....	2
2. RAPPEL DES OBJECTIFS :	2
2.1. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	2
2.2. LE RECUEIL DES DONNÉES	3
2.3. ÉTUDE DE LA LOGISTIQUE.....	4
2.4. APPROCHE DE L'ENVIRONNEMENT SOCIAL	4
2.5. L'ÉTUDE D'IMPACT SUR LE MILIEU LAGONAIRE.....	5
3. PREMIERS RÉSULTATS DE L'EXPERTISE DU LAGON :	5
3.1. GÉOMORPHOLOGIE DE L'ATOLL.....	5
3.2. HYDRODYNAMIQUE.....	7
3.3. BIODIVERSITÉ.....	8
3.4. SÉDIMENTOLOGIE.....	9
4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION.....	10
5. PERSPECTIVES D'IMPLANTATION EXTRA-LAGONAIRE :	12
6. ENVIRONNEMENT LOGISTIQUE :	14
7. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION PROVISOIRE :	14
8. ANNEXES.....	15
8.1. ANNEXE 1.....	15
8.2. ANNEXE 2 : CARTES	17
8.3. ANNEXE 3: MÉTÉOROLOGIE	18

VALIDATION DE SITE D'UN ELEVAGE DE THONIDES DANS L'ATOLL DE HAO

PHASE I : RAPPORT PRELIMINAIRE

1. PREAMBULE

La réalisation d'un projet d'aquaculture nécessite, avant d'aborder la faisabilité technico-économique :

- ♦ d'étudier la capacité du milieu à accueillir les structures d'élevage et supporter la biomasse en production,
- ♦ de vérifier que la ressource en juvéniles de thonidés majeurs est disponible.

La phase I de cette étude est consacrée à la validation du site de Hao, notamment au niveau de son potentiel aquacole.

2. RAPPEL DES OBJECTIFS :

2.1. APPROCHE METHODOLOGIQUE

La structure d'élevage de poissons marins la plus simple et la plus économique est la cage flottante, mais elle ne peut être implantée qu'en milieu protégé, là où les manifestations de la houle et des courants sont atténuées. De ce point de vue, l'espace lagunaire offre une remarquable opportunité. En revanche, il s'agit là d'un milieu sensible et instable. Un tel écosystème littoral s'organise sur les plans physico-chimiques, biologiques et sédimentaires selon les échanges avec la mer ouverte. L'importance du renouvellement en eau d'origine marine revêt donc une importance capitale.

Dans la perspective d'un élevage de thons en cages en milieu lagunaire, deux contraintes majeures sont à prendre en compte :

La circulation de l'eau doit être constante pour apporter aux poissons l'oxygène indispensable à leur respiration. Elle doit cependant rester modérée pour ne pas solliciter à l'excès les

structures d'élevage, et pour éviter que les poissons ne dépensent trop d'énergie à se maintenir sur place.

L'activité biologique, de la faune et de la flore environnantes doit être réduites pour éviter le « biofouling » à la surface des structures d'élevage et pour minimiser l'impact des consommateurs d'oxygène dissous concurrents.

La circulation est généralement la plus faible loin de l'embouchure, là où l'activité biologique est la plus forte. Il faut donc trouver un moyen terme acceptable. Cette problématique a donné lieu à une approche scientifique précise définissant, sur le plan hydrobiologique, la notion de *confinement*. Une zonation des écosystèmes littoraux a pu ainsi être établie, sur la base d'une échelle de confinement (0. Guelorget et al., 1983). Cette échelle biologique décrit 6 zones principales numérotées de 1 à 6 selon leur éloignement de la source d'eau marine (la zone 1 correspond à l'océan ou à la mer ouverte). Ces zones sont délimitées à partir de l'observation des peuplements benthiques sédentaires qui ont la capacité d'intégrer sur plusieurs années les conditions environnementales et leurs variations. Certains organismes benthiques remarquables ont été retenus comme « bio-indicateurs », et l'analyse de la localisation géographique de ces bio-indicateurs permet de définir la zonation et de là l'organisation fonctionnelle de l'écosystème considéré (le lagon de Hao).

Cette notion de confinement (et l'organisation biologique qui en découle) a été appliquée à l'analyse de nombreux écosystèmes littoraux (lagunes, estuaires, deltas, lagons, ...) et a prouvé sa validité et sa cohérence complète en climat tempéré, tropical ou équatorial.

2.2. LE RECUEIL DES DONNEES

Il a été fait appel aux documents existants (étude d'océanographie physique et biologique, y compris les documents disponibles au niveau de l'armée, cartes marines, cartes d'état major, photos aériennes, photos satellites, instructions nautiques). Ces données ont été complétées par des observations et des relevés directs sur le terrain, et par le recueil d'avis auprès des autorités locales et de toute personne fréquentant habituellement le site prospecté.

Les principaux paramètres de l'environnement bio-écologique pris en compte ont été les suivants :

- ◆ **L'hydrodynamique**, et principalement la courantologie et les marées

- ◆ **Les facteurs climatiques** : vents dominants et secteurs de tempête.
- ◆ **La bathymétrie**
- ◆ **La qualité des sédiments**, pour l'ancrage des structures d'élevages
- ◆ **La physico-chimie des eaux** : température, salinité, oxygène dissous, pH, turbidité, matière organique, mesurés sur place à l'aide d'une sonde multi-paramètres
- ◆ **les bio-indicateurs** (périphyton, invertébrés peu mobiles) permettant, avec les paramètres physico-chimiques, d'apprécier la zonation de l'écosystème lagunaire. Ces données seront complétées par l'analyse planctonologique des échantillons prélevés sur place :

* pigments(chlorophylle, phéophytine)

* identification, numération (cytométrie de flux.)

2.3. ETUDE DE LA LOGISTIQUE

Le marché japonais du Sashimi, qui est ciblé pour l'élevage de thons de Hao est extrêmement exigeant en ce qui concerne la qualité des produits. La localisation du site de production et son positionnement par rapport aux structures de conditionnement doivent être bien étudiés, pour limiter les manipulations toujours délicates des poissons à la vente.

Parallèlement le site de Hao fera l'objet d'une analyse approfondie sur la logistique :

- ◆ d'approvisionnement des intrants prédominants (aliments, consommables, pièces détachées, carburants....)
- ◆ d'expédition et de mise sur les différents marchés des produits finis

2.4. APPROCHE DE L'ENVIRONNEMENT SOCIAL

Un troisième aspect à examiner soigneusement est l'insertion du projet dans le contexte humain et social : Quelles sont les qualifications de la main d'œuvre locale ? La condition de salarié est-elle recherchée ? Quel accueil sera réservé au projet et à son personnel allogène,

notamment par les pêcheurs ? Les autorités locales sont-elles prêtes à se mobiliser pour faciliter les procédures d'intégration du projet ?

2.5. L'ETUDE D'IMPACT SUR LE MILIEU LAGONAIRE

Un élevage intensif est générateur de déchets métaboliques qui, sans précautions et suivi précis, peuvent porter atteinte à terme à la qualité du milieu environnant. Au-delà d'une dégradation de l'environnement peu perceptible pour les autres usagers du site (pêcheurs, promeneurs...), la sédimentation et la décomposition incomplète et anaérobie des déchets de l'élevage (fèces, résidus d'aliment non consommés...) se retournerait vite contre l'élevage lui-même en provoquant une eutrophisation du lagon, suivie d'une diminution générale de la teneur des eaux en oxygène dissous pouvant induire des mortalités sévères.

Après avoir évalué l'état biologique initial du lagon, la charge en matière organique engendrée par l'élevage sera évaluée afin d'apprécier les conditions de dispersion des matières en suspension issues de l'élevage (résidus d'aliment, fèces...), puis la capacité du milieu à supporter cette surcharge organique.

De cette analyse découlera le positionnement et l'espacement des cages.

3. PREMIERS RESULTATS DE L'EXPERTISE DU LAGON :

3.1. GEOMORPHOLOGIE DE L'ATOLL

L'atoll de Hao appartient à l'archipel des Tuamotu dont la majorité des atolls s'alignent selon un axe sud-est/nord-ouest. Cette direction générale est remarquable lorsque l'on regarde une carte globale de cette région pacifique.

L'atoll de Hao a une forme allongée et son axe médian longitudinal s'oriente sud-est/nord-ouest. Il présente une géomorphologie de type ovale, étroitement liée à la direction des vents dominants et à l'hydrodynamique générale des eaux océaniques qui en dépend. Les vents dominants sont de secteur sud-est, (l'axe médian de la formation lagonaire). Cette direction générale des vents provoque une anémomorphose marquée de la végétation colonisant le cordon lagonaire. En effet, les différentes espèces d'arbres sont très inclinées en direction du nord-ouest.

Les constructions récifales et leur évolution sont en relation étroite avec la courantologie locale.

L'atoll est relativement fermé et ne comprend qu'une seule passe bien identifiée en terme de connexion permanente avec le domaine océanique ouvert. Cette passe étroite, n'excède pas trois cent mètres dans sa plus grande largeur, et se situe au centre de la partie nord-ouest du lagon dans le prolongement exact de l'axe médian de l'atoll.

La passe a une profondeur maximum de 7 mètres et assure les échanges permanents entre le lagon et l'océan, en relation avec le rythme des marées. Cette passe correspond à un seuil autour duquel les profondeurs s'accroissent sensiblement. Si du côté océanique la profondeur atteint rapidement plusieurs centaines de mètres, du côté lagon la bathymétrie n'excède pas 45 mètres, profondeur maximale rencontrée au droit de la passe dans la partie nord du lagon.

Ensuite, la profondeur moyenne décroît progressivement du nord-ouest vers l'extrémité sud-est du lagon.

Cette configuration bathymétrique est en accord avec l'évolution du système lagonaire et le régime hydrodynamique interne.

Afin de préciser cette approche, il faut aborder brièvement le problème des « hoas ».

Il existe en effet toute une série de hoas à la périphérie du lagon, qui pourraient apparaître comme des passes effectives et donc des possibilités de renouvellement en eau océanique. Ces hoas sont, en fait, de légers infléchissements altitudinaux dans le cordon lagonaire qui correspondent soit à une dépression d'origine tectonique, soit à une ancienne passe colmatée.

Ces hoas sont toujours très peu profonds (de l'ordre de quelques décimètres) et ont une action très limitée géographiquement sur le renouvellement en eau océanique du lagon.

Ils ont un rôle surtout lors des marées hautes de grand coefficient, qui remontent significativement le niveau moyen des eaux et, canalisent les eaux de surverse poussées par la houle.

L'impact de ces hoas sur le milieu est totalement négligeable et se limite à leur débouché immédiat dans le système lagonaire.

De plus, il faut souligner que ces hoas sont localisées dans des zones périphériques moins profondes où l'hydrodynamique est instantanément amortie. Même si les eaux entrantes sont de bonne qualité (tous paramètres confondus) ces zones déconfinées sur un secteur très réduit ne peuvent recevoir aucun aménagement aquacole sérieux.

3.2. HYDRODYNAMIQUE

L'hydrodynamique est très active au niveau de la passe et les courants sont même très violents aussi bien en marée montante qu'en marée descendante. Les principaux moteurs de la dynamique des eaux sont, d'une part les vents, et d'autre part les mouvements liés à la marée.

Le rétrécissement morphologique de la passe, tant en largeur qu'en profondeur, induit une accélération des courants de vents et surtout de marée. Toutefois, cette hydrodynamique très active est très rapidement freinée aussi bien du côté océan que du côté lagon en fonction de la direction des courants.

En marée descendante, les courants sont très vite ralentis au sortir de la passe par un affrontement des eaux lagunaires avec la dérive littorale qui fait office de barrière.

Selon les observations de terrain, cette dérive littorale transite vers le sud-est le long de la formation corallienne et ainsi oblige les eaux sortantes à se rabattre sur le littoral. En fait la masse d'eau lagunaire est maintenue sur la bande côtière et a beaucoup de mal à être évacuée par la dérive.

Plus le niveau océanique s'abaisse au cours du jusant, plus les eaux lagunaires sont piégées sur le platier récifal. Il en résulte qu'une faible partie de la masse d'eau lagunaire sortante est évacuée en domaine océanique ouvert.

Cette masse d'eau littorale est, de ce fait, peu renouvelée et une grande partie de ces eaux lagunaires sorties en marée descendante est reprise à la marée montante suivante (renverse du courant).

Du côté lagon, la dynamique des eaux extrêmement active au niveau de la passe s'amortit très vite : les courants entrants sont déviés vers l'est par la présence de structures coralliennes implantées au droit de la passe et par une diffraction sur la rive orientale. En fait, les courants

ne sont jamais complètement perpendiculaires à l'axe transversal du lagon et s'inclinent vers l'est aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur de la structure corallienne.

La ligne hydrodynamique est donc légèrement oblique par rapport à l'axe médian du lagon. Toute la dynamique des eaux a ainsi tendance à être poussée vers l'est. Les eaux entrantes sont alors rabattues vers le cordon littoral et les courants principaux opèrent un vaste arc de cercle qui passe par la communication avec l'océan.

Toutes les observations de terrain, tant au niveau des rives que sur le fond, convergent et montrent que le milieu lagonaire est extrêmement confiné, même dans la partie est du lagon la plus renouvelée. L'influence océanique est pratiquement inexistante.

3.3. BIODIVERSITE

Cette situation hydrodynamique observée au niveau de la passe entraîne un confinement très marqué du proche littoral, qui se traduit par

- ✓ une quasi-absence de coraux vivants,
- ✓ une grande pauvreté de la flore et de la faune associés (faible biodiversité),
- ✓ l'abondance de filtreurs détritivores
- ✓ l'apparition de tapis cyanobactériens bien structurés dans les parties les plus hautes de la zone intertidale (Photo. 1).

Il est extrêmement rare de voir apparaître ces tapis cyanobactériens en milieu océanique ouvert, sauf dans les régions soumises à des apports continentaux (résurgences d'eau douce).

Il faut remarquer que, même dans la passe, les rives (étendues à toute la zone intertidale) offrent une très faible biodiversité et le domaine cyanobactérien est atteint dans les niveaux supérieurs. Les madrépores placés au-delà de la zone intertidale, donc dans des zones toujours immergées, sont recouverts d'algues Chlorophycées de type *Enteromorpha*, (Photo. 2) ce qui donne une couleur verte aux fonds de la passe. La présence d'*Enteromorpha* témoigne de l'eutrophisation du milieu et d'un début de confinement, même au niveau de la communication. Cette observation confirme que les eaux qui transitent par la passe ne sont pas franchement océaniques.



Cette remarque confirme clairement que, malgré la forte dynamique des eaux au sein de la passe, le milieu lagonaire est peu renouvelé et présente un confinement marqué.

Les tapis cyanobactériens de bordure sont en effet beaucoup plus étendus et développés qu'à l'extérieur. Ils recouvrent tous les substrats durs de la zone intertidale, même à la sortie de la passe.

A l'intérieur du lagon, en zone littorale comme en zone profonde (de 30 à 40 mètres), la biodiversité est extrêmement réduite tant en ce qui concerne la flore que la faune.

La macrofaune est constituée essentiellement de mollusques gastropodes brouteurs comme les trocas par exemple (*Trocas niloticus*).

Ce lagon appartient dans sa majorité, au domaine cyanobactérien. Cette situation n'est pas étonnante si l'on considère l'hydrodynamique et le confinement lié à la très faible pénétration dans le lagon des eaux strictement océaniques.

3.4. SEDIMENTOLOGIE

Les observations concernant les sédiments ne font que confirmer le caractère fermé du lagon, malgré l'hydrodynamique active observée au niveau de la passe, qui pourrait laisser croire à un renouvellement élevé du milieu.

Dans la passe, les sédiments sont grossiers, compte tenu des forts courants permanents et se composent essentiellement de débris coralliens.

Lorsque l'on se dirige vers les parties hautes de la zone intertidale, la granulométrie tend à diminuer et l'on passe progressivement aux sables coralliens qui restent toutefois à forte granulométrie.

L'observation fine de ces sables montre la présence de foraminifères qui appartiennent à la famille des *Miliolidae*, facilement reconnaissables par leur forme de disque. Ils sont parmi les plus grands foraminifères connus et peuvent atteindre une taille de quelques millimètres. Ces foraminifères se rencontrent surtout dans les écosystèmes semi-fermés et sont indicateurs d'un certain confinement du milieu.



Au-delà de la passe, à l'intérieur du lagon, la granulométrie des sédiments de bordure diminue très brutalement et l'on passe rapidement aux sables fins, bien évidemment, toujours d'origine corallienne. Ces sables renferment toujours des foraminifères *Miliolidae*, mais en plus grande abondance et de plus petite taille. Cette augmentation de la densité et la réduction de la taille de la microfaune témoignent de l'augmentation très rapide du confinement dans le milieu lagonaire.

Ces observations confirment que, dès la pénétration dans le lagon, le milieu se confine brutalement, que l'hydrodynamique s'amortit très vite à partir de la passe et que le renouvellement en eau océanique "neuve" reste très faible.

Dans le lagon même, au-delà des zones intertidales et jusque dans les zones les plus profondes, les fonds sont nus, quasiment dépourvus de macroflore et de macrofaune. Les sédiments sont formés d'un sable plus ou moins grossier constitué essentiellement par des articles d'*Halimeda*, algue calcaire composée d'éléments approximativement triangulaires rattachés les uns aux autres par un fin pédoncule. Lorsque ces petites touffes d'*Halimeda*, dont la taille est de l'ordre d'une dizaine de centimètres, dégènèrent, les articles calcaires sont séparés par le mouvement des eaux et créent ainsi des sables nommés "sables à *Halimeda*".

La présence généralisée de ces sables à *Halimeda* et la pauvreté biologique des fonds témoignent, une fois encore, du caractère fermé du système lagonaire et du confinement marqué du milieu.

Une preuve supplémentaire est donnée par la présence permanente des foraminifères *Miliolidae* dans les sédiments même aux plus fortes bathymétries.

Lorsque l'on pénètre plus avant dans le lagon en direction de la partie sud, les sables à *Halimeda* sont enrichis en fractions fines d'origine corallienne, ce qui tend à diminuer la granulométrie globale des sédiments.

4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Tous ces éléments descriptifs récoltés en milieu océanique, au niveau de la passe et en milieu lagonaire, tant en région périphérique que dans les zones les plus profondes, montrent que cet atoll présente un milieu eutrophisé et relativement confiné.

Il est clair que l'impression première d'un système bien renouvelé, donnée par la puissance permanente des courants au niveau de la passe est erronée. Tous les indicateurs sédimentaires ou biologiques observés sur le terrain témoignent du faible renouvellement en eau purement océanique.

Certes, la dynamique des eaux est forte mais cette hydrodynamique intéresse pratiquement toujours la même masse d'eau qui évolue pratiquement en circuit fermé. En plus de ce processus de reprise, il faut bien insister sur le fait que l'hydrodynamique s'amortit très vite de part et d'autre de la passe.

L'évolution du lagon devrait donc à terme tendre vers un confinement de plus en plus prononcé et l'emprise du domaine cyanobactérien, aujourd'hui bien développé et étendu dans le milieu lagunaire, devrait être de plus en plus forte.

Cette évolution n'est pas exceptionnelle et concerne tous les milieux semi-fermés qui ont pour vocation à long terme (échelle géologique) de se combler et de se fermer.

Le milieu devient donc progressivement totalement cyanobactérien (et bactérien).

C'est pour cette raison que les principaux gisements pétroliers sont localisés dans les récifs fossiles (pour une meilleure compréhension, il faut préciser que la vocation première des cyanobactéries est de piéger et de conserver la matière organique).

En terme d'aménagement aquacole, compte tenu de l'approche écologique intégrée qui a été menée au cours de la mission, le lagon de Hao ne peut recevoir aucun élevage de type intensif qui par les apports de matière organique supplémentaire, entraînerait une dystrophie irrévocable du milieu.

Même dans le bassin nord, au débouché de la passe, caractérisé par les zones les plus profondes et soumises à une hydrodynamique puissante, le système de reprise des eaux de sortie de lagon à chaque marée montante (circuit semi fermé) risquerait d'accélérer le processus de confinement.

Actuellement, seul l'élevage des huîtres perlières qui sont des suspensivores arrive à se maintenir et l'implantation d'élevages intensifs de poissons mettrait en péril cette activité actuellement économiquement rentable dans l'atoll de Hao.

L'avenir économique de ce lagon se trouve plutôt dans la production d'espèces utilisant le système benthique, particulièrement riche en cyanobactéries, et à ce propos le trocas, (gastropode brouteur) que l'on peut exploiter pour la nacre, est un excellent candidat.

Les analyses complémentaires en cours sur les multiples échantillons d'eau et de sédiment prélevés lors de la mission confirmeront bien sûr les observations accumulées lors de la mission de terrain et apporteront des éléments chiffrés à cette étude qualitative et descriptive. L'ensemble de ces éléments sera repris dans le rapport final.

Compte tenu des conclusions générales au niveau de la capacité biologique du lagon et de l'impossibilité d'y mener de façon pérenne un élevage industriel, la mission s'est tournée vers la possibilité d'une implantation du site d'élevage à l'extérieur du lagon, hypothèse alternative déjà évoquée antérieurement.

5. PERSPECTIVES D'IMPLANTATION EXTRA-LAGONAIRE :

Les vents dominants venant du secteur est/sud-est, la localisation à priori d'une telle implantation se situe vers le coté nord/nord-ouest de l'atoll. De plus la distance de ce site vis à vis de la base à terre est à prendre en compte.

Par conséquent une étude de site complémentaire, à partir d'une embarcation a été réalisée, sur les différents points portés sur la carte en Annexe 2 : Cartes.

Sur cette côte, en mer ouverte, l'ensemble des paramètres biologiques favorables à l'élevage du thon est réuni. La difficulté d'une telle implantation est plus d'ordre technique que biologique. Les données recueillies tant au niveau des courants qu'à celui des houles sont compatibles avec la pérennité d'un tel élevage, aussi bien pour les structures, que pour l'exploitation et le stockage du cheptel.

Sont regroupés en Annexe 3: Météorologie, les données historiques sur les cyclones pouvant atteindre la zone, sur les houles enregistrées dans la zone, et sur les trajets de ces cyclones.

Les photos en Annexe 1 et la carte en Annexe 2 : Cartes précisent la zone d'implantation pressentie ainsi que le positionnement géographique global.

L'analyse des données rassemblées dans ces documents permet de préciser les contraintes suivantes, qui devront être supportées par les structures d'élevage :

- ◆ Les cages doivent pouvoir résister à des houles océaniques de l'ordre de huit mètres. Ce type de structure existe, même si leur prix est sensiblement plus élevé que celui des cages adaptées à des milieux protégés. Certaines sont en exploitation depuis plusieurs années en zone cyclonique, et ont essuyé des cyclones avec des creux de plus de 6m, une marée cyclonique de +2m, sans aucun dommage ni aux structures, ni au cheptel. De plus, dans l'élevage des thonidés, les filets descendent à 20 m de profondeur, ce qui offre aux animaux la possibilité de se mettre "à l'abri". La fréquence des cyclones est faible aux coordonnées de Hao comme le montre la carte des tracés des cyclones et tempêtes tropicales sur zone pacifique sud entre 1903 et 1999. Par contre dans la période comprise entre octobre et avril, les trajectoires des tempêtes tropicales sont globalement orientées vers le sud est, ce qui entraîne une exposition du site. Compte tenu de la faible fréquence de ces situations météorologiques, (cf. Annexe 3: Météorologie), cette orientation ne rajoute pas de contraintes spécifiques.
- ◆ la houle (statistiques depuis 1996) est constituée, à 85% du temps, de creux compris entre 1.5 m et 3-m. Les opérations d'exploitation et les embarcations de service devront être étudiées pour ces conditions. En particulier, les opérations d'abattage des thons devront s'effectuer après le remorquage de petites cages de transfert des poissons vers le lagon. L'abattage, la préparation (éviscération, conditionnement) pourront s'effectuer dans les meilleures conditions et permettront l'obtention d'un produit fini de qualité supérieure, adapté au marché « Sashimi », en frais ou en congelé à -60°c
- ◆ Enfin, les mesures effectuées sur place à l'aide d'un écho sondeur ont confirmé l'existence d'une pente bathymétrique très prononcée, de l'ordre de 40° . Nous n'avons pu mettre en évidence aucun plateau entre les profondeurs -20m et -75m . Cette contrainte technique sera résolue par une étude précise des amarrages des cages d'élevage, au niveau de leur définition et de leur dimensionnement, puis de leur mise en place. La technique utilisée reposera vraisemblablement sur un amarrage individuel par cage, comprenant un axe de fixation au rivage ou à très faible bathymétrie, et un deuxième axe vers le large dans la pente du récif.
- ◆ L'implantation extra lagonaire de cages de grossissement ne posera donc aucun problème quant à l'environnement : la dispersion des matières en suspension issues de l'élevage n'aura aucune conséquence à terme, dans un milieu particulièrement bien renouvelé, à

environnement bathymétrique profond. Les performances de croissance, dans un milieu parfaitement oxygéné et à température plus stable sur un cycle annuel devraient être plus régulières. L'unique inconvénient, par rapport à une installation intra lagonaire, est un surcoût à l'investissement et des conditions d'exploitation en domaine marin « plus agité » qu'il conviendra de préciser et d'estimer durant la phase de faisabilité technico-économique.

6. ENVIRONNEMENT LOGISTIQUE :

L'environnement logistique sur l'atoll de Hao est assez exceptionnel. L'existence des infrastructures mises en place et laissées à disposition par le Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP) offre au projet toutes les facilités nécessaires et même au-delà :

- ◆ l'aéroport de Hao dispose d'une piste et d'installations aptes à recevoir les plus gros porteurs,
- ◆ le port permettra d'accueillir des navires dont le tirant d'eau est inférieur ou égal à 6m, du fait de la profondeur de la passe. Cela permet d'accueillir toutes les embarcations nécessaires à sa logistique et notamment des porte-containers et les « feeder » de l'ordre de 100 mètres de longueur et qui seront susceptibles d'embarquer les containers des produits congelés à -60°C.
- ◆ les entrepôts et bâtiments existants limiteront très sensiblement les investissements de cette opération, et permettront dans des délais très brefs l'importation et la mise en place des structures d'élevage.

7. ELEMENTS DE CONCLUSION PROVISOIRE :

L'expertise en cours de finalisation montre d'ores et déjà que l'élevage des thonidés est impensable dans le lagon. Par contre l'installation de cages à l'extérieur du lagon, est tout à fait compatible avec les contraintes écologiques. Un programme de suivi régulier des paramètres de l'environnement permettra de vérifier cette analyse et d'apprécier, à partir du « point zéro » défini lors de cette mission, la capacité de production aquacole du milieu .

8. ANNEXES

8.1. ANNEXE 1

Photo. 1: Tapis cyanobactériens



Photo. 2: Développement de chlorophycées



Photo. 3: Vue aérienne du lagon

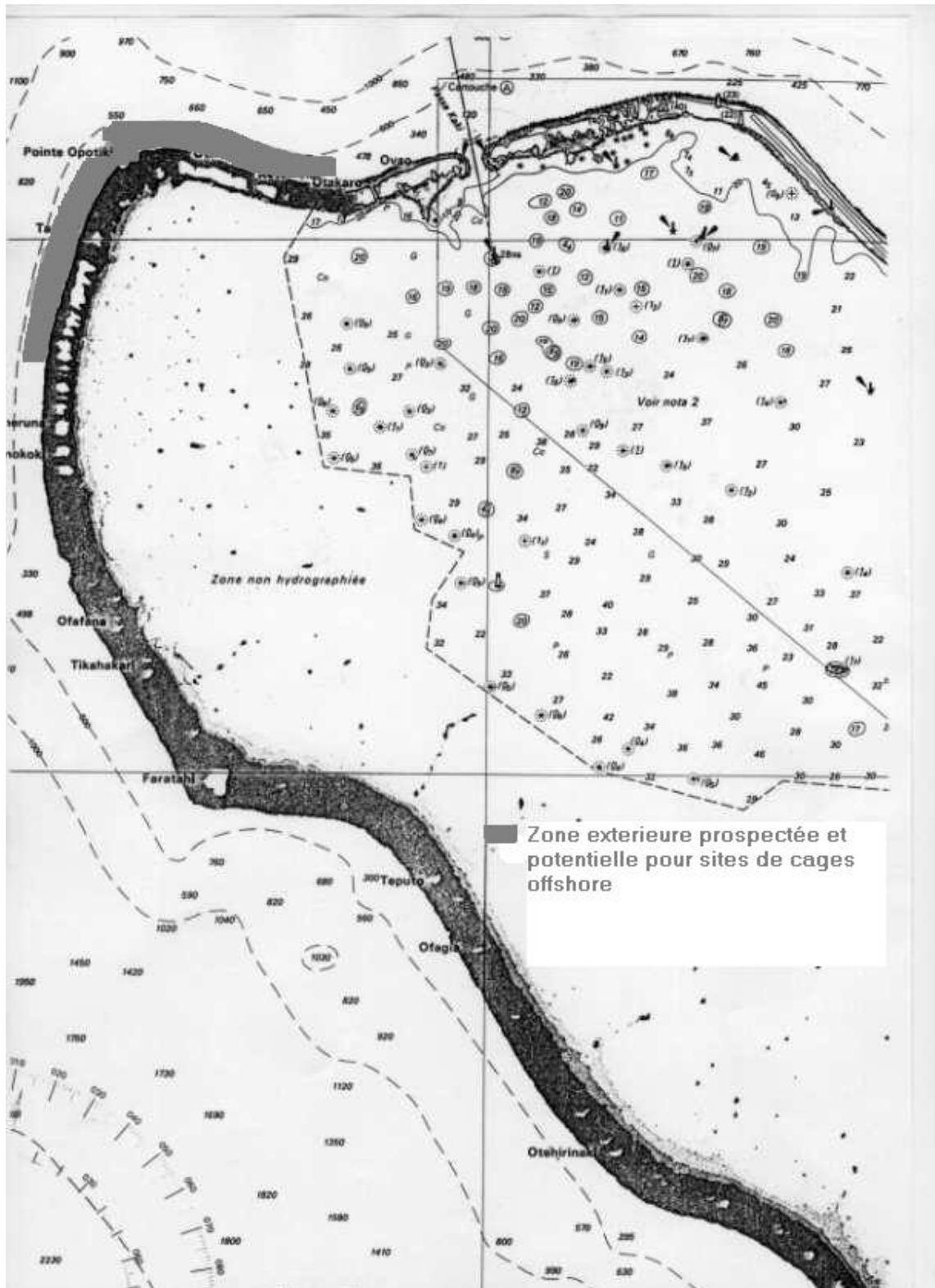


Photo. 4: Emplacement proposé pour l'implantation des cages




8.2. ANNEXE 2 : CARTES

Carte 1: Carte marine



8.3. ANNEXE 3: METEOROLOGIE



RESUME CLIMATOLOGIQUE

STATION : HAO

ILES DE LA SOCIÉTÉ Indicateur : 98720002 Altitude : 2.4 m Latitude : 18°03'0 S Longitude : 149°07'4 W

ELEMENT METEOROLOGIQUE	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
------------------------	------	------	------	-------	-----	------	-------	------	------	-----	-----	-----	-------

PRECIPITATIONS (Millimètres) Période : 1968 à 1997

Moyenne des hauteurs de précipitations	150	186	101	112	100	98	78	59	85	104	179	181	1433
Moy. durées de précipitations (heures) (1968 à 1997)	32	36	26	21	20	28	22	20	22	28	43	42	339
Nombre moy. de jours avec précipitations													
<= 1 mm	14	15	11	11	11	10	9	9	8	10	11	14	135
<= 10 mm	4	5	3	3	3	2	2	2	2	3	5	5	39
<= 50 mm	+0	1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	1	1	4
<= 100 mm	+0	+0	0	+0	0	0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	1
Hauteur maximale de précipitations quot. observée le	109.5 24/68	174.9 26/70	65.0 25/80	149.5 14/85	80.0 10/79	89.1 4/91	154.5 8/92	127.1 10/91	118.4 29/76	129.2 13/82	194.8 26/80	107.2 3/84	194.8 11/80
Hauteur mensuelle minimale de précip. observée en	40 1996	38 1982	21 1970	28 1978	14 1972	6 1986	21 1983	6 1968	13 1984	19 1984	27 1976	31 1985	6 8/68
Hauteur mensuelle maximale de précip. observée en	320 1970	601 1983	307 1981	339 1971	252 1994	277 1973	201 1992	191 1986	314 1969	235 1982	391 1983	515 1984	601 2/83

TEMPÉRATURES SOUS ABRI (Degrés Celsius) Période : 1968 à 1998 (1)•

Moyenne des températures mini. quotid.	24.9	25.1	25.6	25.3	24.6	23.7	23.2	22.9	23.8	23.5	24.1	24.6	24.2
Température minimale absolue observée le	20.3 14/78	18.8 16/70	20.7 1/76	19.3 6/71	19.3 27/88	17.9 25/88	17.9 21/78	18.2 23/86	17.6 16/89	18.0 9/72	20.4 1/71	20.6 9/74	17.6 8/89
Moyenne des températures maxi. quotid.	29.5	29.6	29.9	29.5	28.7	27.6	27.1	26.8	27.2	27.8	28.4	28.0	28.4
Température maximale absolue observée le	31.7 8/83	31.8 24/77	32.1 10/86	32.4 24/89	31.9 5/97	30.3 2/89	29.5 20/95	31.2 7/85	30.4 24/87	31.0 23/88	31.7 10/87	31.7 15/83	32.4 4/89
Moyenne des températures (mini+maxi)/2	27.2	27.3	27.7	27.4	26.6	25.6	25.1	24.9	25.1	25.6	26.2	26.8	26.3
Température moyenne mensuelle minimale observée en	25.8 1976	26.2 1971	26.5 1976	26.9 1971	26.8 1968	23.7 1968	23.6 1974	23.6 1974	24.0 1974	24.6 1975	25.2 1972	25.8 1974	23.6 8/74
Température moyenne mensuelle maximale observée en	28.0 1988	28.4 1977	28.8 1954	28.1 1997	27.5 1987	26.5 1994	25.7 1989	25.6 1990	25.8 1997	26.7 1986	27.2 1997	27.4 1968	28.0 1/54

VENT Période : 1968 à 1998 (8)•

Vitesse maximale instantanée (m/s) observée le direction	42 24/83	35 7/83	27 10/84	27 7/84	22 13/82	27 14/93	26 24/88	27 28/94	27 30/87	26 2/87	26 25/87	25 14/81	42 1/83
Nombre moyen de jours avec vents maxi. <= 14 m/s <= 28 m/s	5 +0	5 0	3 0	4 0	4 0	4 0	5 0	5 0	3 0	3 0	4 0	4 0	?? ??
Vitesse moyenne du vent intégrée sur 10 minutes	6.0	6.2	5.5	5.6	5.9	6.3	6.5	6.9	6.3	6.4	6.1	5.8	6.1

Si une même valeur a été observée à plusieurs reprises, seule la dernière date est indiquée
 +0 : Valeur supérieure à 0 mais inférieure à 0.5
 ?? : Valeur non observée ou manquante
 • : Nombre d'années manquantes ou incomplètes

TRAJECTOIRES DES PRINCIPALES DEPRESSIONS POLYNESEIENNES DEPUIS 1903

