



LA PIROGUE MAHORAISE

RAPPORT D'ENQUETE ORGANISEE AUTOUR DE LA PIROGUE DE MAYOTTE

(...) Un bateau représente, pourrait-on dire, au moment de sa construction, la synthèse d'une culture. (...) Un bateau résume une société.¹

MARCHE #2018-108 « CONCEPTION D'UNE EMBARCATION ECO-CONCUE SUR LE MODELE DE LA PIROGUE MAHORAISE »

PHASE 1 - OCT 2019 – Revision A 09/07/20

YOURI GUEDJ
ROMAIN SCOLARI
CANDICE LIZE

1	CONTEXTE	4
1.1	RAPPEL DE LA COMMANDE	4
1.2	PLANNING OPERATIONEL	4
1.3	OBJET DU DOCUMENT	5
1.4	PRESENTATION DE L'EQUIPE	6
1.4.1	YG MARINE DESIGN (ARCHITECTURE NAVALE)	6
1.4.2	YACHT DESIGN COLLECTIVE (ARCHITECTURE NAVALE)	6
1.4.3	PRESENTATION DE YUSAGE & CO (INNOVATION RESPONSABLE)	7
1.5	LE PARC MARIN ET SA MISSION	8
1.6	LA PIROGUE TRADITIONNELLE MAHORAISE	9
2	ETAT DES LIEUX	11
2.1	L'IMPORTANCE DE LA PIROGUE DANS LA VIE TRADITIONNELLE MAHORAISE	11
2.1.1	LA PIROGUE, AU CŒUR DE LA RELATION DES MAHORAIS AVEC LEUR ENVIRONNEMENT PHYSIQUE, SOCIAL ET CULTUREL	11
2.1.2	LA PIROGUE, UN OBJET EMINEMMENT MULTIFONCTIONNEL	14
2.2	LES CARACTERISTIQUES DE LA PIROGUE MAHORAISE	18
2.2.1	UNE ARCHITECTURE GENERALE AU SERVICE DE L'EFFICACITE ET DE LA SIMPLICITE	18
2.2.2	DIMENSIONS GENERALES	20
2.2.3	LES DIFFERENTS MODES DE PROPULSION	20
2.2.4	FORMES ET TYPOLOGIES DU FLOTTEUR PRINCIPAL	25
2.2.5	INFLUENCES, LOCALISME ET INTERPRETATIONS DE FORMES, VERS UNE ETHNOGRAPHIE MARITIME	28
2.3	LA CONSTRUCTION DES PIROGUES MAHORAISES	30
2.3.1	LES <i>FUNDI</i> PIROGUE, ARTISANS CONSTRUCTEURS LOCAUX	30
2.3.2	PANORAMA DES MATERIAUX ET TYPOLOGIES CONSTRUCTIVES	31
2.3.3	MODELE 1.A - LA PIROGUE BOIS MONOXYLE, LE MODELE TRADITIONNEL MAHORAIS	32
2.3.4	MODELE 1.B - LA PIROGUE BOIS POLYXYLE, UN MODELE IMPORTE ?	34
2.3.5	MODELE 2 - LA PIROGUE COMPOSITE, LA NOUVELLE GENERATION DE PIROGUE	36
2.3.6	MODELE 3 - LA PIROGUE MIXTE « COUSUE-COLLEE », UN MODELE SOUS ESTIME	39
2.4	LES FACTEURS QUI CONDITIONNENT LE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTS MODELES DE PIROGUES A MAYOTTE	41
2.4.1	LES MODALITES DE GESTION DE LA RESSOURCE A MAYOTTE CONDITIONNE LE DEVELOPPEMENT DES SOLUTIONS BOIS	41
2.4.2	LA CONFORMITE DES PIROGUES AVEC LA REGLEMENTATION MARITIME	46
2.4.3	LE FACTEUR « ACCEPTABILITE SOCIALE » : ENTRE MEMOIRE ET MODERNITE	52
2.5	CONCLUSION DE L'ETAT DES LIEUX	53
3	PROPOSITION DE SOLUTIONS ET EVALUATION DE LA PERFORMANCE GLOBALE	54
3.1	RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ETUDE	54
3.2	PROPOSITIONS D'EVOLUTION DES PIROGUES	55
3.3	CRITERES D'EVALUATION DE LA PERFORMANCE GLOBALE DES DIFFERENTES SOLUTIONS PROPOSEES	56
3.3.1	PERFORMANCE TECHNIQUE ET FAISABILITE	56
3.3.2	PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE	58
3.3.3	PERFORMANCE SOCIETALE	61

3.3.4	PERFORMANCE ECONOMIQUE	61
3.3.5	SYNTHESE DES CRITERES DE PERFORMANCE GLOBALE	62
3.4	EVALUATION DE LA PERFORMANCE GLOBALE DES DIFFERENTES SOLUTIONS PROPOSEES	63
3.4.1	EVOLUTION 1: CONSERVATION ET PERENNISATION DU MODELE DE LA PIROGUE EN BOIS DURABLE	63
3.4.2	EVOLUTION 2 : AMELIORATION DU MODELE DE LA PIROGUE COMPOSITE	66
3.4.3	EVOLUTION 3 : POPULARISATION DU MODELE DE LA PIROGUE MIXTE	70
4	CONCLUSIONS GENERALES POUR L'AIDE A LA DECISION	72
5	RECOMMANDATIONS ET SUITES	75
5.1	RECOMMANDATIONS DE L'EQUIPE D'ECO CONCEPTION ET D'ARCHITECTURE NAVALE	75
5.2	SUITES DE CE RAPPORT	75
6	CAHIER DES CHARGES	76
6.1	PHILOSOPHIE GENERALE	76
6.1.1	ENTRE HERITAGE ET MODERNITE	76
6.1.2	SIMPLICITE	76
6.1.3	MODULARITE ET MULTIFONCTIONNALITE	76
6.2	PARTIES PRIS TECHNIQUE	77
6.2.1	CATEGORIE DE CONCEPTION	77
6.2.2	DIMENSIONS GENERALES	77
6.2.3	CAPACITE	77
6.2.4	POIDS	77
6.2.5	BALANCIER	77
6.2.6	GREEMENT	77
6.2.7	SYSTEME DE NAVIGATION	78
7	BIBLIOGRAPHIE	79
8	TABLE DES FIGURES	80
9	LISTE DES ANNEXES	82
	ANNEXE A – PLANCHES GRAPHIQUES	82
	ANNEXE B – MATRICE DE SYNTHESE	82
10	NOTES DE FIN	83

1 CONTEXTE

1.1 RAPPEL DE LA COMMANDE

En janvier 2019, les bureaux d'études YG Marine Design (YGMD) et Yacht Design Collective (YDC) ont été mandatés par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) afin d'accompagner le Parc Naturel Marin de Mayotte (PARC MARIN) dans l'étude du prototype d'une embarcation « éco-conçue » sur le modèle de la pirogue traditionnelle mahoraise.

A travers ce projet d'éco-conception, il s'agit de repenser le modèle traditionnel de la pirogue mahoraise en organisant un projet de conception du prototype d'un petit navire à balancier simple d'utilisation, attractif, fiable et accessible à toute la population mahoraise, en réinvestissant une partie des formes et des systèmes de la pirogue traditionnelle.

Dans le cadre de cette commande, YGMD et YDC (l'équipe) ont effectué un déplacement sur le territoire mahorais du 1er au 14 avril 2019 afin de réaliser une enquête sur les usages actuels de la pirogue.

A travers la rencontre avec les parties prenantes associées à cette pratique vernaculaire (constructeurs, pêcheurs, administrations, associations et établissements scolaires), cette enquête a permis de confirmer et de préciser un ensemble de problématiques rapportées par le PARC MARIN et à l'origine de cette commande.

En observant l'écosystème organisé autour de cette embarcation emblématique de l'île, avec un regard d'architecte naval, en collectant et confrontant des témoignages, il s'agissait d'identifier, au plus juste, les enjeux techniques mais aussi socio-écologiques du projet d'« éco-conception » lancé par le PARC MARIN afin de définir le cahier des charges du prototype à concevoir.

Dans une démarche de développement durable, l'équipe a adopté une approche globale dans l'identification des besoins, des attentes et des contraintes. Retracer les liens de dépendance et parfois de causalité entre les considérations environnementales, sociales, économiques et institutionnelles permet d'organiser le cadre dans lequel la désirabilité, la faisabilité et la viabilité d'une solution technique pourront être évaluées.

1.2 PLANNING OPERATIONNEL

Le Tableau 1 présente les phases du marché.

Tableau 1 – Planning opérationnel du marché

TRANCHE FERME			TRANCHE OPTIONNELLE
PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3	PHASE 4
Consultation des parties prenantes / Etude de faisabilité / Rédaction du cahier des charges	Conception du prototype sur la base cahier des charges et d'une typologie constructive	Consultation pour la construction du prototype	Fabrication du prototype et homologation
Paris, métropole Et 15 jours à Mayotte	Paris, métropole	Paris, métropole Et 5 jours à Mayotte	7 jours à Mayotte

1.3 OBJET DU DOCUMENT

En anticipation de la conception du prototype (phase 2 voir Tableau 1), ce document a pour objet de :

- présenter les résultats de l'enquête technique, sociologique et ethnographique réalisée sur le terrain au cours de ce voyage de 15 jours à Mayotte ;
- proposer de nouvelles options de conception pour la future pirogue mahoraise ;
- apporter des éléments d'aide à la décision quant aux solutions à mettre en œuvre via une grille de critères fondée sur les attentes du PARC MARIN
- définir un cahier des charges préliminaire pour la conception du prototype

Après un rappel des missions du PARC MARIN commanditaire et des problématiques à l'origine de ce marché, le document propose un état des lieux du contexte dans lequel s'inscrit l'étude. Cet état des lieux :

- Met en évidence l'importance de la pirogue dans la société traditionnelle mahoraise
- Présente les caractéristiques générales des pirogues mahoraises
- Propose un inventaire technique des matériaux et typologies constructives existantes (identification de 3 modèles existants : La pirogue bois et ses variantes, la pirogue composite, la pirogue mixte « cousue-collée »)
- Expose les facteurs qui conditionnent l'évolution et le développement des modèles de pirogues (modalités de gestions des ressources locales, contraintes réglementaires, attractivité et évolution des usages)

Le bilan de cet état des lieux est l'occasion de fixer les objectifs du projet de conception. En réponse aux objectifs globaux et notamment aux objectifs de performance durable de la future embarcation, 4 scénarii de production du prototype sont proposés. Ces scénarii correspondent à des évolutions de modèles existants. Dans une perspective de développement durable et d'éco-conception, chacun des scénarii fait l'objet d'une étude à 360° regroupant des critères écologiques, techniques, économiques et sociaux. Après discussion, le rapport conclut sur une note architecturale et le cahier des charges de l'embarcation à concevoir.

Pour une meilleure lisibilité, le rapport est documenté d'annexes auxquelles il est fait référence au cours des pages suivantes :

ANNEXE A – Planches graphiques

ANNEXE B – Matrice de synthèse

1.4 PRESENTATION DE L'EQUIPE

1.4.1 YG Marine Design (architecture navale)

Fondé en 2016, **YG Marine Design (YGMD)** est un bureau d'études indépendant spécialisé dans le design et l'ingénierie de projets flottants destinés aux environnements fluviaux, lacustres et maritimes.

L'expertise de **YGMD** recouvre les champs suivants :

- Le dessin, la modélisation, l'architecture et l'organisation de projets flottants ;
- L'étude et la conception de structures (acier/alu/GRP/bois);
- L'étude des caractéristiques hydrodynamiques de structures flottantes ;
- L'étude et la conception de systèmes d'amarrage et installations portuaires ;
- L'histoire des sciences et des techniques navales.

Fondateur de **YGMD**, **Youri Guedj** est ingénieur et architecte naval, diplômé de l'ENSTA Bretagne et d'un Master 2 en Histoire et Philosophie des Sciences & Techniques (Paris Diderot – ENS). Depuis 2018, Il est membre de la Chambre des Experts Fluviaux (CEF).



Youri Guedj totalise 10 années d'expériences en architecture navale et génie maritime, il participe au développement de nombreux projets, en Australie, au Sénégal et en France et rédige un mémoire de recherche sur les progrès théoriques de l'architecture navale entre le XVIe et le XIXe siècle.

1.4.2 Yacht Design Collective (architecture navale)

Fondé en 2015, le **Yacht Design Collective (YDC)**, résulte de plusieurs années de collaboration étroite entre **Romain Scolari** (à gauche) et **François Pérus** (à droite) et de la volonté de se regrouper sous une dénomination commerciale commune. Cette collaboration est née de la confrontation de leurs années d'expériences dans deux domaines d'expertises complémentaires : l'industrie de la plaisance à voile (avec une spécificité pour la conception de voiliers multicoques de plaisance) et celle du fluvial, les matériaux composites et la construction en acier.



Romain Scolari et **François Pérus** sont tous les deux ingénieurs et architectes navals, diplômés de l'ENSTA Bretagne. Ils ont validés un DPEA en architecture navale à l'Ecole d'Architecture de Paris La Villette. Ils totalisent chacun 10 années d'expériences.

Issues de la même formation, partageant des intérêts et des valeurs communes, les 3 membres de l'équipe d'architectes navales ont développé une méthode de travail et un esprit d'équipe suite à l'expérience de plusieurs projets menés en communs :

- Conception du bar-restaurant flottant « Les Maquereaux » pour la société GREEN RIVER, Paris 2015-2016
- Conception d'un yacht électrique fluvial le YESS, Paris 2017-2018
- Conception d'un trimaran à voile Corsair 760, Corsair Marine, Vietnam 2016

1.4.3 Présentation de Yusage & Co (innovation responsable)

L'étude du contexte socio-environnemental et le système d'évaluation des scénarii proposés ont été soumis à la relecture critique de **Yusage & Co**, agence spécialisée en innovation responsable et sensibilisation au développement durable.



Candice Lizé, sa fondatrice, combine expérience en agence d'architecture et urbanisme fluvial et en cabinet de conseil spécialisés dans le développement durable des entreprises, bâtiments et territoires.

1.5 LE PARC MARIN ET SA MISSION

Créé en 2010, le Parc naturel marin de Mayotte est le premier parc créé en outre-mer. Situé dans le canal du Mozambique, haut lieu de la biodiversité, le parc englobe l'ensemble des eaux sous juridiction française autour de Mayotte.

Depuis les années 1950, cet espace est exposé à des pressions anthropiques fortes dans un contexte d'explosion démographique et de développement socio-économique. Comme en témoigne le graphique Figure 1, la population est passée de 11 000 habitants en 1911 à 256 518 en 2017.

Cette pression démographique s'est particulièrement intensifiée à partir des années 1980, suite aux dramatiques troubles internes au nouvel État comorien (1978) à l'origine d'une forte immigration vers l'île de Mayotte restée Française. Bien qu'il soit aujourd'hui difficile d'estimer la part de l'immigration clandestine dans la population mahoraise, on avance parfois que 30 à 40 % de la population est de nationalité étrangère, essentiellement comorienne.

Ces fortes pressions sont à l'origine de changements dans l'environnement de l'île et de son lagon ainsi que dans les pratiques traditionnelles mahoraises.

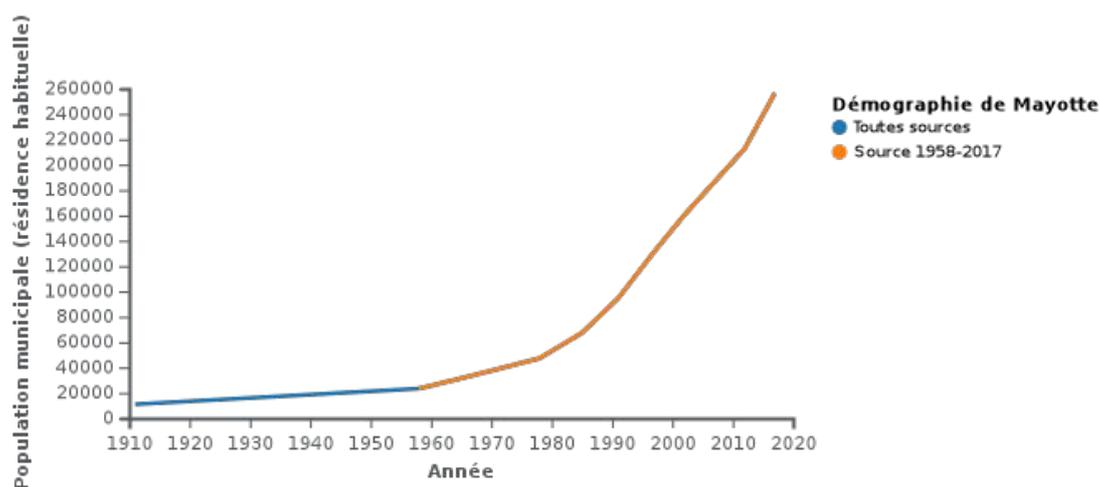


Figure 1 – Démographie de Mayotte de 1910 à 2017

Le PARC MARIN a pour objectif de concilier la préservation du patrimoine naturel marin et le développement durable des activités liées à la mer pour faire face à ces différentes pressions.

Depuis sa création, les moyens matériels et humains nécessaires à son fonctionnement sont mis à disposition par l'Agence française pour la biodiversité (AFB). L'équipe du PARC MARIN compte une quarantaine de personnes et se compose d'une direction et de deux services : Ingénierie et Opération.

Sept orientations constituent le cadre dans lequel l'action du PARC MARIN se déploie ¹:

Tableau 2 – Orientations du Parc Naturel Marin de Mayotte

1	Faire de Mayotte un pôle d'excellence en matière de connaissance et de suivi des écosystèmes marins tropicaux et de la mangrove
2	Obtenir une bonne qualité de l'eau dans le lagon
3	Développer une activité de pêche professionnelle hors du lagon, écologiquement exemplaire et pourvoyeuse d'emplois et de produits de la mer pour Mayotte
4	Développer les filières aquacoles respectueuses de l'environnement
5	Faire découvrir le milieu marin et sa biodiversité
6	Pérenniser et valoriser les pratiques vivrières et les savoirs traditionnels dans le cadre d'une gestion précautionneuse du lagon
7	Protéger et mettre en valeur le patrimoine naturel, de la mangrove aux espaces océaniques

1.6 LA PIROGUE TRADITIONNELLE MAHORAISE

La sixième orientation du PARC MARIN concerne spécifiquement la préservation des activités et usages traditionnels liés à la mer. Elle vise à assurer que ces pratiques soient respectueuses des milieux naturels et des ressources, mais également à ce qu'elles puissent être pérennisées et maintenues « vivantes ».

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude autour de la pirogue mahoraise. Elle a pour objectifs de permettre :

- 1. La sauvegarde d'une pratique ancestrale, ancrée dans la culture mahoraise**
- 2. La préservation ou l'utilisation raisonnée de la ressource en bois et du patrimoine naturel**
- 3. La sécurisation et la régularisation des activités nautiques : de pêche vivrière dans le lagon et de manifestations sportives (courses de pirogues)**
- 4. La désirabilité pour la communauté locale**

Avec une coque bois creusée à la main, la pirogue à balancier était jadis très utilisée pour la pêche, le transport, mais aussi pour les loisirs. Cette embarcation, reste présente dans le paysage de l'île mais son usage est aujourd'hui principalement dédié à la pêche vivrière.

En 2017, le service ingénierie du PARC MARIN, relève des menaces significatives, d'ordre social, environnemental et économique sur la pratique actuelle de la construction des pirogues, ainsi que les activités qui lui sont associées :

1. Le savoir-faire associé à la construction des pirogues monoxyles (pirogues en bois creusée à la main) est menacé par la modernité, concurrencé par des bateaux en résines jugés plus performants :
 - Le nombre de pirogues traditionnelles est en déclin depuis 10 ans. En 2005, le Parc comptait une flotte de 1000 pirogues, en 2017, 730 pirogues furent recensées par les agents du Parc.
 - Les *fund*² pirogue, maîtres piroguiers, sont moins nombreux car peu de jeunes se tournent vers cette tradition, l'attractivité de cette activité est en baisse.

¹ (Site de l'Agence Française pour la Biodiversité, 2018)

² Maîtres piroguiers, experts constructeurs de pirogue

2. Le bois utilisé pour la construction est coupé illégalement dans un contexte de gestion rigoureusement réglementée des forêts pour la préservation des espaces boisés ;
3. Les embarcations traditionnelles ne sont pas conformes aux normes européennes et ne permettent plus une navigation au-delà de 300m des côtes ;
4. La navigation en pirogue à voile a quasiment disparu de l'île.

Le PARC MARIN, soucieux de préserver à la fois la tradition et l'environnement du lagon, recherche une alternative **durable** à la construction monoxyle peu économe en bois.

En outre, il s'agit de moderniser un type d'embarcation vernaculaire afin de répondre et d'anticiper les exigences règlementaires en termes de sécurité et de développement durable. Mais, à la fois, de pérenniser et redynamiser un savoir-faire technique traditionnel aujourd'hui en déclin ainsi que des pratiques vivrières et récréatives au cœur de l'identité mahoraise.

Dans le cadre d'une enquête de terrain, menée courant Avril 2019, à Mayotte, YG Marine Design et le YDC ont rencontré les acteurs et parties prenantes (voir Tableau 3) associés à cette pratique vernaculaire : constructeurs de pirogues, pêcheurs, administrations, associations et établissements scolaires.

Ce voyage et les rencontres qu'il a engendré, ainsi que des recherches documentaires ont permis de dresser un état de lieux de l'écosystème dans lequel s'organise la construction des pirogues.

Tableau 3 – Liste des parties prenantes rencontrées au cours de l'enquête

NOM	FONCTION	LIEU
CONSTRUCTEURS ET USAGERS		
SAIDOU Madi	<i>Fundi</i> pirogue/pêcheur	Moinatrindri
BACAR Hairami	<i>Fundi</i> pirogue	Moinatrindri
MAOLIDA Madi	<i>Fundi</i> pirogue/menuisier	Coconi
Moussa	<i>Fundi</i> pirogue	Sada
BOINAIDI MCOLO Kolo	Président de l'association Canoë-kayak touristique et sportif de M'Bouini	Mbouini
RESPONSABLES LOCAUX		
HUGOT Clément	Responsable de l'antenne du Centre de Sécurité des Navires de La Réunion - Adjoint de l'Unité Territoriale de Mayotte	Dzaoudzi
PHILLIPPS Cannelle	Cheffe du Service des Ressources Forestières (SRF) Direction des Ressources Terrestres et Maritimes (DRTM) Conseil Départemental de Mayotte	Coconi
ANDI Ali	Service des Ressources Forestières (SRF) Direction des Ressources Terrestres et Maritimes (DRTM) Conseil Départemental de Mayotte	Coconi
ROMOULI Z. Daourina	Fédération intercommunale pour le développement du tourisme et de l'artisanat du sud de Mayotte	Bouéni
ETABLISSEMENT CULTURELS ET SCOLAIRES		
TOURNADRE Michaël	Archéologue, Chef de bureau des acquisitions et de la recherche Musée de Mayotte (MuMa)	Dzaoudzi
BOULE Maxence	Professeur de biologie au Lycée de Mtsamboro	Mtsamboro
AGENTS DU PARC MARIN		
ANDAZA Karani	Responsable projet Service ingénierie du Parc marin	-
Mohamed	Service ingénierie du Parc marin	Iloni

2 ETAT DES LIEUX

Envisager le progrès demain exige au préalable d'établir un inventaire de ce qu'il a été par le passé.ⁱⁱ

2.1 L'IMPORTANCE DE LA PIROGUE DANS LA VIE TRADITIONNELLE MAHORAISE

2.1.1 La pirogue, au cœur de la relation des mahorais avec leur environnement physique, social et culturel

Pour comprendre le statut, la fonction et la représentation de l'objet pirogue (certains parlent « d'outil pirogue ») par la population locale, il est nécessaire de revenir sur une description géographique et culturelle du territoire afin d'en comprendre les valeurs et les croyances qui lui sont associées.

L'archipel des Comores rassemble quatre îles volcaniques, situées dans la partie septentrionale du canal du Mozambique, à peu près à mi-chemin, entre la côte nord-ouest de Madagascar et la côte africaine (Figure 2). De formation volcanique, chaque île possède un récif frangeant, appelé platier, mais seule l'île de Mayotte, la plus ancienne de l'archipel, est abritée par 160km de barrière récifale qui ferme son lagon à la houle du grand large (Figure 3).

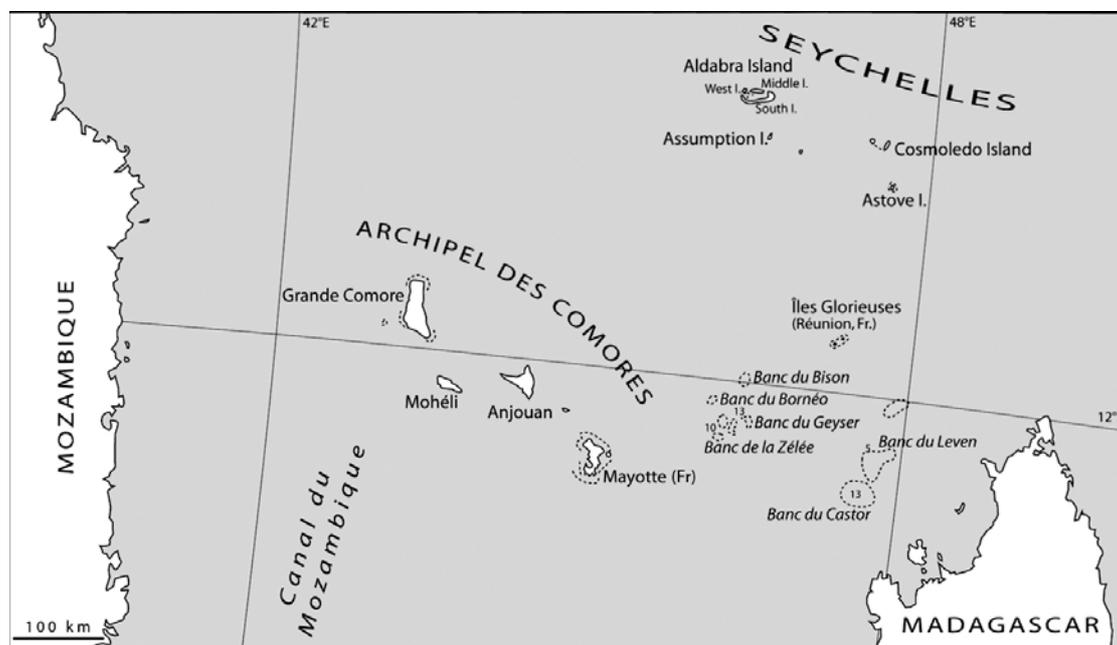


Figure 2 – L'archipel des Comores

Le relief montagneux (mais de faible altitude) détermine une agriculture sur pente et un habitat en grande partie côtier, établi à l'embouchure de petites rivières (Blanchy-Daurel, 1990).

La plage en bas et les champs vers le haut constituent des extensions du village, des espaces marqués « tampons » entre le village et les espaces sauvages que sont la mer, la brousse et la forêt, qui sont des espaces non maîtrisés dans le cadre de vie traditionnel (Blanchy-Daurel, 1990).



Figure 3 – L'île de Mayotte et son lagon

Les différentes études du territoire révèlent un rapport ambigu des mahorais avec la mer qui les entoure.

Bien que le peuplement originel de Mayotte se soit fait par voie maritime et que la culture mahoraise se soit constituée au gré des apports extérieurs³ (Figure 4), il est rapporté que la mer renvoie à une angoisse diffuse dans la culture traditionnelle. Selon une croyance préislamique, la mer est en effet peuplée de *djinns*⁴. On constate ainsi que peu de mahorais savent nager, y compris parmi ceux dont le métier est la mer. De même, il est étonnant de constater que de nombreuses cases qui bordent les plages tournent le dos à la mer. (Bensoussan, 2009). Entre facilitateur et menace, la mer joue un rôle contrasté dans les représentations locales.

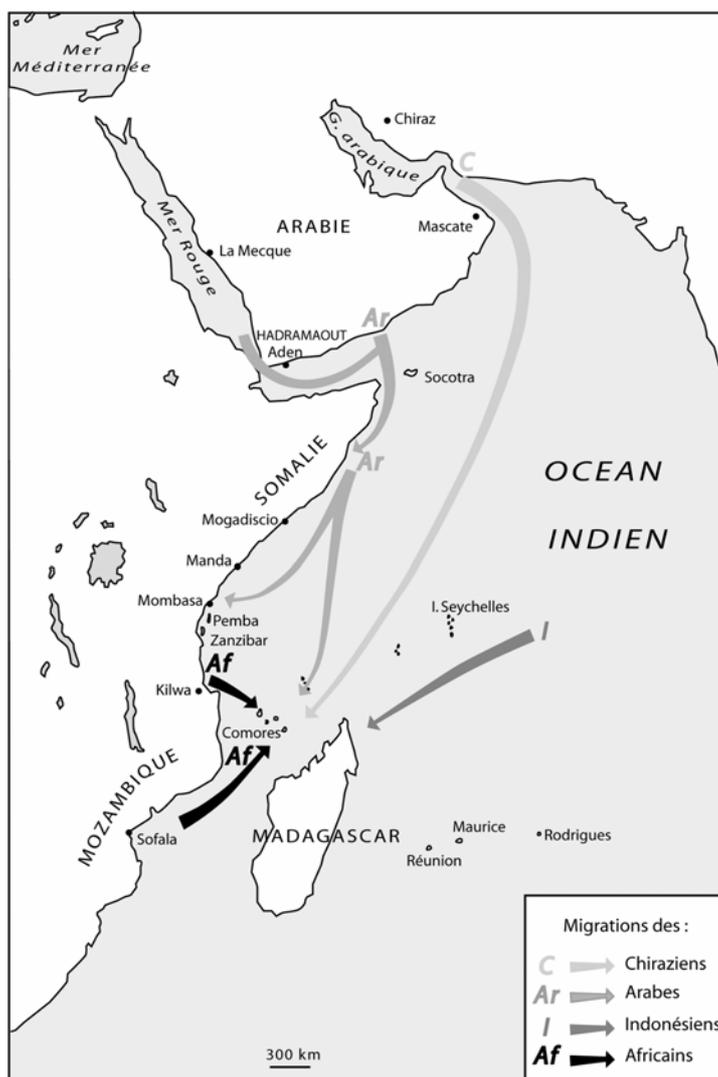


Figure 4 – Lieux d'origine des migrations arrivant aux Comores

³ Peuplement d'origine bantoue, culture swahilie, religion musulmane venue avec les chiraziens, croyances malgaches

⁴ Les djinns sont des créatures surnaturelles, issues de croyances de tradition sémitique. Ils sont en général invisibles, et peuvent prendre différentes formes (végétale, animale, ou anthropomorphe).

Cependant, le lagon de 1 100 km² qui entoure l'île représente une ressource vivrière essentielle pour les mahorais. Pour se nourrir et autrefois assurer la liaison entre villages, la *laka*⁵, la pirogue à balancier, s'est révélée être un outil idéal pour affronter cet espace abrité mais sauvage et étendre le territoire de l'île jusqu'aux frontières de la barrière de corail.

La circulation entre le village et l'extérieur s'oriente vers le haut et vers le bas. Vers le haut, la colline, la campagne et les champs, pour les activités de culture. Vers le bas, on se tourne vers la mer pour les activités de pêche, en pirogue ou à pied, et autrefois pour faire circuler informations, personnes et marchandises (Blanchy-Daurel, 1990).

Comme pour beaucoup de sociétés établies autour de l'Océan Indien, l'usage de la pirogue à Mayotte, pour la pêche, le transport mais aussi le loisir est caractéristique de la vie traditionnelle. Flottant sur l'eau du lagon, échouée sur une plage ou cachée dans la mangrove, la pirogue marque le paysage mahorais.

2.1.2 La pirogue, un objet éminemment multifonctionnel

La pirogue est marquée par une multiplicité d'usages d'importances diverses. Cette multifonctionnalité au cœur du territoire insulaire en fait un objet durable par essence.

2.1.2.1 La pêche à la pirogue, l'usage le plus répandu

Le paysage de la pêche mahoraise est marqué par l'usage de la pirogue : c'est à la fois la pratique la plus ancienne, la plus visible aussi, car les pêcheurs utilisant cet outil restent en général dans le lagon à proximité des côtes (Busson, 2011).

La technique de pêche la plus utilisée sur ces pirogues est la palangrotte : une ligne en nylon gréée d'un hameçon droit est immergée, lestée d'un caillou fixé par un nœud largable et appâté par des petits poissons (maquereaux, calamars). Cette pêche a la particularité d'être pratiquée de jour comme de nuit. Les pêcheurs utilisent parfois une lampe à pétrole qui attire les poissons.

Cette pêche, essentiellement vivrière⁶, procure un complément d'alimentation aux agriculteurs. C'est une activité masculine exclusivement ce qui reflète l'organisation traditionnelle de la répartition des tâches et des espaces entre les hommes et les femmes.

Les pirogues sont rarement motorisées et c'est à l'aide de pagaies que les pêcheurs se déplacent vers les récifs frangeants et internes du lagon. Lorsque les conditions météorologiques sont favorables, les pêcheurs s'aventurent sur la barrière externe du lagon mais les pirogues souvent de petites tailles ne permettent pas de s'éloigner du lagon (Guezal, et al., 2019).

⁵ Du malgache *lakana*

⁶ Par pêche vivrière, on entend l'activité halieutique dont plus de la moitié de la production est destinée à la consommation du pêcheur et de sa famille.

2.1.2.2 *Le transport par pirogue, un usage tombé en désuétude*

Il y a encore peu de temps, avant que le réseau de routes ne soit établi, la mer était la seule voie de communication sur l'île.

Avant 1975, beaucoup de liaisons se faisaient par pirogues, mais le développement du réseau routier, a permis de faire converger la plupart des côtes de l'île vers les centres administratifs et commerciaux de Mamoudzou-Dzaoudzi. Des routes et des pistes relient actuellement presque tous les villages de l'île, si bien que les grandes pirogues dédiées au transport de personnes et de marchandises ont disparu au profit des taxi-brousse et des voitures individuelles.



Figure 5 – Pirogues à voiles sur la plage de Sohoa dans les années 70

Dans un petit ouvrage, hommage à la pirogue, publié par la FIDTASM (Fédération intercommunale pour le développement du tourisme et de l'artisanat du sud de Mayotte), Daourina Romouli et Youssouf Said Youssouf mentionnent, non pas sans nostalgie, les ballets incessants des pirogues dans la baie de Bouéni où l'on transportaient les passagers jusqu'à Sada, et les taxi-brousses prenaient le relais jusqu'à Mamoudzou.

2.1.2.3 *La navigation de loisir, une tradition à maintenir*

Comme en témoigne ces vieilles photographies et cartes postales (Figure 5 et Figure 6), les loisirs nautiques faisaient aussi partie de la culture mahoraise.

Romouli et Youssouf racontent que le jour de fête, *suku ya fêti*, c'est à dire le 14 juillet, les pirogues venues des quatre coins de l'île se donnaient rendez-vous à Dzaoudzi pour une course. La course était organisée par catégorie : pirogues à voile et pirogues à rame. Le gagnant jouissait alors d'une grande renommée dans l'île et cela durant toute l'année. Quant aux perdants, certains allaient jusqu'à détruire leur embarcation de dépit.



Figure 6 – Course de pirogues dans le lagon, carte postale de Mayotte, 1928, gallica.bnf.fr

Longtemps tombée en désuétude, cette pratique récréative et sportive de la pirogue a été redynamisée en 2014, sous l'initiative de l'association Mayotte Nature, Environnement et Tradition, en collaboration avec les communes de Bandrélé et de Bouéni, qui organisa pendant 3 années consécutives « les pagaies du bout de l'île », une course de pirogue pour mettre en valeur l'embarcation traditionnelle de l'île et les activités artisanales associées.

En 2015, le Parc naturel marin de Mayotte organise une autre course intitulée « le Défi du fundi ». Cet évènement a lieu au mois de novembre dans la baie de M'bouini, (commune de Kani-Kéli) au Sud de l'île et rassemble plus de 80 équipes qui concourent dans 3 catégories : jeunes, adultes et entreprises (Figure 7).



Figure 7 – Le Défi du fundi, 5 édition 2018

2.1.2.4 Sociabilité, paysage, récréation : les fonctions terrestres quotidiennes de l'objet maritime

L'importance de la *laka* (pirogue) s'étend bien au-delà de sa présence sur le lagon. Tirée sur le sable, elle marque la plage comme un lieu de rangement et d'activité collective, incorporant cet espace au village (Figure 8). Le petit matériel et les pagaies sont gardés à la maison (Blanchy-Daurel, 1990).



Figure 8 – Pirogues sur la plage de Sohoa dans les années 70

A l'ombre des cocotiers ou des baobabs, les plages restent animées toute la journée. Les pirogues marquent un espace de rencontre, de contemplation et de jeux pour les jeunes hommes revenus des champs, les *bacoco*⁷ et les enfants revenus de l'école coranique (Figure 9).



Figure 9 – Enfants jouant sur une pirogue

⁷ Veil homme en shimaoré

En fin de vie, les pirogues sont utilisées pour confectionner des poulaillers, des abreuvoirs ou encore pour protéger le corps de morts du poids de la terre (Romouli & Youssouf).

2.2 LES CARACTERISTIQUES DE LA PIROGUE MAHORAISE

Avant de réfléchir aux évolutions possibles de la pirogue mahoraise, il s'agit d'effectuer un retour sur les caractéristiques formelles, architecturales, techniques et fonctionnelles de cet objet traditionnel.

2.2.1 Une architecture générale au service de l'efficacité et de la simplicité

Dans son *Essai sur les Comores*, publié en 1870, le juge impérial, Alfred Gevrey réunit un ensemble de notes ethnographiques rédigées au cours d'un séjour de 2 ans à Mayotte où en plus de l'exercice de sa fonction d'homme de loi, il s'intéresse aux particularités de la vie traditionnelle de l'île.

On trouve dans cet essai une fine description des embarcations présentes sur l'île à cette époque. La description des pirogues mahoraises, succède à celle des boutres arabes et offre un précieux témoignage du paysage maritime mahorais il y a plus de 150 ans.

« Leurs pirogues sont de deux sortes ; les unes sont faites d'un seul tronc de takamaka, creusé au feu et à la gouge en ménageant les encoches des bancs et l'emplanture du mât ; elles sont arrondies et terminées, à chaque extrémité, par une pomme qui sert à amarrer la voile, faite de rabanes ; cette espèce de voile, forte et légère, a l'avantage d'augmenter très peu de poids lorsqu'elle est mouillée ; les cordages sont en brou de cocotier. Ces pirogues pontées à l'avant et à l'arrière, ont de six à dix bancs, et, suivant leurs dimensions, peuvent contenir de deux à vingt personnes. Avant de les mettre à l'eau, on les imprègne d'huile de requin. Toutes ont un balancier sur lequel passe une partie de l'équipage lorsqu'on marche à la voile et que le vent fraîchit ; sans cette précaution, la pirogue chavirerait ; lorsque le balancier est sous le vent, deux hommes passent sur les perches de soutien du balancier, qui dépassent la pirogue d'environ 1,50 m.

L'autre espèce, appelé lakampiar, est faite de plusieurs morceaux ; elle est très étroite, taillée en lame de couteau, et ne pourrait tenir sur l'eau sans balancier ; on lui en donne ordinairement deux ; l'avant très effilé et légèrement relevé se termine par un tranchant vertical surmonté d'une volute ; souvent on y peint deux grands yeux qui lui donnent l'air d'un poisson ; elle marche également à la voile et à la pagaie, mais elle n'est pas capable de tenir contre une grosse mer, comme l'autre peut le faire.

*Avec les pirogues d'une seule pièce, les noirs passent fréquemment d'une Comore à une autre, quelquefois même des pêcheurs sont arrivés de Madagascar à Mayotte dans de semblables pirogues, faisant en pleine mer et par de gros temps, un trajet d'une centaine de lieues. » Alfred Gevrey, *Essai sur les Comores*, 1870, A. Saligny, Pondichéry, pages 104-105.*

Bien que selon le témoignage du juge Gevrey, des pirogues à double balanciers côtoyaient celles à simple balancier, seule cette dernière « espèce » est aujourd'hui présente sur l'île. Même les boutres ont aujourd'hui intégralement disparu du lagon.

La pirogue traditionnelle mahoraise « actuelle » est donc caractérisée par une architecture asymétrique : le flotteur principale qui reçoit la cargaison et l'équipage est couplé à un

unique balancier (*gandro* en shimaore) confectionné dans une pièce de bois. Le balancier procure à l'embarcation son équilibre et sa stabilité dans l'eau. De faible tirant d'eau et rapides, ces embarcations sont d'une redoutable efficacité pour la navigation côtière dans le lagon.

Le balancier est relié au flotteur principal par deux bras de liaison ligaturés sur des barrots de bois ronds traversant le pavois. Coté balancier, les bras sont assemblés par tenon-mortaise et ligaturés sur deux pitons fichés dans le balancier.

Traditionnellement, les ligatures sont réalisées au moyen de tressages de fibres naturelles (sisal ou coco). Aujourd'hui ces fibres naturelles sont remplacées par des fibres de synthèses plus modernes (nylon, polyester).

On notera que sur l'ensemble des pirogues observées au cours de notre enquête de terrain, le balancier se trouve à tribord. Cette particularité architecturale semble caractéristique des pirogues de l'océan Indien sans que l'on en connaisse la cause exacte. Symétriquement, dans le Pacifique, le balancier se trouve toujours à bâbord de l'embarcation (Georges Boulinier, 1976).

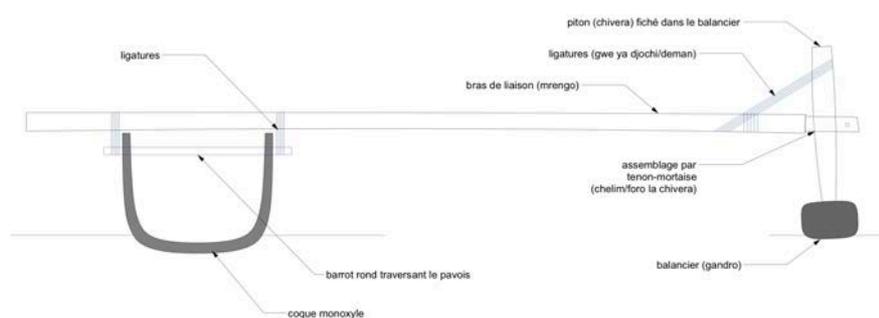


Figure 10 – Coupe retranscrit de l'architecture classique d'une pirogue mahoraise

Si aujourd'hui des matériaux ou bien des techniques de construction alternatifs la concurrencent, la pirogue traditionnelle mahoraise est à l'origine de confection **monoxyle**.

La construction monoxyle relève d'une technique de construction dite « primitive » que l'on retrouve sur tous les continents du globe. Les premières traces matérielles sont datées du Mésolithique (cf. pirogue de Pesse, 8040 av. J.-C. et 7510 av. J.-C. découverte aux Pays-Bas en 1955). Elle consiste à creuser suivant des techniques, variables d'une région à l'autre, un tronc d'arbre. Au-delà d'une apparente simplicité et uniformité, un examen attentif, fait apparaître une certaine sophistication, ainsi qu'une diversité insoupçonnée de formes et de techniques de creusage (creusage mécanique, usage du feu etc.).



Figure 11 – Hairami Bacar et sa pirogue traditionnelle monoxyle, Moinatrindri

2.2.2 Dimensions générales

Les dimensions d'une pirogue ne font pas l'objet de mesures précises. C'est le nombre de personnes composant son équipage qui détermine la longueur d'une embarcation. Les longueurs des pirogues rencontrées au cours de l'enquête vont de 3.5 m à 5m pour une capacité de 1 à 4 personnes. Nous sommes loin des pirogues de 20 personnes mentionnées par Gevrey. La largeur quant à elle semble être déterminée par la longueur de l'embarcation et le moyen de propulsion.

Un pointage des pirogues a été réalisé par le Parc Marin en 2015. Ce document recensait alors plus de 400 pirogues. Il est consultable sur demande au PARC MARIN. Les pirogues y sont répertoriées par leur longueur, leur port d'attache et leur propriétaire. Pour certaines, une puissance moteur est précisée. En revanche, la largeur des embarcations ainsi que les matériaux de construction et la typologie constructive ne sont pas répertoriés dans ce document. Les longueurs répertoriées vont de 2,3 m pour la plus petite sur la Plage d'Acoua à 7,91 m pour la plus grande sur la Plage de Mbouanatsa. La moyenne est à 4,4 m.

2.2.3 Les différents modes de propulsion

Les pirogues se distinguent les unes des autres par le moyen utilisé pour leur propulsion.

2.2.3.1 *Laka ya kassi, la pirogue à rames, est aujourd'hui la plus courante sur le lagon.*

La pagaie est évidemment le moyen de propulsion le plus simple, le plus accessible et le plus économique ce qui explique sa popularité sur l'île. Cependant, pour le néophyte, le maniement de la *laka ya kassi* n'est pas aisé car le balancier crée un moment résistant qui fait naturellement pivoter la pirogue sur elle-même du côté du balancier. Sa pratique requiert donc un bon équilibrage de l'embarcation et une répartition de la force propulsive. En revanche, lorsque la technique est maîtrisée, peu d'effort est nécessaire pour faire évoluer la pirogue sur l'eau à une bonne allure (on peut aisément atteindre une vitesse de 3 à 4 nœuds avec une pirogue de 2 places soit environ 3,5 m de longueur).



Figure 12 – Essais d'une pirogue à la rame dans la baie de Mbouini

2.2.3.2 Laka ya montera, la pirogue à moteur, est la plus rapide.

Des moteurs thermiques de type hors-bord équipent autant des embarcations traditionnelles en bois que des constructions plus modernes en composite. Les avantages de ce système de propulsion (qui reste plus onéreux que la propulsion à la pagaie) sont évidents : les moteurs permettent une plus grande amplitude de navigation à moindre effort et assurent une certaine sécurité lorsque le vent fraichit et qu'il s'agit de regagner un abri. Le moteur thermique représente donc un véritable attrait pour les pêcheurs qui souhaitent s'éloigner des côtes. Les moteurs sont installés sur des tableaux arrière verticaux, découpés dans les formes d'origine de la pirogue ou bien fixés sur des chaises positionnées en arrière de l'étambot.

2.2.3.3 Laka ya tranga, la pirogue à voile est la plus énigmatique.

Avant notre voyage, notre imaginaire et notre curiosité d'architectes navals avait été attisée par la découverte de cartes postales de Mayotte datées de 1928 (Figure 6, Figure 13) représentant de grande pirogues à voiles naviguant dans le lagon. L'une d'elle en particulier, donne à voir une pirogue de 7 à 8 m, navigant vent de travers avec 6 équipiers au rappel. Nous espérons, une fois sur place, faire la rencontre de ce type d'embarcation.



Figure 13 – Pirogue à voile, carte postale de Mayotte, 1928, gallica.bnf.fr

Mais à part la grande pirogue d'Hairami Bacar, de confection composite (Figure 14), nous n'avons observé aucune pirogue à voile sur le lagon au cours de notre séjour. Cela nous invite à penser que cette pirogue à voile est l'une des dernières navigante sur l'île. Il est d'ailleurs étonnant de constater qu'à Madagascar, distante de 200 miles nautiques de Mayotte, la navigation à la voile est une pratique encore très active tandis qu'à Mayotte, ce moyen de propulsion semble avoir complètement disparu. Les causes qui conditionnent cette réalité nous sont aujourd'hui inconnues.



Figure 14 – Hairami Bacar et sa pirogue, dernière pirogue à voile en état d'usage de Mayotte

La pirogue d'Hairami n'était pas navigante lors de notre séjour. Certains espars avaient soufferts du temps ce qui rendait l'embarcation trop fragile pour prendre la mer. Nous n'avons donc pas eu l'occasion de naviguer à la voile. Cependant, nous avons eu le privilège d'assister à un exposé, à terre, des manœuvres de bases.

Pour le virement de bord, on utilise la technique du gambeyage. Il existe deux techniques de gambeyage : l'une implique d'affaler et de démâter afin de faire passer la voile par dessous le pied de mât afin de la hisser à nouveau sous le vent. L'autre technique consiste à faire passer derrière le mât la flèche de la voile latine en larguant le point d'amure.

Sur la base de ces explications, qui d'ailleurs confirment les descriptions du juge Gevrey, la pirogue mahoraise peut être caractérisée de « monodrome », c'est à dire qu'elle navigue avec son balancier soit au vent soit sous le vent suivant l'allure (à la différence des pirogues du pacifiques qui ont leur flotteur toujours au vent et que l'on caractérise d'« amphidromes »).

Bien qu'elle donnent l'impression d'être de forme latine, les voiles de ces pirogues sont bien de type arabe, l'orse-poue (point d'amure) étant frappée en retrait de la pointe de l'antenne.

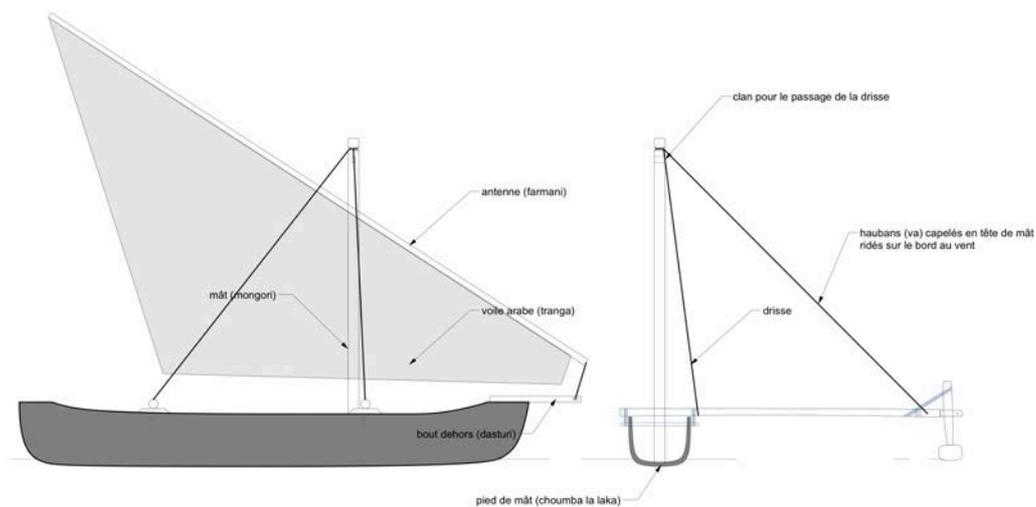


Figure 15 – Pirogue à voile

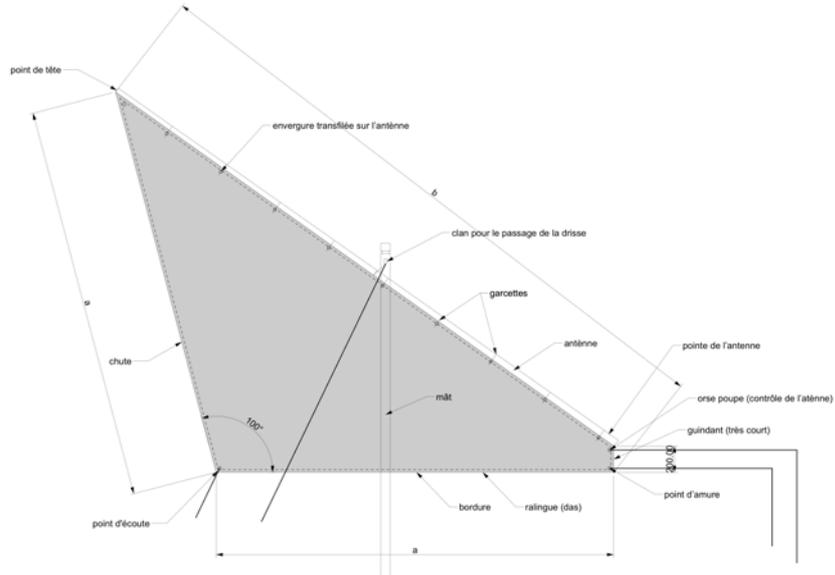


Figure 16 – Voile arabe

2.2.4 Formes et typologies du flotteur principal

En parcourant l'île et en observant les pirogues échouées sur les plages et les mangroves, et en discutant avec des *fundi* et des pêcheurs, on constate qu'il existe une subtile diversité de formes et de typologies du flotteur principal de ces embarcations. Les bras et les balanciers restent pour leur part confectionnés selon un modèle plus ou moins identique d'une pirogue à l'autre.

La confrontation d'observations avec des témoignages de *fundi* permet d'isoler quelques courants d'influence qu'il nous semblerait pertinent de développer dans de futurs travaux.

2.2.4.1 La pirogue type mahoraise (planche n°1)



Figure 17 – Extrait de la planche n°1 – élévation type d'une pirogue mahoraise

Traditionnellement monoxyle mais aujourd'hui en composite pour certaines, de forme assez simple, rectiligne et de petite taille, la pirogue mahoraise est facilement identifiable. Elle présente une quasi-symétrie avant/arrière. La ligne de quille est plate. La prou et la poupe sont frégatées et concaves au niveau de la ligne de flottaison.



Figure 18 – Pirogue monoxyle type mahoraise découverte sur la plage de Moinatrandri

2.2.4.2 La pirogue type Sakalava (planche n°2)

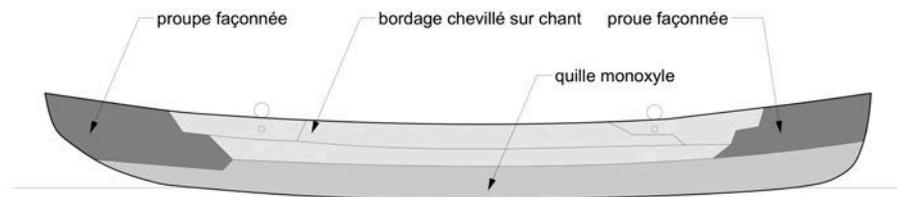


Figure 19 – Extrait planche n°2 – élévation de la pirogue polyxyle type Sakalava

D'autres pirogues à Mayotte se distinguent radicalement des pirogues traditionnelles mahoraises.

Certains flotteurs, par leurs formes, leur typologie structurelle et parfois leurs ornements, s'apparentent aux pirogues sakalava, de la côte Ouest de Madagascar.

C'est le cas d'une pirogue qui nous a été présentée au MuMA, le musée de Mayotte.



Figure 20 – Pirogue polyxyle collectée par le musée de Mayotte



Figure 21 – Pirogue traditionnelle Sakalava à Madagascar

Le flotteur principal est plus effilé que les pirogues mahoraises traditionnelles. Les entrées d'eau sont sensiblement plus fines. La ligne de quille n'est pas plane et souligne une silhouette bananée. Le dessin global de l'embarcation ne présente pas forcément de symétrie avant/arrière.

Ces pirogues se distinguent aussi par leur typologie constructive, qui repose en général sur un assemblage de membrures et de bordages sur une quille monoxyde. La proue et la poupe sont façonnées en une seule pièce. On parle alors de pirogues **polyxyle** car composées de plusieurs pièces de bois.



Figure 22 – Pirogue polyxle découverte sur la plage de Moinatrindri

Dans un article du Chasse-marée, dédié à la découverte des pirogues Sakalava de Madagascar, Philippe Delnott rapporte qu'initialement la quille de ce type de pirogue était de dimension suffisante pour émerger au-dessus de la ligne de flottaison, mais la raréfaction des arbres de gros diamètre oblige aujourd'hui les charpentiers à une construction plus complexe. La quille est d'abord évidée en son centre, comme une pirogue monoxyde, son champ supérieur étant rendu parfaitement plan à l'aide d'une hachette maniée comme un rabot afin d'épouser parfaitement les éléments de proue et de poupe, ainsi que les premiers bordages. Cette pièce d'un seul tenant assure un minimum de rigidité à la structure de la pirogue et absorbe efficacement les chocs et les frottements qu'elle subit lors des échouages quotidiens et des manutentions à terre (Delnott). Nous reviendrons sur cette typologie plus loin dans le rapport.

2.2.5 Influences, localisme et interprétations de formes, vers une ethnographie maritime

Pour ceux qui aiment à réfuter l'apparente unité des formes et des systèmes de ces embarcations vernaculaires, ces premières observations, malheureusement incomplètes, font sentir que les pirogues de Mayotte recèlent une grande diversité.

Nous n'avons pas eu l'opportunité de répertorier l'ensemble des variations observées et d'aller plus loin dans le travail d'inventaire hors cadre de notre mission. Mais pour approfondir ce sujet, on renverra aux travaux de Robin Stobbs sur les pirogues à balancier de l'océan Indien. Au cours de plusieurs voyages dans les Comores et sur la côte Africaine, Stobbs réalisa une série de maquettes pour le musée maritime à Zanzibar. Cette série illustre la diversité des formes et des systèmes de balancier (outriggers) observés autour du canal du Mozambique (Stobbs). En revanche les travaux de Stobbs ne fournissent aucune interprétation sur ses observations.

L'outil pirogue est caractéristique des sociétés traditionnelles de l'océan Indien. La diversité des formes, des systèmes et des techniques de fabrication des embarcations que l'on rencontre autour de cet océan témoigne d'un développement étendu et ramifié, fondé sur le perfectionnement des traditions techniques locales mais aussi d'échanges. L'interprétation des formes et des techniques est un vaste sujet de l'ethnographie maritime, à ce jour peu documenté, et pose certaines questions de fond : alors que l'ensemble des pirogues mahoraises est aujourd'hui à balancier unique, pourquoi, à la Grande-Comores (Figure 23), on trouve des pirogues à deux balanciers tandis qu'à Madagascar et sur la côte africaine, certaines pirogues n'ont pas de balancier ? (Romouli & Youssouf). Si l'une de ces embarcations présente une supériorité technique sur l'autre, pourquoi alors, celle-ci n'a pas été adoptée par l'ensemble de l'archipel des Comores?



Figure 23 – Pirogue à double balancier de Grande-Comore, carte postale, 1928, gallica.bnf.fr

Se fondant, en l'occurrence, sur le témoignage de juge Gevrey, certains ethnographes, ont cherché à défendre la thèse de l'antériorité de la pirogue à double balancier, par rapport à celle à simple balancier. Suivant une conception darwiniste de l'histoire des techniques, la disparition des pirogues à double balancier dans certaines régions des Comores démontrerait la supériorité technique des pirogues à simple balancier. Naturellement, ces conjectures font l'objet de controverses entre spécialistes (Georges Boulinier, 1976). Cela, nous invite à penser que la performance technique d'une embarcation ne peut être considérée comme unique facteur conditionnant le développement et l'évolution de l'architecture d'un type d'embarcation. En effet, la sensibilité, l'héritage technique local mais aussi l'intuition esthétique exprimée par chaque *fundi* dans la conception de son embarcation sont autant d'éléments qui conditionnent la variété technique et architecturale des pirogues de Mayotte.

Dans la baie de Mbouini, on remarque des pirogues aux formes singulières. Si la plupart des pirogues traditionnelles présentent des étraves relativement droites, les pirogues de Mbouini se distinguent par des extrémités inclinées qui rappellent celle des boutres arabes.

Cette particularité, pourraient être l'expression d'un héritage local lié à une tradition de construction de boutres, qui avait lieu spécifiquement dans cette baie jusqu'aux années 70.



Figure 24 – Elévation schématique des pirogues de la baie de Mbouini

2.3 LA CONSTRUCTION DES PIROGUES MAHORAISES

Dans le chapitre précédent, nous avons évoqué la pirogue dans son aspect général et formel sans pour autant s'attarder sur les différentes techniques de construction et typologies constructives qui la caractérise. Dans le présent chapitre, consacré à la construction des pirogues, nous chercherons à caractériser cette embarcation par les matériaux qui la constituent ainsi que leur mise en œuvre.

Il existe naturellement un lien étroit entre la forme d'une embarcation, les matériaux mis en œuvre pour sa confection et ses performances (qualités nautiques). Si par souci de clarté, nous avons fait le choix de traiter ces aspects dans deux sections indépendantes, nous tacherons par la suite de faire sentir l'interdépendance fondamentale qui conditionne le domaine de l'architecture navale.

La construction des pirogues à Mayotte est une activité essentiellement artisanale et peu sédentarisée. Si les pirogues marquent le paysage de Mayotte (sur l'eau, sur la plage et dans la mangrove), la construction est en revanche plus discrète ou du moins plus rare. Il n'y a pas de chantier de fabrication de pirogues et la construction repose essentiellement sur les connaissances et les compétences de quelques individus, restant de ce fait peu rationalisée pour une production de série. Les techniques de construction sont peu documentés.

2.3.1 Les *fundi* pirogue, artisans constructeurs locaux

La fabrication est assurée par les *fundi pirogues*. Le *fundi* désigne une personne très importante au sein de la société mahoraise. Il s'agit d'une personne experte dans son domaine. *Fundi* peut se traduire par : « celui qui sait, qui détient le savoir ».

Le *fundi pirogue* est donc celui qui détient le savoir de la construction des pirogues. Ce savoir se transmet oralement, par des *fundi bacoco*. On trouvait par le passé un *fundi* spécialiste de la construction de pirogue dans presque chaque village, et c'est à lui qu'il faut passer commande pour la fabrication d'une pirogue (Romouli & Youssouf).

Aujourd'hui, la construction des pirogues semble s'être réduite à une activité complémentaire. Il n'y a plus de *fundi* qui vit essentiellement des commandes de pirogues. De fait, la construction des pirogues, même si elle est plutôt rapide et bien maîtrisée, s'étend souvent sur plusieurs mois. Le *fundi* est en effet souvent cultivateur, et la culture de denrées alimentaires constitue alors la priorité. La confection des pirogues se fait donc souvent en saison sèche, après la récolte.

Même s'il représente aujourd'hui une « espèce » en voie de disparition, les villages de la côte Est et Sud de Mayotte abritent encore quelques irréductibles passionnés. Au cours de notre enquête, nous avons eu la chance de pouvoir en rencontrer certains. A l'occasion de ces rencontres, nous avons pu recueillir leurs témoignages, leurs explications techniques mais aussi leurs souvenirs de jeunesse. Ces rencontres ont été enregistrés et sont consultables à la demande du PARC MARIN.

Les *fundi* travaillent essentiellement le bois de manière traditionnelle, mais nous allons voir dans la suite du document que les pratiques évoluent, les savoir-faire se transforment mettant en péril certaines traditions. Dans ce contexte, les *fundi* que nous avons rencontrés pourraient être les derniers gardiens des secrets de confection des pirogues monoxyles.

2.3.2 Panorama des matériaux et typologies constructives

Le tableau ci-dessous vise à clarifier et à présenter de façon synthétique les différents modèles de pirogues mahoraises recensées par l'équipe au cours de son étude de terrain. Ces modèles sont définis en fonction de deux éléments interdépendants : les matériaux utilisés pour leur fabrication et leur typologie constructive. Cette étape de clarification a également pour but de poser les bases de l'existant pour proposer dans la suite de ce rapport des propositions de conservation ou d'évolution des différents modèles dans une optique de développement durable.

Tableau 4 – Synthèse des matériaux et typologies constructives recensés à Mayotte

MODELE 1		MODELE 2	MODELE 3
LA PIROGUE BOIS		LA PIROGUE COMPOSITE	LA PIROGUE MIXTE « COUSUE-COLLEE »
BOIS MASSIF		STATIFICATION VERRE-POLYESTER	BOIS CONTREPLAQUE + STATIFICATION VERRE-EPOXY
A - CONSTRUCTION MONOXYLE	B - CONSTRUCTION POLYXYLE		
			
Construction monoxyle traditionnelle réalisée à partir de bois collecté dans la forêt mahoraise.	Assemblage par chevillage de virures bois sur quille monoxyle collectées dans la forêt mahoraise.	Moulage "au contact" de fibres de verre dans une matrice polyester importées. Mise en œuvre sur pirogue monoxyle existante ou sur mannequin CP.	Assemblage « cousu » de panneaux bois contreplaqué importés. Collage stratifié de fibres de verre dans une matrice époxy importées.

Pour chaque modèle seront détaillées dans la partie à venir :

- La description du processus constructif : mise en œuvre des matériaux de construction
- Les qualités pour la navigation, réduite au nombre de 6 : le poids (qui conditionne en partie la vitesse), la stabilité, la manoeuvrabilité, la tenue à la mer, la solidité, l'étanchéité.
- Les ressources nécessaires et leur provenance
- La désirabilité et l'acceptabilité du modèle évaluée en terme de performance technique, de représentation esthétique, de valeur patrimoniale

2.3.3 Modèle 1.A - La pirogue bois monoxyle, le modèle traditionnel mahorais

2.3.3.1 Description du processus constructif

La pirogue monoxyle est le type de construction traditionnel et ancestral des pirogues mahoraises tel que présenté précédemment.

A Mayotte, les essences de bois les plus couramment utilisées sont le badamier, le takamaka, le jaquier, le palissandre ou le manguier. Une fois le tronc abattu, on procède à l'équarrissage et on entame le creusage à la hache, au coupe-coupe (*chambo*) et à l'herminette avant de transporter le tronc vers la plage pour les finitions.



Figure 25 – Equarrissage et creusage sur lieux de coupe de l'arbre

Lorsque les finitions sont achevées, le *fundi* s'occupe d'assembler le balancier qui peut être confectionné dans le même bois que la pirogue. Mais le bois de ylang-ylang plus léger est particulièrement prisé en alternative.

2.3.3.2 Performances / qualités pour la navigation

Comme évoqué plus haut, bien que d'un point de vue formel, la manoeuvrabilité de la pirogue soit compromise par une configuration asymétrique, le **balancier** offre à l'embarcation une stabilité redoutable en navigation. De manière général, les performances techniques de la pirogue à balancier sont spécifiquement déterminées par la maîtrise du poids de l'embarcation et donc la nature et l'échantillonnage des matériaux mis en œuvre au cours de sa confection.

Si dans la pratique, certaines essences de bois (en l'occurrence le takamaka pour le flotteur principal et le ylang-ylang pour le balancier) sont privilégiées pour leur faible densité et que l'échantillonnage (épaisseur de la coque) est très souvent optimisé par le geste précis du *fundi*, la pirogue monoxyle reste globalement une embarcation lourde et donc peu compétitive en terme de vitesse et de manoeuvrabilité devant d'autres techniques de construction.

En revanche, le caractère monolithique du bois d'œuvre (aucun assemblage) offre une grande résistance structurelle au flotteur principal et permet de gérer naturellement l'étanchéité .

2.3.3.3 Ressources nécessaires

L'arbre coupé dans le processus de construction tient une place très importante et décisive. C'est traditionnellement le futur propriétaire qui sélectionne le tronc dans lequel sa pirogue devra être fabriquée. Dans le passé, soit l'arbre poussait sur un terrain privé, et il fallait alors négocier avec le propriétaire du terrain, soit l'arbre poussait dans un domaine de l'Etat, auquel cas il fallait avoir un permis délivré par les Service des Eaux et Forêts pour ne pas être inquiété par l'administration (Romouli & Youssouf).

Ces autorisations se font aujourd'hui de plus en plus rares, voire inexistantes, ce qui rend la construction de pirogues monoxyle de plus en plus anecdotique. C'est une des raisons pour lesquelles cette tradition ancestrale et traditionnelle de Mayotte se perd petit à petit et le nombre de ces pirogues monoxyle est en déclin.



Figure 26 – Pirogue monoxyle prête à être assemblés (à gauche)
Hairami et sa pirogue traditionnelle monoxyle (à droite), Moinatrindri

2.3.3.4 La désirabilité et acceptabilité du modèle

La pirogue monoxyle reste la pirogue traditionnelle mahoraise par essence. Elle constitue en ce sens un symbole porteur d'une certaine conception esthétique, du rapport à la terre et à ses ressources et participe du travail de mémoire. Elle est par ailleurs fortement corrélée à la conservation d'un savoir unique qui fonde l'identité des *fundi pirogues*.

Mais ce modèle est aujourd'hui concurrencé par des matériaux et des techniques de construction perçus par tous comme plus modernes – notamment compte tenu de la provenance externe à l'île du matériau de fabrication - et qui offrent surtout aux usagers de meilleurs performances en navigation.

2.3.4 Modèle 1.B - La pirogue bois polyxyle, un modèle importé ?

2.3.4.1 Description du processus constructif

D'autres techniques de construction sont présentes à Mayotte, notamment l'assemblage sur membrures que nous avons évoqué plus haut. Cette technique plus complexe semble privilégiée lorsque les dimensions d'une grume de bois ne sont pas suffisantes pour y creuser l'intégralité de la pirogue.

On procède à l'assemblage de plusieurs pièces de bois. Le fond de la pirogue (la quille) est généralement construit sur le même modèle que la pirogue monoxyle. Les parties latérales de la pirogue (appelés bordés) sont constituées d'assemblage de planches chevillées sur champs droits. Cette technique nécessite la maîtrise des assemblages de planches et de gérer l'étanchéité de la carène. La complexité est déterminée par le nombre de pièces de bois utilisés pour la confection du flotteur (voir Figure 27).

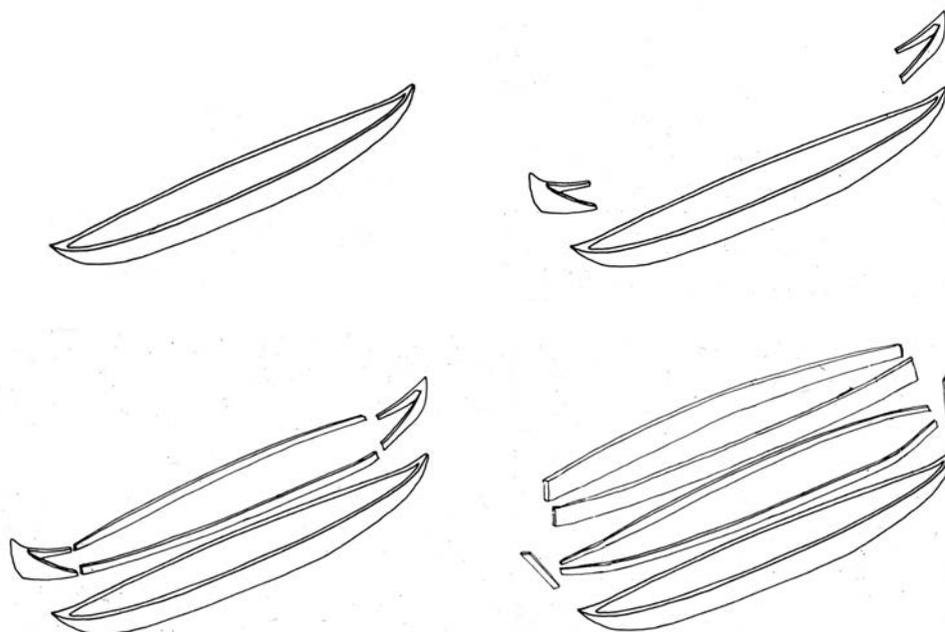


Figure 27 – Évolution du nombre de pièces de bois mises en œuvre pour confectionner le flotteur d'une pirogue

Cette typologie est moins répandue que la construction monoxyle et semble ne pas être originaire de Mayotte, mais plutôt le résultat de l'importation de pirogues d'autres îles de l'archipel des Comores ou de Madagascar. Elle est souvent associée aux pirogues Sakalava, présentées plus haut dans ce document.



Figure 28 – Pirogue type Sakalava conservée au Muma, musée de Mayotte.

2.3.4.2 Performances / qualités pour la navigation

D'un point de vue structurel, la mise en œuvre de virures de faibles épaisseurs sur des membrures peut potentiellement offrir un gain de poids par rapport aux pirogues de conception monoxyle.

En revanche, les assemblages représentent des points de faiblesse structurelle et nécessitent la maîtrise d'un système d'étanchéité (calfatage en fibres végétales et matières graisseuses).

Aussi, la surélévation des pavois (parties latérales de la coque au dessus la ligne de flottaison) permet d'augmenter dans certain cas la sécurité à bord de l'embarcation et améliore la tenue à la mer.

2.3.4.3 Ressources nécessaires

Comme pour le modèle de la pirogue monoxyle, la pirogue polyxyle nécessite de mettre en œuvre du bois provenant des forêts Mahoraises, mais avec la particularité de nécessiter des pièces de bois de moindres proportions.

2.3.4.4 La désirabilité et acceptabilité du modèle

La pirogue polyxyle, est une évolution de la pirogue monoxyle. Elle fait donc appel à des savoirs communs :

- sélection des bois de construction
- méthode de creusage

En revanche sa mise en œuvre est plus complexe, ce qui explique probablement que cette typologie constructive soit moins populaire sur l'île que la pirogue monoxyle.

2.3.5 Modèle 2 - La pirogue composite, la nouvelle génération de pirogue

Depuis certainement une trentaine d'années (date à confirmer), une nouvelle génération de pirogues investissent les plages de Mayotte aux cotés des pirogues en bois.

Ce modèle conserve globalement les formes des pirogues traditionnelles (puisque principalement réalisé sur la base de pirogues monoxyles existantes) mais diffère par les matériaux employés. Il s'agit du modèle de la pirogue composite.

2.3.5.1 Description du processus constructif

Les matériaux composites résultent de composition de plusieurs matériaux aux propriétés complémentaires de sorte que l'assemblage développe des propriétés supérieures aux propriétés de chacun des matériaux constitutifs. On appelle de façon courante « matériaux composites » ou « stratifiés » des arrangements de fibres noyées dans une matrice. La matrice assure la cohésion et l'orientation des fibres. Elle assure la géométrie des pièces, protège les fibres du milieu ambiant, et permet de transmettre vers les fibres les sollicitations auxquelles elles sont soumises. Les fibres, contribuent à améliorer la résistance mécanique et la rigidité de la pièce dans laquelle ils sont incorporés.

En pratique, la construction des pirogues composites consiste à imprégner des tissus de fibre de verre disposés dans un moule avec de la résine polyester. Après compactage puis ébullage manuel, le durcissement du composite est effectué sans pression à température ambiante. Ce sont souvent les pirogues traditionnelles monoxyles qui servent de moule pour la confection de nouvelles pirogues composites.

2.3.5.2 Performances / qualités pour la navigation

L'avantage principal des composites à renforts fibreux est qu'ils permettent de définir des directions privilégiées de renforcement. En fonction des efforts à reprendre, le concepteur est potentiellement libre d'orienter les fibres de renfort comme il le souhaite. L'emploi de matériaux composites permet de produire avec un minimum d'opérations des embarcations de formes complexes suffisamment rigides et très légères.

L'usage des composites permet une grande flexibilité au niveau de la construction : design, conception, mode de production en fonction des volumes de fabrications, etc.

Globalement, on peut dire que les constructions en matériaux composites présentent les avantages suivants : légèreté, obtention de formes complexes, pas de corrosion.

Pour ces raisons, l'usage de ces matériaux est de plus en plus fréquent pour la confection des pirogues à Mayotte et concurrence la construction bois.

C'est un matériau plus pérenne (peu d'entretien) et plus léger que le bois ce qui rend la navigation plus aisée. Les pirogues composites sont aussi très robustes et nécessitent moins d'entretien que les constructions monoxyles. D'autre part, les *fundi* rencontrés nous confirment qu'il est aujourd'hui difficile de se procurer du bois pour la construction artisanale, que ce soit pour réaliser des meubles ou bien des pirogues.

2.3.5.3 Ressources nécessaires

Les pirogues composites de Mayotte sont réalisées à partir de fibre de verre et de résine polyester. Ces matériaux, sont issus de l'industrie pétro-chimique. La résine polyester et la fibres de verre sont des matériaux intégralement importés sur l'île. Nous n'avons aucune information sur la provenance et la gestion de ces ressources.

**LA RÉSINES
POLYESTER** Les matrices polyester sont les plus utilisées en construction navale. Lors de la mise en œuvre, on y ajoute un système catalytique qui permet la réticulation de la résine (à température ambiante). Après réticulation, une matrice polyester est solide et infusible.
Les polyesters ont pour avantage, leur facilité de mise en œuvre et la rapidité de la polymérisation (de l'ordre de 24 heures à température ambiante pour le durcissement).

**LA FIBRE DE
VERRE** Les fibres de verre sont les plus utilisées dans la construction de bateaux de plaisance. En construction nautique ces fibres sont utilisées sous forme de mats (fibres courtes amalgamées aléatoirement), de tissus de verre (fibres longues tissées suivant plusieurs directions privilégiées), et de nappes unidirectionnelles ou biaxiales (fibres longues cousues orientées suivant une ou deux directions).
La fibre de verre donne les renforts les plus économiques. Elle possède par ailleurs un excellent comportement en milieu humide, une bonne résistance aux agressions chimiques, sa mise en œuvre est facile et elle est compatible avec la plupart des matrices d'imprégnation. La fibre de verre est pénalisée par une densité supérieure à celle d'autres types de renforcement.

2.3.5.4 La désirabilité et acceptabilité du modèle

Cette technique alternative de construction est le reflet d'un certain attrait pour la « modernité ». Elle permet d'obtenir des embarcations plus légères et donc plus rapides et manoeuvrables que leur cousines en bois. Elle permet aussi de se soustraire aux difficultés d'accès à la ressource en bois, ce qui la rend très attractive, voir presque incontournable, et c'est pourquoi elle est de plus en plus privilégiée.

Les savoirs de construction se détournent ainsi de la construction en bois monoxyle traditionnelle pour s'orienter vers ce nouveau matériau, même si les procédés de mise en œuvre du composite ne sont pas toujours bien maîtrisés et à la hauteur des moyens disponibles.

En termes d'esthétisme, les pirogues produites sont souvent moins élégantes et moins bien finies que les pirogues monoxyles traditionnelles, même si certains arrivent tout de même à faire du joli travail. Le recyclage des pirogues composites pose problème à la fois opérationnel et d'acceptabilité. Une pirogue traditionnelle en bois se décompose dans un talus à proximité d'une plage et se transforme en quelques années en humus. Les constructions composites, ne se décomposent pas et représentent un déchet « à traiter » qui détériore potentiellement le paysage. Le traitement de ces déchets doit donc être réalisé ailleurs, ce qui est source de dépenses énergétiques pour le transport, de dégagement de gaz à effet de serre et de pollution de l'air en général dans le cas où ce matériau serait brûlé.



Figure 29 – Madi Saidou et sa pirogue traditionnelle en résine, Moinatrindri

2.3.6 Modèle 3 - La pirogue mixte « cousue-collée », un modèle sous estimé

2.3.6.1 Description du processus constructif

Il s'agit d'une méthode de construction contemporaine en bois vraisemblablement apparue sous l'influence des métropolitains, tout comme la construction composite. Elle consiste à assembler par « couture » des panneaux prédécoupés de contreplaqués entre eux. Une fois assemblés, les panneaux sont jointés par une stratification de fibre de verre et de résine époxy.

Par principe, cette technique limite la conception des formes de la coque à la mise en œuvre de surfaces développables (i.e. surfaces déroulables en plan). La coque est donc caractérisée par des bouchains vifs (zones intermédiaires entre panneaux contreplaqués).



2.3.6.2 Performances / qualités pour la navigation

Même si en terme de performances techniques, il est difficile de concurrencer les pirogues composites, l'usage des panneaux bois contreplaqués, permet un réel gain de poids par rapport à la mise en œuvre de bois massif.

Avec une stratification convenable des jointures des panneaux contreplaqués, doublé d'une stratification externe de l'ensemble des œuvres vives (partie immergée de la coque), la pirogue devient très résistante à toute sorte de sollicitation (chocs et impacts, pressions de l'eau et chargement) et l'étanchéité des joints congés n'est plus un problème.

2.3.6.3 Ressources nécessaires

C'est une technique mixte qui fait appel au bois (panneau de contreplaqué) mais aussi aux matériaux composites pour le collage et l'étanchéité des virures (panneaux).

Les résines employées pour le collage sont de type époxyde. Les renforts sont en fibre de verre. Les résines époxy, les fibres de verre et les panneaux de contreplaqué sont des matériaux intégralement importés sur l'île. Nous n'avons aucune d'information sur la provenance et la gestion de ces ressources.

LE CONTREPLAQUE	Le contreplaqué est un panneau constitué de minces feuilles de bois obtenues par déroulage. Ce panneau se distingue par une superposition des plis à fils croisés La cohésion des plis est assurée par collage et pressage à chaud.
LA RESINE EPOXY	Les matrices époxy sont les matrices-type des composites hautes performances. Elles sont préférées lorsque le gain de poids est recherché et que le prix n'est pas un facteur déterminant. Suivant le type de résine époxyde, la réticulation se fait à température ambiante, ou à des températures plus élevées (120°C, 180°C, etc.). Les avantages principaux des époxydes sont leur forte adhésion au renfort, et une bonne tenue mécanique. Cependant, leur coût reste élevé (environ 10€/kg), et selon le type, une montée en température est nécessaire.

2.3.6.4 La désirabilité et acceptabilité du modèle

Cette technique de construction est à l'état de prototype et peu représentative de la flotte des pirogues recensées à Mayotte. Elle comporte pourtant certains avantages, notamment le coût de construction faible, et les techniques d'assemblage simples et pourrait être une technique intéressante dans le cadre du projet du PARC MARIN et rencontrer du succès auprès des Mahorais en cas de popularisation.

Bien que nous n'ayons pas rencontré ce type d'embarcation sur les plages de Mayotte, des essais de construction de pirogues selon la technique du cousu-collé en contreplaqué ont été réalisés. Le collège de Mtsamboro, sur la côte Nord-Est de l'île encadre un projet de construction avec ce type de technologie.

A noter que leur durée de vie est directement mise en cause par les anciens, qui considèrent que les pirogues en contre plaqués sont trop fragiles pour être tirées sur la plage quotidiennement, même si cela découle d'un certain manque de connaissance des techniques d'assemblages qui sont souvent improvisées que d'une réelle faiblesse de ce procédé de construction qui a fait ses preuves de longévité sous d'autres latitudes.

D'autre part, comme pour le modèle de la pirogue composite, le recyclage des pirogues « cousues-collées » pose problème à partir du moment où l'on procède à la stratification des panneaux pour gérer le collage structural et l'étanchéité. En revanche, puisque le contreplaqué est constitué essentiellement de bois, il est possible d'envisager d'importer des panneaux issus de forêts d'exploitations labélisées durables.

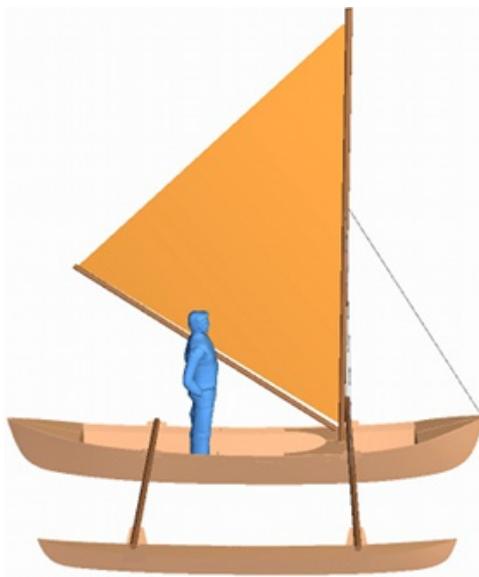


Figure 30 – Projet de pirogue en contreplaqué du collège de Mtsamboro

2.4 LES FACTEURS QUI CONDITIONNENT LE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTS MODELES DE PIROGUES A MAYOTTE

2.4.1 Les modalités de gestion de la ressource à Mayotte conditionne le développement des solutions bois

Les grumes de bois utilisées pour la confection des pirogues en bois proviennent des forêts de Mayotte. La construction des modèles 1.A et 1.B ainsi que la performance environnementale des embarcations dépend donc fortement des modalités de gestion et de la disponibilité de la ressource bois.

L'origine des grumes de bois ainsi que les moyens par lesquelles elles sont collectées est mal connu, ce qui nuit à leur traçabilité. Les *fundis* que nous avons rencontré nous confient qu'il est aujourd'hui difficile de se procurer du bois pour la construction artisanale que ce soit pour réaliser des meubles ou bien des pirogues. Ils adoptent un discours globalement évasif quant à la provenance exacte de leur bois d'œuvre, vraisemblablement, car bien souvent il fait l'objet d'un défrichage illégal.

A Mayotte, le principe en matière de défrichage est un principe d'interdiction générale. Par conséquent, pour tout défrichage ou coupe de bois, le pétitionnaire a l'obligation de déposer à la DAAF une demande d'autorisation. Celle-ci sera analysée au cas par cas, et pourra faire l'objet d'une autorisation dérogeant au principe énoncé. L'autorisation est obligatoire autant pour les particuliers, que pour les collectivités territoriales et les personnes morales. L'État est également soumis à cette réglementation lorsque les terrains à défricher ne lui appartiennent pas.

On comprendra, que le décalage entre l'organisation artisanale de la construction traditionnelle des pirogues et la procédure à suivre afin d'obtenir une autorisation, représente un réel obstacle pour empêcher la coupe illégale du bois.

Mais il pourrait exister d'autres biais pour insérer la collecte du bois de construction dans une gestion raisonnée et vertueuse des ressources forestières mahoraises afin d'apporter une solution à la coupe illégale du bois.

2.4.1.1 *Disponibilité de la ressource locale : description du patrimoine forestier mahorais*

La couverture végétale de l'île est intense et Mayotte offre une grande diversité de composantes paysagères à dominante arborée alternant forêts et systèmes « agroforestiers ». Les zones susceptibles d'être qualifiées de forêt primaire ne couvrent en réalité qu'une fraction limitée du territoire estimée à 8% de la superficie. Elles occupent principalement les reliefs et sols pentus de l'île et concentrent une large majorité d'espèces indigènes et endémiques.

En dehors de ces zones refuges d'altitude, la majeure partie du patrimoine forestier est constituée de forêts secondaires, ayant subi d'importantes perturbations d'origine humaine. Hors du domaine public soumis au régime forestier (forêts domaniales et départementales), ces forêts secondaires, sont étroitement associées à différents systèmes de culture pour constituer le domaine « agroforestier », terminologie qui fait globalement référence à tous les systèmes agricoles sous couvert forestier ou arboré plus ou moins dense.

La protection de ces différents milieux forestiers ou agroforestiers, même s'ils ne sont pas toujours constitués d'espèces indigènes, assure la résilience naturelle des milieux. La conservation de la forêt mahoraise constitue un enjeu déterminant en matière de maintien de la biodiversité, de protection des sols et de préservation de la ressource en eau.

2.4.1.2 Présentation des acteurs en charge de la gestion de la ressource bois à Mayotte

Différentes entités étatiques et administrations sont en charge de la gestion du patrimoine forestier et du développement de la ressource bois à Mayotte.

- L'ONF, le SRF et le SPN sont les gestionnaires des forêts de Mayotte.
- La DAAF et la DEAL représentent l'autorité administrative.

Tableau 5 – Gestionnaires et autorités administratives de la forêt de Mayotte

DAAF	La Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte (DAAF) est un service déconcentré de l'Etat, placé sous l'autorité du Préfet et relevant du ministre chargé de l'agriculture. La DAAF, dans son rôle d'autorité administrative, assure une mission régaliennne (police administrative et judiciaire, etc.) ainsi que la conduite et mise en œuvre de la politique forestière (gestion durable des forêts et de préservation de la biodiversité).
DEAL	La Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DEAL) est un service de l'Etat, placé sous l'autorité du Préfet. La DEAL est chargée d'élaborer et de mettre en œuvre les politiques de l'État en matière d'environnement, de développement et d'aménagement durables.
ONF	L'Office National des Forêts (ONF) est un établissement public à caractère industriel et commercial français chargé de la gestion des forêts publiques, placé sous la tutelle du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. L'ONF assure la gestion de la forêt domaniale et l'application du régime forestier dans les autres forêts publiques (forêts départementales et terrains du Conservatoire du littoral) et se place dans un rôle d'acteur de développement économique avec des missions élargies aux infrastructures de dessertes forestières et agricoles, aux aménagements des forêts pour le public, à la création de sentiers de randonnées, etc.
SRF	Au sein du Conseil général, le Service des Ressources Forestières (SRF) gère les réserves forestières départementales. Il compte une cinquantaine d'agents en charge de la protection, de l'aménagement et de la valorisation du patrimoine naturel des Réserves forestières. Il assure entre autres la réhabilitation de zones érodées, la sylviculture de peuplements issus de reboisements ou encore l'aménagement des sentiers de Grande Randonnée de Mayotte. Le SRF est basé à Coconi où il dispose de sa propre pépinière pour ses reboisements et d'une scierie qui lui permet d'assurer l'exploitation, le sciage et la commercialisation des produits d'exploitation du bois.
SPN	Le Service du Patrimoine Naturel (SPN), de la Direction de l'Environnement et du Développement Durable, joue également un rôle en matière de gestion d'espaces naturels. Ce service du Conseil général assure en effet la gestion de certains sites acquis par le Conservatoire du Littoral. Il veille aussi sur des sites de mangroves, forêts et autres lacs et plages. Il dispose pour cela d'une soixantaine d'agents dont une partie est déployée sur le terrain.

2.4.1.3 Les freins au développement de la filière locale de construction bois des pirogues mahoraises

2.4.1.3.1 Frein # 0 : Les orientations forestières de Mayotte en faveur de la préservation de la ressource

Les forêts de Mayotte constituent des espaces précieux, fragiles et potentiellement menacés par l'explosion démographique et le développement économique de l'île.

En effet, l'augmentation de la population, est dommageable à la conservation des milieux forestiers et naturels car ceux-ci constituent des sources de production agricole et de revenus. La croissance démographique s'est accompagnée de l'urbanisation (augmentation des surfaces bâties) et par l'extension des surfaces agricoles.

La gestion durable des forêts constitue l'un des principes centraux de la politique forestière française. En effet, la loi française reconnaît la valeur des forêts et l'intérêt général qu'elles représentent et affiche clairement l'objectif de gestion durable des forêts.

La mise en œuvre de la politique nationale de gestion durable des forêts s'appuie à l'échelle de Mayotte sur les Orientations Départementales Forestières de Mayotte (OFDM).

Les OFDM définissent en fonction des principaux enjeux reconnus, les objectifs fondamentaux de conservation de la biodiversité des forêts pour leur maintien, leur adaptation aux changements climatiques globaux (fonctions écologiques) et leur intégration dans l'aménagement et le développement durable du territoire (fonctions socio-économiques et rôle multifonctionnel).

Ce document, élaboré par la DAAF en partenariat avec l'ensemble des acteurs locaux (ONF, Département, DEAL, CAPAM, Conservatoire du Littoral, Associations de protection de l'environnement), a été approuvé le 22 octobre 2015 par le ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

Le document décline 6 enjeux de développement durable pour les forêts de Mayotte :

1. la préservation et la valorisation du patrimoine naturel
2. la valorisation des forêts et des ressources forestières
3. la satisfaction des besoins sociaux : produits forestiers, récréation, loisirs, cultes
4. la connaissance de la forêt, des écosystèmes et de la filière
5. l'information et la sensibilisation de tous les publics
6. la pérennité et l'adéquation des moyens humains et financiers

Naturellement certains de ces enjeux sont en tension, et soulèvent des débats entre gestionnaires et autorités administratives. Notamment, la préservation du patrimoine rentre partiellement en contradiction avec la valorisation des ressources forestière.

A ce jour une réelle opposition existe entre l'ONF et le SRF. L'ONF ne souhaite pas développer l'exploitation des forêts, alors que le SRF souhaite relancer la filière bois.

2.4.1.3.2 Frein #1 : l'approvisionnement en bois local compliqué lié à la sous-exploitation des gisements disponibles

2.4.1.3.2.1 Source #1 : le défrichage dans le cadre de la gestion des forêts

A travers un programme de gestion, l'ONF et la DAAF imposent au SRF de défricher un certain nombre d'essences dites invasives (acacia et avocat marron, bambou). Certaines des ces essences pourraient être utilisées pour la confection de pirogues.

Mais la mobilisation de bois d'œuvre est tributaire de voies d'accès en forêt. En effet, il s'agit d'accéder aux zones d'exploitation avec du matériel adéquat et de transférer les arbres abattus vers la seule scierie de l'île à Coconi. Or, ouvrir une piste vers une zone d'exploitation, c'est prendre de gros risques de pénétrations et de défrichage illégal pour mise en culture.

Selon l'ONF l'enjeu de conservation et de la protection de la biodiversité reste prioritaire devant l'enjeu de valorisation économique des forêts Mahoraises. Les autorités appliquent donc un principe de précaution.

Cette position est nuancée par le SRF, qui estime que bien qu'il existe des zones de forêt avec des reliquats de forêts primaires, la majorité des zones sont fortement dégradées. Il serait donc possible de concilier les deux enjeux, la préservation et la valorisation.

Il s'agirait donc de faire un sacrifice. Au moment de notre enquête, le SRF était en pour parler avec l'ONF afin d'obtenir l'autorisation d'ouvrir des pistes dans le but de valoriser les essences abattues.

2.4.1.3.2.2 Source #2 : Le défrichage dans le cadre de marché de construction

La multiplication des chantiers de construction à Mayotte (notamment d'établissement scolaire) impose le défrichage de parcelles.

Dans le cadre des marchés de construction, la DEAL impose des closes de valorisation du bois d'élagage en déchèterie, mais aujourd'hui aucune clause de valorisation à la scierie de Coconi n'a été mis en place alors que la scierie est pourtant localisée en plein centre de l'île et la déchèterie est à l'extrême nord de l'île.

2.4.1.3.2.3 Source #3 : Le défrichage dans le cadre de marché d'entretien des routes.

Pour l'entretien des routes, les bois de friche sont abandonnés sur les bords de la chaussée.

2.4.1.3.3 Frein #2 : des capacités de production limitées qui favorisent les importations

La production de bois à Mayotte est très faible face aux importants besoins en matériaux. Aujourd'hui, les besoins sont satisfaits pour la plupart par l'importation.

Il n'y a pas de véritable production de bois à Mayotte même si le bois est largement utilisé dans différents domaines : construction, bois de feu, artisanat (dont la construction de pirogues).

La seule scierie de l'île se trouve à Coconi sur le site du Conseil général. Elle a pour vocation de traiter les bois issus de la gestion forestière, en mettant ainsi sur le marché des produits provenant des forêts mahoraises, mais ne fonctionne pas actuellement pour cause de vétusté. Son équipement est en effet obsolète et fait l'objet de demandes de subventions permettant sa réhabilitation.

Le SRF travaille à un projet de relance de la production de bois d'œuvre, dans le respect des conditions de gestion durable des ressources. Des plantations ont notamment été réalisées dans un but de production ; néanmoins, ce n'est pas le seul réservoir de bois d'œuvre : les forêts secondarisées renferment une quantité, à préciser, de manguier forestier à valoriser dans le cadre de restauration écologique.

Si la priorité pour la forêt de Mayotte demeure la mise en place d'actions de conservation, les forêts nécessitent une gestion optimale qui doit intégrer une fonction productive. La mobilisation des bois, qui est une ressource renouvelable, est un moyen d'y parvenir à condition d'identifier une technique cohérente avec ces objectifs de base.

2.4.1.4 Bilan de disponibilité de la ressource et capacité de production pour les modèles 1.A et 1.B

La ressource ne semble pas aujourd'hui gérée de manière optimale. Le développement de son exploitation raisonnée est ralenti par des désaccords de fond sur les objectifs et modalités de gestion.

En termes de volume, les forêts et la ressource en bois semblent être suffisamment abondantes pour répondre aux besoins de production des pirogues mahoraises à une échelle artisanale (notamment du modèle 1.A de la pirogue traditionnelle). Qu'elle provienne des coupes demandées par l'ONF, ou qu'elle soit le résultat de défrichages liés aux projets de développement de l'île et à l'entretien des routes, la ressource est là, mais aujourd'hui aucun dispositif n'est mis en place afin revaloriser les arbres abattus.

La scierie semble représenter le maillon central dans une situation où la ressource en bois est présente et la demande en matériaux de construction forte et croissante. D'autant plus que les prix pratiqués par la scierie sont très avantageux.

2.4.2 La conformité des pirogues avec la réglementation maritime

Les eaux du lagon sont sous juridiction française. Tout navire de plaisance navigant dans le lagon est assujéti à la réglementation maritime française. C'est donc une directive qui s'applique aux pirogues.

La réglementation intervient pour:

- Les normes de construction et la mise en service des navires
- Le matériel de sécurité exigé
- L'immatriculation des navires
- La modalité de remise de titre de navigation

2.4.2.1 Une situation inconfortable pour les autorités et les usagers de la pirogue

Poursuivant son enquête d'approfondissement des premiers constats du PARC MARIN, l'équipe de recherche a été reçue par le service local des Affaires Maritimes, il s'agit de l'Unité Territoriale de la Direction Mer Sud Océan Indien (UTDM SO).

Tableau 6 – Définition et acronyme

UTDM SO	L'Unité Territoriale de la Direction Mer a en charge à la fois des missions comprenant la sécurité, le sauvetage et la police judiciaire en mer, mais aussi le soutien et le développement économique du secteur maritime. Dans le cadre de ses missions de police administrative, le service des Affaires Maritimes est chargé de tenir le registre des immatriculations, d'instruire les demandes de manifestation nautiques et de réunir les commissions nautiques locales.
------------	--

De cette rencontre, il ressort que le cas des pirogues suscite des interrogations au sein de UTDM SO. Réalisées sans plans et indépendamment de tout circuit de contrôle, de certification et d'immatriculation, le statut administratif des pirogues est aujourd'hui ambigu, leur recensement officiel est inexistant. De plus la réglementation maritime présente des zones d'ombre quant à la considération des embarcations traditionnelles vernaculaires navigant dans les eaux territoriales françaises.

En l'absence de dossier technique démontrant la sécurité de ces embarcations en navigation, les Affaires Maritimes n'ont pas d'autre choix que de les considérer comme des engins de plages. Ce statut est très contraignant pour la navigation car, si aucun matériel de sécurité et d'armement n'est requis, les engins de plage sont limités à des navigations diurnes n'excédant pas 300 m de la côte.

Or en pratique, la pêche impose de naviguer jusqu'à la barrière extérieure du lagon, au delà de la limite des 300m. Il est donc fréquent de croiser un pêcheur sur une pirogue à quelques milles nautiques des côtes, seul sur son embarcation de 3m de long en bois, sans aucun équipement de sécurité. L'île étant aujourd'hui française, les règlements nationaux et européens s'appliquent, ces personnes sont donc aujourd'hui hors la loi. Leurs pirogues peuvent faire l'objet d'un saisi.

Comment gérer cette situation et tenter d'encadrer une pratique ancestrale qu'il est difficile d'interdire ? La pêche à la pirogue est, dans la plupart des cas, une pêche de subsistance indispensable pour la survie de certaines familles mahoraises. C'est d'autre part, une pratique traditionnelle qu'il s'agit de préserver.

2.4.2.2 Une politique d'indulgence menée par les Affaires Maritimes

Pour ces considérations, les Affaires Maritimes font preuve aujourd'hui de tolérance, et pour moment, ils appliquent une démarche de sensibilisation sur les risques plutôt qu'une démarche punitive. Ils rappellent aux pêcheurs les risques encourus en s'aventurant si loin des côtes et les incitent à s'équiper de matériels de sécurité. Les consignes gouvernementales ne sont pas fermes, et la souplesse de rigueur, mais cette situation à un coût et mobilise l'attention de nombreux effectifs effectuant une veille active sur le lagon. Elle n'est donc pas pérenne.

Dans une démarche de développement durable, l'objectif est d'obtenir une certification qui permette de déroger à la restriction des 300 m de la côte, et autorise une navigation sur l'intégralité du lagon pour des activités récréative et pêche vivrière.

2.4.2.3 La certification des bateaux de plaisance

La réglementation technique relative aux navires de plaisance destinés à une navigation maritime s'appuie sur plusieurs divisions clairement identifiées permettant de mieux prendre en compte la diversité de la navigation de plaisance en proposant des référentiels techniques et des obligations d'armement adaptés à chaque type de navire.

Ce dispositif repose actuellement sur 6 divisions et permet de distinguer notamment 4 types de navire de plaisance :

1. Les navires à usage personnel ou de formation
2. Les navires à utilisation collective
3. Les navires de compétitions
4. Les navires traditionnels

Le Tableau 7 synthétise les divisions réglementaires applicables pour chaque type de navire de plaisance.

Très généralement ces divisions définissent les dispositions en matière de conception, construction, sécurité et prévention de la pollution. Pour plus de précisions, on renverra au site du ministère de la transition écologique et solidaire (www.ecologie-solidaire.gouv.fr/divisions-securite-plaisance).

Tableau 7 – Synthèse réglementaire navire de plaisance

	Navires à usage personnel ou de formation		Navires à utilisation collective	Navires de compétitions	Navires traditionnels	
L>24m	D242			D243	D244	
	Navires marqués CE	Navires hors marquage CE				D241
L=2,5m-24m	Directive 2013/53/UE	D240	D245			

2.4.2.4 Cas des pirogues mahoraises, exigences générales

Pour le cas des pirogues mahoraises, on peut distinguer 4 scénarii :

1. Une pirogue (voile ou moteur) est construite dans le but d'être vendue ou cédée à un tiers : elle est techniquement mise sur la marché européen, il s'agit alors d'une construction professionnelle au sens de la réglementation.
2. Une pirogue (voile ou moteur) est construite pour un usage essentiellement personnel : il s'agit alors de construction amateur.
3. Une pirogue (voile ou moteur) est construite comme réplique d'une pirogues conçu avant 1950 et réalisées essentiellement avec des matériaux analogues à la conception originale : il s'agit d'une pirogue traditionnelle.
4. Cas particulier d'une pirogues à rame, il s'agit d'une embarcations propulsées par l'énergie humaine

LA CONSTRUCTION PROFESSIONNELLE ET LA MISE SUR LE MARCHÉ EUROPÉEN

Depuis 1998, la réglementation européenne encadre la construction des bateaux de plaisance destinés à être mis sur le marché européen. Ces bateaux doivent porter le marquage CE attestant de leur conformité aux exigences de sécurité en fonction de leur catégorie de conception. Cette réglementation s'applique à tous les bateaux de plaisance de 2,5 à 24 mètres, qu'ils soient destinés à une navigation en mer ou en eaux intérieures. Toutefois, le marquage n'est pas applicable à certains types d'embarcations, notamment :

- les bateaux conçus exclusivement pour la compétition
- certaines embarcations mues par l'énergie humaine comme les kayaks et les embarcations à avirons
- les bateaux conçus avant 1950 et leurs copies
- les constructions amateur, à condition qu'elle ne soient pas mise sur le marché pendant une période de cinq ans à compter de la date de leur mise en service

LA CONSTRUCTION AMATEUR

Est considérée comme construction amateur tout navire exclue du marquage construit entièrement par leur propriétaire pour une utilisation personnelle, à condition qu'il ne soit pas, par la suite, vendu ou cédé à titre gratuit pendant une période de cinq ans à compter de sa mise en service .

Ne sont pas considérés comme construction amateur :

- les navires achevés par leur propriétaire à partir d'une coque ou d'une coque et d'au moins un élément qui a été réalisé par une personne identifiée comme constructeur ;
- les navires en kit qui sont assemblés par leur propriétaire conformément aux instructions du fabricant du kit

NAVIRE DE PLAISANCE TRADITIONNEL

Par navire traditionnel, on entend :

- Soit un navire, quelle que soit sa longueur de coque, conçu avant 1950, qu'il s'agisse de constructions d'époque en état ou restaurées, ou les répliques neuves de celles-ci, c'est-à-dire réalisées essentiellement avec des matériaux analogues à la conception originale. Pour ces répliques, des procédés modernes d'assemblage peuvent néanmoins être mis en œuvre.
- Soit un navire de longueur de coque égale ou supérieure à 24 m, conçu avant 1965, qu'il s'agisse de constructions d'époque en état ou restaurées, ou les répliques neuves de celles-ci, c'est-à-dire réalisées essentiellement avec des matériaux analogues à la conception originale. Pour ces répliques, des procédés modernes d'assemblage peuvent néanmoins être mis en œuvre.

Le Tableau 8 synthétise les divisions règlementaires applicables pour chacun des scenario envisagé pour les pirogues mahoraises. Il précise d'autre part les exigence générales pour l'obtention de la conformité.

Tableau 8 – Synthèse règlementaire pirogues

Scenario de construction	Pirogue destiné à la mise sur le marché européen (neuf ou occasion)	Pirogue destinée à un usage personnel		Pirogues en bois
	Marquage CE	Hors marquage CE constructions amateur et embarcations propulsées par l'énergie humaine		Navire de plaisance traditionnels
Directive ou Division applicable	Directive 2013/53/UE	D240	D245	D244
Vente ou cession	Oui	Pas avant 5 ans		Pas avant 5 ans
Catégorie de conception	A définir A,B,C ou D	A définir A,B,C ou D		A définir A,B,C ou D
Dossier technique	Requis	Requis à l'exception des embarcations propulsées par l'énergie humaine		Requis
Numéro d'identification du bateau	Requis au format CIN	Requis au format CIN à l'exception des embarcations propulsées par l'énergie humaine		Requis
Plaque signalétique	Requise	Requise - spécifique pour les embarcations propulsées par l'énergie humaine		Requise
Evaluation de la conformité	Requise via une déclaration écrite de conformité marquage CE	Requise via une déclaration écrite de conformité hors marquage CE - spécifique pour les embarcations propulsées par l'énergie humaine		Requise via une déclaration écrite de conformité d'un navire de plaisance traditionnel
Manuel d'utilisation	Requis	Requis uniquement si cession ou vente		Requis uniquement si cession ou vente

La **Directive 2013/53/EU** établit les exigences minimales concernant la conception, la construction et la commercialisation des bateaux de plaisance destinés à être mis sur le marché européen. Elle revoit à à une liste de normes harmonisés (ISO) qui peuvent être utilisées par l'entité ou la personne qui endosse la responsabilité de la construction.

La **Division 240** définit les conditions d'utilisation ainsi que les dispositions relatives au matériel d'armement et de sécurité applicables en mer.

La **Division 244** définit les dispositions en matière de conception, construction, sécurité et prévention de la pollution, applicables aux navires de plaisance traditionnels

La **Division 245** définit les dispositions en matière de conception, construction, sécurité et prévention de la pollution, applicables aux navires à usage personnel hors marquage CE

2.4.2.5 Exigences techniques particulières

Dans le cadre de cette étude nous avons réalisé une lecture transversale de ces textes réglementaires en faisant l'exercice de l'étendre aux pirogues à balancier mahoraises. Elle invite à distinguer 3 configurations d'armement :

- Les pirogues à rames – considérées comme des « embarcations propulsées par l'énergie humaine »
- Les pirogues à voile – considérées comme des « navire à voile »
- Les pirogues à moteur – considérées comme des « navire à moteur »

A chaque configuration sont associées des prescriptions techniques spécifiques qui renvois aux normes ISO. Ces prescriptions couvrent les thématiques suivantes :

- La sécurité des personnes et de la navigation
- La résistance structurelle
- La flottabilité et la stabilité
- La motorisation
- Les conditions limites d'utilisation et armement de sécurité

Selon une première analyse, ces contraintes ne semblent pas représenter une menace pour l'architecture traditionnelle des pirogues mahoraises. En effet, la pirogue à balancier est une embarcation stable par essence, et généralement réalisée dans des matériaux robustes.

D'autre part, puisque le lagon est naturellement abrité de la houle, il s'agit de viser une catégorie D de conception. Un navire de la catégorie de conception D est considéré comme conçu pour des vents pouvant aller jusqu'à la force 4 comprise et des vagues pouvant atteindre une hauteur significative jusqu'à 0,3 mètre compris, avec des vagues occasionnelles d'une hauteur maximale de 0,5 mètre.

La difficulté porte davantage sur les modalités que requiert l'évaluation de la conformité de ces embarcations pour leur mise en service, notamment la nécessité de rédiger un dossier technique en vue de la déclaration écrite de conformité (DEC).

2.4.2.6 Dossier technique, DEC et mise en service

D'après les textes, préalablement à leur mise en service, les embarcations neuves subissent une évaluation de leur conformité aux dispositions qui lui sont applicables, par la personne qui endosse la responsabilité de la conformité.

La conformité de l'embarcation aux exigences de la division qui lui est applicable est attestée via une attestation de conformité. L'attestation de conformité est renseignée :

- par le constructeur ou son mandataire (qui doit disposer d'une lettre de mandat dont la présentation peut lui être demandée) ou bien ;
- par toute personne assumant la responsabilité de la conformité de l'embarcation.

A l'exception des embarcations propulsées par l'énergie humaine (donc des pirogues à rames), toute embarcation est astreinte à l'établissement d'un dossier technique explicitant la conception, la construction et l'exploitation de cette embarcation, et démontrant sa conformité aux dispositions de sécurité et de prévention de la pollution qui lui sont applicables. La personne endossant la responsabilité de la conformité aux exigences

techniques, tient le dossier technique à la disposition de l'autorité compétente pour une durée minimale de 10 ans à compter de la mise en service.

2.4.2.7 Conformité du prototype

Dans le cadre de la conception du prototype prévu au marché, l'équipe d'architectes navals réalisera le dossier technique. D'autre part, l'équipe encadrera la déclaration écrite de conformité (DEC) qui sera complétée par le constructeur qui endosse la responsabilité de la construction.

Dans le but d'une diffusion du modèle sur l'île, l'embarcation visera un marquage CE.

2.4.2.8 Conformité des pirogues existantes

La conformité des pirogues existantes pose un problème de gestion administrative et de responsabilité. Il est en effet difficile de réaliser, une DEC et un dossier technique, à postériori, pour chaque pirogue recensée sur l'île.

En revanche, il est envisageable de produire un document guide, dont l'objet est de donner aux propriétaires des principes généraux pour la mise en conformité technique de leurs embarcations.

2.4.2.9 Conformité des constructions futures

Le projet du PARC est l'occasion de mettre en place un dispositif de contrôle de la construction. En revanche, la généralisation de ce dispositif à des constructions futures n'est envisageable qu'à partir du moment où les nouvelles pirogues sont réalisées suivant un modèle type défini par le prototype.

Ce sont des considérations qu'il sera nécessaire d'aborder avec le Parc, les Affaires Maritimes et les constructeurs.

Le guide de conception mentionné plus haut, peut s'avérer un outil performant, pour les constructeurs souhaitant réaliser des pirogues indépendamment du modèle proposé par le PARC.

2.4.3 Le facteur « acceptabilité sociale » : entre mémoire et modernité

2.4.3.1 *Un attrait pour la modernité chez les mahorais, population insulaire*

On remarque un réel intérêt des usagers de la pirogue pour les matériaux modernes de construction, notamment la construction composite, y compris chez les *fundi* eux-mêmes.

La construction composite offre de fait l'opportunité de concevoir des embarcations plus légères, plus résistantes, plus polyvalentes, tout en conservant les formes traditionnelles de la pirogue mahoraise pour un coût très maîtrisé, ce qui représente une véritable concurrence vis-à-vis des procédés traditionnels.

Le modèle de la pirogue, lui-même, est d'ailleurs aujourd'hui concurrencé à Mayotte par un modèle de barques hors-bord en composite construites par Yamaha autour desquels s'est organisé une flotte de pêche semi professionnelle.



Figure 31 – Barque YAMAHA W 23 SF

De manière générale, les métiers de l'artisanat et les métiers de la mer, dans notre cas, ne sont pas très valorisés dans la société occidentale actuelle. Et c'est aussi pourquoi la jeunesse mahoraise a une tendance à boudier ces savoir-faire ancestraux pour se tourner vers des métiers qui correspondent mieux à leur vision de la « modernité », souvent façonnée par les influences du modèle métropolitain.

C'est dans ce contexte que le savoir-faire et les usages traditionnels liés à la pirogue mahoraise déclinent à grande vitesse.

2.4.3.2 *Les initiatives locales d'éducation et de préservation des savoir-faire*

Le constat du déclin des traditions ne laisse pas tout le monde indifférent, et certains groupes s'organisent pour conserver, ou faire revivre les savoirs faits liés à la pirogue.

L'association Mayotte Nature, Environnement et Tradition (MNET) présidée par Colo Mkolo Boinaidi ainsi que le lycée de Msomboro et quelques autres projets scolaires dont nous

avons eu vent participe à cette dynamique. Leur ambition est de moderniser la *laka*, afin de la rendre plus attractive aux yeux des jeunes mahorais.

2.4.3.3 L'intérêt des métropolitains pour les traditions nautiques mahoraises

Comme un paradoxe, pendant que la jeunesse mahoraise a tendance à délaisser ses propres traditions pour se tourner vers une modernité dictée par des standards occidentaux, c'est du côté des métropolitains que renaît l'attrait pour les pirogues en bois traditionnelles.

Le constat existe déjà en France métropolitaine, et dans le monde occidental en général, la société est aujourd'hui en quête de valeurs, de retour à des modes de consommation plus durables et locales et à des matériaux dits nobles, et l'artisanat fait partie de ces valeurs vers lesquelles les jeunes se tournent à nouveau aujourd'hui.

La pirogue mahoraise, bel objet en bois, chargé d'histoire et de traditions s'inscrit parfaitement dans cette mouvance, et connaît aujourd'hui un intérêt grandissant dans la population de métropolitains vivant à Mayotte.

2.5 CONCLUSION DE L'ÉTAT DES LIEUX

Malgré, un court séjour à Mayotte, nous avons tâché de rendre cet état de lieux aussi exhaustif que possible.

Cet état des lieux sous forme d'exploration technique, ethnographique et culturelle a permis à l'équipe de constater la diversité des modèles de pirogues ainsi que des valeurs et techniques qui s'y rattachent.

Dans la perspective d'avoir une compréhension la plus large possible du contexte, l'équipe s'est donc efforcé de :

- Découvrir les différents modèles existant sur l'île ainsi que les typologies constructives liées et les résultantes formelles
- Analyser les exigences réglementaires pour assurer la sécurité des personnes en navigation et obtenir un objet en conformité.
- Comprendre la valeur sociale et sociétale attribuée à la pirogue et aux activités qui lui sont associées (construction, pêche, transport et loisir).
- Présenter les éléments qui font de ces activités traditionnelles une richesse patrimoniale pour la culture mahoraise qu'il est important de protéger.
- Identifier les évolutions générées par le développement de l'île sous influence d'un monde occidental.
- Comprendre les enjeux liés à la préservation des ressources et de l'environnement et présenter les orientations politiques départementales en termes de responsabilité environnementale et gestion/valorisation des ressources locales

Loin d'être indépendants, tous ces aspects sont reliés par des mécanismes plus ou moins complexes. Au cours du diagnostic, ce sont également des grandes tensions qui sont ressortis : entre mer et terre, entre modernité et tradition, entre préservation et valorisation des patrimoines naturel et culturel, la pirogue incarne à elle seule la richesse des options et la complexité des choix auxquels est confrontée la société mahoraise. L'équipe a cherché dans la partie qui suit à réconcilier ces tensions dans un ensemble de propositions d'évolutions de la pirogue mahoraise visant à répondre en un même objet à un maximum d'enjeux de performance technique, de durabilité, de pérennité et d'acceptabilité sociétale.

3 PROPOSITION DE SOLUTIONS ET EVALUATION DE LA PERFORMANCE GLOBALE

3.1 RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ETUDE

On l'aura compris, la difficulté du projet est de répondre en un seul et même objet à des enjeux en tension, parfois divergents, aux croisements des besoins et des attentes usagers / autorités sur les 3 axes du développement durable : économique, social et environnemental.

A cela s'ajoute les exigences propres à toute innovation responsable et performante :

- **Désirabilité** : réponse aux besoins et aspirations des usagers.
- **Faisabilité** : disponibilité de la technologie, du cadre organisationnel.
- **Viabilité** : efficacité et performance durable du modèle en navigation.

La tension principale au cœur de la commande est de réussir dans le même temps à :

- *pérenniser et redynamiser* un objet de navigation issu de savoir-faire techniques traditionnels aujourd'hui en déclin ainsi que des pratiques locales au cœur de l'identité mahoraise (pêche, transport, plaisance, compétition)
- *faire évoluer et moderniser* ce type d'embarcation vernaculaire afin de répondre aux nouvelles exigences réglementaires, sécuritaires, opérationnelles et environnementales.

En découle un certain nombre de questionnements :

Si pour des questions de préservation de la ressource locale, la coupe du bois au sein du parc naturel de Mayotte doit être limitée, comment adapter la typologie constructive du modèle de construction des pirogues monoxyles à balancier, sans pour autant délaissé le savoir-faire ancestral des fundi charpentiers de marine ?

Si on fait le choix de maintenir une construction à partir de ce matériau local et naturel, quelles évolutions des modalités de production pour répondre aux enjeux globaux de développement durable et à l'état actuel des capacités de production de pirogues ?

Si la recherche de techniques de construction alternatives impose de considérer l'usage de matériaux alternatifs au bois local (les matériaux composites et le contreplaqué), est-il pour autant possible d'améliorer l'impact environnemental du produit tout au long de son cycle de vie, compte tenu notamment des contraintes d'importation ?

Autant de problématiques qui suggèrent de développer une solution qui soit une **synthèse raisonnée**, composant avec la préservation d'un héritage millénaire et la nécessité d'innover afin de faire face aux défis contemporains. En somme, s'il s'agit d'innover en matière de construction navale vernaculaire, comment définir une évolution responsable :

- qui minimise les risques et impacts négatifs connus (déforestation, perte de savoir-faire, recours à des matériaux à base d'énergies fossiles non renouvelable et importées au prix d'un alourdissement certain de l'empreinte carbone de l'objet)
- qui maximise les impacts positifs – (désirabilité pour les différents usagers, création d'emplois locaux, développement de nouveaux revenus économiques, respect des

patrimoines naturels aquatiques et forestiers respect des traditions et des aspects identitaires de la culture Mahoraise ...).

3.2 PROPOSITIONS D'ÉVOLUTION DES PIROGUES

4 priorités de base ont été fixées pour guider la recherche d'évolutions des modèles existants de la pirogue mahoraise (voir §1.6) :

1. **La sauvegarde d'une pratique ancestrale, ancrée dans la culture mahoraise**
2. **La préservation ou l'utilisation raisonnée de la ressource en bois et du patrimoine naturel**
3. **La sécurisation et la régularisation des activités nautiques : de pêche vivrière dans le lagon et de manifestations sportives (courses de pirogues)**
4. **La désirabilité du modèle pour la communauté locale**

Pour répondre à ces priorités, 4 options d'évolution sous formes de modèles alternatifs ont été envisagés par l'équipe d'architectes navals. Certaines proposent la conservation du recours à la ressource bois (modèles 1A et 1B) et sont calquées sur les méthodes de conceptions traditionnelles, d'autres proposent une évolution des matériaux et des méthodes de mises en œuvre (modèles 2 et 3). A noter que ces différentes solutions ne sont pas mutuellement exclusives dès lors que l'on considère les différentes contraintes de faisabilité et de préservation des ressources et des savoir-faire à court, moyen et long terme.

Ces scénarii d'évolution sont synthétisés dans le Tableau 9.

Tableau 9 – Synthèse des propositions d'évolution des modèles de pirogue existants et propositions d'évolution

MODELE 1				MODELE 2		MODELE 3	
LA PIROGUE BOIS				LA PIROGUE COMPOSITE		LA PIROGUE MIXTE « COUSUE-COLLEE »	
BOIS MASSIF				CONSTRUCTION STRATIFIEE		CONSTRUCTION MIXTE CONTREPLAQUE BOIS + STRATIFIE	
A - CONSTRUCTION MONOXYLE		B - CONSTRUCTION POLYXYLE					
							
EXISTANT	EVOLUTION	EXISTANT	EVOLUTION	EXISTANT	EVOLUTION	EXISTANT	EVOLUTION
Construction monoxyle traditionnelle réalisée à partir de bois collecté illégalement dans la forêt mahoraise.	Construction monoxyle traditionnelle réalisée à partir de bois collecté localement et légalement suivant un plan de valorisation vertueux de la forêt mahoraise.	Assemblage par chevillage de virures bois massif sur quille monoxyle collectées illégalement dans la forêt mahoraise.	Assemblage par chevillage de virures bois massif collectées et façonnées localement et légalement suivant un plan de valorisation vertueux de la forêt mahoraise.	Moulage "au contact" de fibres de verre dans une matrice polyester importées. Mise en œuvre sur pirogue monoxyle existante ou sur mannequin CP.	Moulage "au contact" de fibres végétales dans une matrice époxy bio-sourcée. Mise en œuvre sur pirogue monoxyle existante ou sur mannequin CP	Assemblage « cousu » de panneaux bois contreplaqué importés. Collage stratifié de fibres de verre dans une matrice époxy importées.	Assemblage « cousu » de panneaux de contreplaqué bois labialisé. Collage stratifié de fibres de verre dans une résine époxy bio-sourcée.

3.3 CRITERES D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE GLOBALE DES

DIFFÉRENTES SOLUTIONS PROPOSÉES

L'équipe a souhaité offrir une grille d'analyse complète des différentes options d'évolution proposées, avec une diversité de critères d'aide à la décision qui permette de comprendre les forces, faiblesses, risques et opportunités de chaque modèle au regard des objectifs d'innovation responsable.

Cette grille est organisée en 4 axes d'évaluation (voir Tableau 10). Chaque axe se décline en sous-critères présentés, détaillés et discutés dans les paragraphes suivants. L'ensemble des critères est synthétisé dans le Tableau 14.

Tableau 10 – Axes d'évaluation de la performance globale et sous-critères

PERFORMANCE GLOBALE ET INTEGREE			
PERFORMANCE TECHNIQUE ET FAISABILITE	PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE	PERFORMANCE SOCIALE	PERFORMANCE ECONOMIQUE
- Qualités nautiques - Potentiel d'adaptation aux réglementations -Faisabilité	- Origine/approvisionnement - Transport - Fabrication - Utilisation/durée du vie - Fin de vie	- Conservation/transmission des savoir-faire - Acceptation sociale de l'objet - Acceptabilité sociale des pratiques - Esthétique et insertion dans le paysage mahorais	- Coût de construction et de maintenance - Co-bénéfices - Impact sur l'économie locale

3.3.1 Performance technique et faisabilité

3.3.1.1 Qualités nautiques

Par qualités nautiques⁸, on entend des qualités sensibles expérimentées au cours de la navigation. Le travail de l'architecte naval consiste à ramener ces qualités issues de l'expérience à des dispositions constructives, par le biais d'un corpus de connaissances empiriques ou théoriques et la manipulation de concepts (volume, poids, vitesse, force, raideur...).

Le navire, mis en système, fait l'objet d'une analyse fonctionnelle. Flottabilité, stabilité, résistance à l'avancement, résistance structurelle, dérive, manœuvrabilité et tenue à la mer, sont autant de qualités qui déterminent ses proportions. Bien que distinctes, ces qualités sont interdépendantes et parfois conflictuelles.

Dans le cadre de notre analyse, axée sur le potentiel de chaque matériau (mais aussi par souci de simplification), l'évaluation des qualités nautiques de chaque modèle de pirogue est réduite à l'appréciation de 3 caractéristiques :

1. La **forme**
2. Le **poids**
3. La **solidité** du flotteur principal.

⁸ Aujourd'hui on parle souvent de performances.

Les performances de la pirogue – le potentiel vitesse, la stabilité mais aussi dans une certaine mesure la manœuvrabilité – sont étroitement liées à la maîtrise **de la forme et du poids** du flotteur principal.

Le poids est directement déterminé par l'échantillonnage des matériaux mis en œuvre au cours de la confection de la coque. La forme de la coque, quant à elle, est contrainte par la nature des matériaux et les procédés constructifs. **La forme**, autant que le poids, influent directement sur la résistance à l'avancement⁹ de l'embarcation et donc son potentiel vitesse. Plus il est possible de travailler les formes, plus il est possible d'optimiser le poids, plus l'embarcation a de chances d'être rapide en navigation.

Mais cet aspect ne doit pas compromettre **la solidité** de la pirogue. En effet, la pérennité de l'intégrité structurelle du flotteur et de son système d'étanchéité est primordiale dans le cadre de l'utilisation des pirogues à Mayotte. Les pirogues sont en effet stockées sur la plage, soumises à de nombreuses contraintes au court de leur utilisation ; c'est un outil de travail avant tout, et il a vocation à être robuste et à nécessiter le moins d'entretien possible.

3.3.1.2 Potentiel d'adaptation aux réglementations

Le dispositif de certification des embarcations de plaisance, présenté plus haut, impose de réaliser un dossier technique dans lequel certaines propriétés (qualités) du navire doivent être évaluées. Les formes, ainsi que le poids de l'embarcation doivent être connus et maîtrisés afin de justifier certains critères réglementaires concernant la flottabilité et la stabilité de l'embarcation.

Certains modèles présentent des avantages de ce point de vue. Il est en effet plus aisé de réaliser le dossier technique d'une embarcation en contre-plaqué ou en composite, car la forme et la quantité de matière mise en œuvre est maîtrisée dès la conception. A l'inverse, la construction traditionnelle en bois est plus aléatoire, la forme et le poids final de l'embarcation dépendant de l'expérience du constructeur. Les formes dépendent souvent de l'orientation des veines du bois de l'arbre utilisé. Plus généralement, la construction traditionnelle bois, ne fait pas l'objet d'une conception sur plan.

Dans notre modèle d'analyse, le critère de faisabilité réglementaire correspond au degré de complexité du montage du dossier technique pour évaluation de la conformité et auto-certification.

3.3.1.3 Faisabilité

Ce critère correspond à la possibilité de réaliser la construction de manière locale à Mayotte. Elle est évaluée de la manière suivante :

- Présence du savoir-faire dans la communauté
- Présence de l'outillage nécessaire sur place
- Facilité d'approvisionnement en matériaux brut
- Universalité de la construction, c'est-à-dire construction envisageable en dehors d'une structure type « chantier naval »
- Temps de construction

⁹ somme des efforts de pression de l'eau, des frottements visqueux et de l'actions des vagues générées lors du déplacement de l'embarcation dans l'eau.

3.3.2 Performance environnementale

La capacité de l'objet à être éco-conçu est un aspect essentiel du projet, non seulement pour permettre au Parc d'honorer sa mission de protection des ressources locale à Mayotte mais aussi dans le but plus large de présenter un prototype « exemplaire » issu d'une conception vertueuse d'un point de vue environnemental.

Tableau 11 – Définitions

Qu'appelle t'on éco-conception ?
« L'éco-conception est une approche préventive des problèmes d'environnement. Centrée sur le produit cette démarche peut être appliquée dans tous les secteurs de l'économie. » (<i>Définition du site du Ministère de la Transition écologique</i>) L'éco-conception consiste à intégrer la protection de l'environnement dès la conception de biens ou services. Elle a pour objectif de réduire les impacts environnementaux (carbone et ressources) des produits tout au long de leur cycle de vie. Elle se caractérise par une vision globale de ces impacts environnementaux : c'est une approche multi-étape (prenant en compte les diverses étapes du cycle de vie) et multicritères (prenant en compte les consommations de matière et d'énergie, les rejets dans les milieux naturels, les effets sur le climat et la biodiversité).
Qu'appelle-t-on impact environnemental ?
Le concept d'impact environnemental désigne l'ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement engendrées par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa « fin de vie ». La recherche concernant l'évaluation de l'impact environnemental d'un produit se cristallise autour du développement de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). L'ACV constitue une approche globale et multicritères.
Qu'appelle-t-on analyse de cycle de vie ACV ?
L'ACV est un outil reconnu et normalisé (ISO 14040 et ISO 14044). A tout produit et service sont liés des flux de matières et d'énergies entrants et sortants dans son cycle de vie. L'ACV réalise un bilan des Entrants / Sortants d'un système de produits / services, afin de les convertir en plusieurs impacts environnementaux. L'enjeu est d'identifier les principales sources d'impacts environnementaux et d'arbitrer les déplacements de pollutions liés aux différentes alternatives envisagées. L'ACV fournit ainsi des éléments d'aide à la décision aux politiques industrielles (choix de conception, d'amélioration de produits, choix de procédés) ou publiques (choix de filières de valorisation, critères d'éco-labelisation de produits).

Comment appliquer cette démarche aux pirogues traditionnelles mahoraises ?

L'ACV a été développée dans le cadre de production industrielle. Dans le cadre de l'étude d'une pratique principalement artisanale, l'évaluation des impacts environnementaux associés à la construction de la pirogue à Mayotte se limitera à une analyse rationnelle et qualitative. En effet, s'il est possible d'identifier les principales sources d'impacts environnementaux et d'arbitrer les déplacements de pollutions associés aux différentes alternatives envisagées, il semble compliqué dans le cadre de cette première étude, de réaliser un inventaire quantifié des flux de matières et de énergies associés à la production des pirogues. Reste à savoir comment hiérarchiser les critères d'évaluation à respecter dans une analyse essentiellement qualitative.

Proposition de hiérarchisation des enjeux d'éco-conception :

La priorisation des enjeux d'éco-conception a été discutée avec le Parc Marin au regard de ses missions et ambitions. Elle est présentée ci-dessous et sert de base aux discussions présentées dans la présente analyse de performance environnementale.

1. Préservation des ressources en bois de Mayotte
2. Gestion des déchets et de la fin de vie
3. Utilisation de produits naturels et bio-sourcés.
4. Bilan carbone

D'autre part, les enjeux d'éco-conception s'analysent à chaque étape du cycle de vie du produit :

- Origine / approvisionnement
- Transport et distribution
- Fabrication et mise en œuvre
- Utilisation / durée de vie
- Fin de vie

3.3.2.1 Origine / Approvisionnement

Il s'agit d'examiner l'origine des ressources utilisées pour la confection de chaque modèle de pirogue à travers une série de questions clés :

- Quelle est la nature des ressources? (péto-sourcée , bio-sourcée, naturelle)
- Les ressources peuvent-elles être caractérisées de « renouvelables » ?
- Si oui, quelle est la durée de renouvelabilité de la ressource ? (temps nécessaire à la ressource pour se régénérer)
- Quelle est la provenance géographique des ressources ? (locales/importées)
- Les ressources sont-elles exploitées de manière responsable ?
- Le mode d'acquisition de ces ressources s'inscrit-il dans un cadre légal ?
- Quelle est la nature et le degré de transformation des ressources requis pour aboutir au matériau de base à la construction de pirogue ?

Tableau 12 – Définitions

Matériau péto-sourcé	matériaux dérivés du pétrole
Matériau bio-sourcé	matériaux dérivés de la biomasse d'une plante ou d'un animal
Matériau naturel	substances présentes dans la « nature » : une substance naturelle, telle quelle, non traitée ou traitée uniquement par des moyens manuels, mécaniques ou gravitationnels, par dissolution dans l'eau, par flottation, par extraction par l'eau, par distillation à la vapeur ou par chauffage uniquement pour éliminer l'eau ou qui est extraite de l'air par un quelconque moyen
Ressource renouvelable	une ressource renouvelable est une ressource naturelle dont les réserves sont normalement inépuisables, habituellement parce qu'elle se reproduit en continue. Exemples de ressource renouvelable : biomasse forestière, eau douce, poissons, solaire, ... Certaines ressources, que l'on pensait inépuisables, peuvent néanmoins s'épuiser avec la surexploitation effrénée de l'homme (temps accordé pour son renouvellement insuffisant). Cela permet d'introduire une notion de temps dans le renouvellement d'une ressource. Exemple : la pétrole est classé comme ressource non renouvelable bien qu'il pourrait se renouveler sur les milliers d'années nécessaires à sa transformation.

3.3.2.2 Transport et Distribution

Il s'agit d'examiner les impacts associés aux moyens de diffusion des ressources utilisées pour la confection des pirogues : entreposage, manutention, transport. On évalue ici principalement le bilan matière / énergie associé à l'acheminement des ressources sur le lieu de construction.

3.3.2.3 Fabrication et mise en œuvre

Il s'agit d'examiner les impacts associés aux moyens de réalisation des pirogues : outillage, gestion des déchets, flux de carbone, bilan matière / énergie. On évalue ici principalement la nature des déchets produits lors de la fabrication des pirogues (pétro-sourcés/naturels) ainsi que l'impact sanitaire (émission de COV).

Tableau 13 – Définition

COV	Les composés organiques volatils, ou COV sont des composés organiques pouvant facilement se trouver sous forme gazeuse dans l'atmosphère terrestre. Ils constituent une famille de produits très large. Ces composés ont la particularité d'avoir un point d'ébullition très bas, ils s'évaporent ou se subliment facilement depuis leur forme solide ou liquide. Cela leur confère l'aptitude de se propager plus ou moins loin de leur lieu d'émission, entraînant ainsi des impacts directs et indirects sur l'environnement et la santé.
-----	--

3.3.2.4 Utilisation / durée de vie

Il s'agit d'examiner les impacts associés à l'usage des pirogues : émission de polluants et critères pour une durée de vie optimisée (réparabilité, réemployabilité).

3.3.2.5 Fin de vie

Il s'agit d'examiner les modes de gestion du stade fin de vie des pirogues lorsqu'elles acquièrent le statut de déchet, entendu comme le stade 3 de la pyramide des déchets, lorsque prévention et réemploi ne sont plus des options : collecte, recyclage, valorisation, enfouissement.

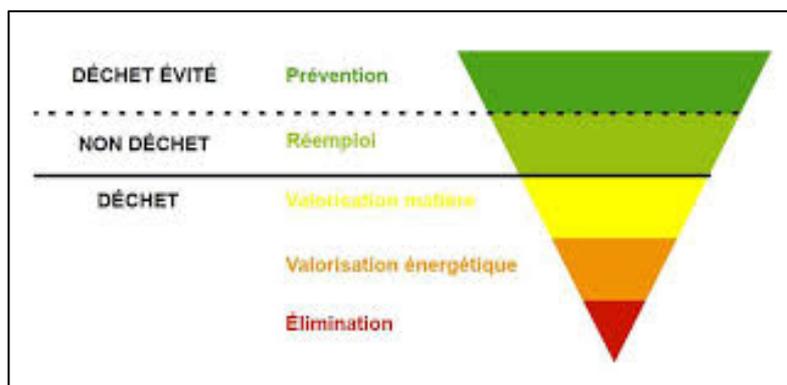


Figure 32 – Pyramide des déchets

3.3.3 Performance sociétale

La performance sociétale d'un objet peut être définie comme sa propension à répondre aux besoins, appétences et valeurs des potentiels usagers. Une approche user-centric permet de garantir un bon niveau de performance sur cet axe.

Une solution de construction innovante et respectueuse de l'environnement ne pourra être pérenne si elle n'est pas plébiscitée par les locaux, anciens ou nouveaux utilisateurs ou même constructeurs de la pirogue. La « désirabilité » de la pratique, de l'objet et de son mode de fabrication est donc à évaluer dans le but de définir les envies et besoins auxquels répond l'objet, mais aussi les valeurs qu'il incarne.

Voir la partie dédiée à « l'acceptabilité sociale » de ce document qui présente cette problématique dans la partie état des lieux (§2.4.3).

3.3.4 Performance économique

Les coûts des différents modèles proposés seront analysés de manière globale. Si le coût de construction en est une composante importante, le coût d'entretien doit aussi être pris en compte et peut dans certains cas représenter un réel enjeu financier pour le propriétaire. Le coût de construction étudié dans la synthèse inclus les éléments suivants :

- Coût de la matière première
- Frais et taxe d'importation (si matériaux importé)
- Coût des heures de main d'œuvre nécessaires à la construction
- Frais généraux (dépend de l'échelle de la structure en charge de la construction)
Amortissement de l'achat ou de la construction d'outillage particulier
- Le coût d'entretien quant à lui est très variable selon le type de navire ou de construction. A titre d'exemple, il est usuel de dire qu'un navire coûte 10% de son prix de construction en entretien tous les ans. Difficile de dire si ce précepte est applicable à la pirogue mais nous tenterons d'apporter une analyse qualitative pour pouvoir départager les différents modèles proposés.

3.3.5 Synthèse des critères de performance globale

Tableau 14 – Synthèse des critères de performance globale

PERFORMANCES TECHNIQUE ET FAISABILITE	Qualités et performances nautiques (axé sur le potentiel de chaque matériau envisagé)	Formes
		Poids
	Conformité réglementaire et potentiel d'adaptation aux réglementations	
	Faisabilité	Disponibilité des capacités de production à court et moyen terme
		Complexité et autonomie de fabrication
Temps de conception/construction nécessaire		
PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE TOUT AU LONG DU CYCLE DE VIE (ACV) ET POTENTIEL D'ECO-CONCEPTION	Approvisionnement	Origine locale
		Origine responsable et légale
	Renouvelabilité des ressources – utilisation de produits biosourcés vs pétro-sourcés ou naturels	Quantités nécessaires à la fabrication
		Conservation de la biodiversité
		Empreinte carbone de l'extraction
	Transport / distribution	Empreinte carbone – circuits courts
		Contraintes d'entreposage
	Fabrication	Voies et infrastructures de distribution
		Impact carbone
		Pollution de l'air et de l'eau
	Usage	Santé des fabricants (nocivité des substances, allergènes, gestes de fabrication)
		Pollution des milieux marins et terrestres
		Santé des usagers
Fin de vie	Durée de vie / Pérennité du matériau dans une logique zéro déchet	
	Potentiel de réemploi pour un usage proche ou upcycling (réutilisation à valeur ajoutée. ex : fonction artistique...)	
PERFORMANCE SOCIALE, SOCIETALE ET CULTURELLE	Potentiel de recyclabilité (démontabilité, qualité de la matière 1ere secondaire...)	
	Désirabilité, alignement avec les attentes des usagers	
	Acceptabilité sociale des pratiques liées (ex : santé des pratiquants, santé usagers, nuisance sur site de fabrication, préservation des ressources locales, conservation / transmission des savoir-faire traditionnels, du patrimoine naturel et bâti...)	
PERFORMANCE ECONOMIQUE GLOBALE	Esthétique et insertion dans le paysage mahorais	
	Coût de construction de fabrication et de maintenance	Coût des matière premières
		Frais et taxe d'importation (si matériaux importé)
		Amortissement de l'achat ou de la construction d'outillage particulier
		Coût des heures de main d'œuvre nécessaire à la construction
		Frais généraux (dépend de l'échelle de la structure en charge de la construction)
	Co-bénéfices	Revenus complémentaires pour les habitants
		Valeur à la revente
	Impacts sur l'économie locale	Valeur de partage et de fonctionnalité
		Coût de structuration de la filière
Création d'emplois locaux		
Contribution à l'allègement de la balance commerciale		

La partie suivante propose d'analyser les 4 modèles d'évolution proposés sur chaque axe de performance défini ci-dessus.

3.4 EVALUATION DE LA PERFORMANCE GLOBALE DES DIFFERENTES SOLUTIONS PROPOSEES

La matrice de synthèse consultable en annexe propose de comparer la performance globale des différentes évolutions. L'évaluation courte proposée ci-dessous est destinée à être lue à l'aide de cette annexe et porte sur les critères les plus notables du tableau 14. Une étude approfondie d'impact environnemental, social et économique des modèles permettrait de traiter chaque évolution proposée au regard de l'ensemble des critères ci-dessus.

3.4.1 Evolution 1: conservation et pérennisation du modèle de la pirogue en bois durable

Comme évoqué dans l'état des lieux, la pirogue bois est le modèle traditionnel mahorais. De conception principalement monoxylo, on récence toutefois quelques variantes plus sophistiquées, notamment la pirogue polyxyle présentée plus haut dans ce rapport. Aujourd'hui, la ressource bois de Mayotte fait l'objet d'une protection forte, qui rend son exploitation légale complexe pour de petits artisans isolés de l'île. **Comment rendre compatible la conservation et la pérennisation du modèle de la pirogue bois avec une gestion raisonnée des ressources en bois ?**

PROPOSITION D'EVOLUTIONS :

Ce scénario d'évolution propose de **conserver le modèle de la pirogue en bois**, tout en facilitant un accès légal à la ressource bois locale pour les constructeurs de pirogues. Il est en effet envisageable à moyen terme, de mobiliser du **bois d'œuvre issu des campagnes de défrichement d'espèces invasives** opérées par le SRF dans les forêts de Mayotte (d'autres sources sont possibles : clauses de revalorisation dans le cadre de marchés de construction / marchés d'entretien des routes). Ce bois pourrait être acheminé, mis à disposition et potentiellement débité par la scierie de Coconi à un prix raisonnable.

Comme discuté plus haut, ce scénario est tributaire d'un compromis entre les exigences nationales en matière de gestion des ressources (les orientations forestières) et les besoins exprimés par les gestionnaires locaux. Sa viabilité dépend, en grande partie, du succès du projet de réhabilitation de la seule scierie de l'île. Il implique d'autre part, d'identifier les essences susceptibles d'être utilisées pour la construction navale.

Inspirée des pirogues Sakalaves, la solution 1B, consiste à **appliquer à la construction traditionnelle (modèle 1A) un principe d'économie** dans la mise en œuvre du bois de construction pour réaliser les pirogues. Il a déjà été éprouvé par d'autres sociétés de constructeurs traditionnels en réponse à la raréfaction de bois d'œuvre de dimension suffisante pour réaliser des pirogues entièrement monoxyles.

ANALYSE :

Performance et faisabilité technique : La conservation du modèle monoxylo ne laisse envisager que peu de perspectives d'optimisation des qualités nautiques des pirogues traditionnelles. En revanche, par la mise en œuvre d'un système structurel plus complexe, la variante polyxyle, offre la possibilité de réduire les échantillonnages (la quantité de matière) et donc le poids de l'embarcation, et ainsi d'améliorer le potentiel vitesse. D'autre part, la certification de ce type de pirogues risque de représenter une difficulté. En effet, il s'agirait de proposer un modèle qui puisse être répliqué suffisamment précisément par différents

constructeurs pour que le dossier technique du prototype reste valable d'une pirogue à l'autre. Pour pallier cette difficulté, il est possible de **proposer un guide de conception**, proposant des principes généraux à respecter pour réaliser des pirogues conformes aux exigences de la réglementation maritime. Enfin, la faisabilité d'un tel **scénario dépend fortement des actions menées par les autorités locales** de gestion de la ressource en bois, notamment de la politique de redynamisation de la filière bois. Le savoir-faire est présent à Mayotte, il ne manque que la possibilité d'un accès **légal** aux ressources de l'île.

Performance environnementale : Le bois est un matériau d'origine naturelle, renouvelable, recyclable, propre (au sens de non nocif et peu polluant) et de faible impact sur la santé. Dans un contexte de déforestation préoccupante à Mayotte liée à l'intensité de la coupe illégale, il s'agit d'évaluer et de prélever des quantités raisonnables et raisonnables permettant le renouvellement de la ressource (le nombre de constructions de pirogues bois traditionnelles neuves s'élèverait selon nos estimations à 20-30 pirogues/an). Si la ressource bois est bien gérée selon les principes de gestion durable définis lors de la conférence d'Helsinki, alliés à une stratégie de coupe adéquate, et une sélection pour cet usage de bois denses qui séquestrent le plus de carbone par mètre cube, la valeur environnementale du modèle est indiscutable. Le modèle peut même contribuer à son échelle à la performance carbone de l'île, car « en stockant du carbone pendant la durée d'usage », les produits bois matériaux constituent un autre réservoir carbone, toutefois beaucoup moins important que celui des écosystèmes »ⁱⁱⁱ. C'est également le matériau qui, faiblement traité, présente le plus de possibilités en fin de vie avec des options de valorisation énergie (combustion) et de valorisation matière facilitées par son homogénéité. Il s'agit cependant dès le stade de la conception, et en concertation avec les acteurs de la filière forêt-bois locale, de penser l'impact carbone de la dégradation du matériau bois en fin de vie, impact qu'il sera nécessaire de compenser par la production de nouveaux produits bois dans une approche systémique.

Performance sociale : La potentielle performance sociale du modèle est quant à elle plus nuancée. En effet, en termes de désirabilité le modèle de la pirogue bois permet certes de faire vivre le savoir-faire traditionnel, mais ne répond pas à l'attrait pour la modernité exprimé au sein de la communauté d'utilisateurs. Il est cependant intéressant de mentionner la dynamique de retour d'un nombre grandissant des consommateurs français vers des produits plus naturels, plus locaux, plus connectés aux savoir-faire de la communauté. On remarque en effet que les consommateurs sont de plus en plus nombreux, tous secteurs confondus y compris dans les domaines de la construction et de l'ameublement, à plébisciter les éco-matériaux et à rejeter les matériaux de synthèses (mais un autre exemple serait celui du verre versus le plastique pour les emballages, étude Citeo). Des chercheurs expliquent cette tendance par le phénomène de biophilie défini par Edward O. Wilson comme « un besoin spontané qu'ont les humains d'autres formes de vie ». Sur ce point, on peut supposer que l'évolution de la désirabilité des modèles bois est grandement corrélée à la prise de conscience écologique progressive de la population locale. L'acceptabilité du modèle dépendra également du degré de nuisances générées par l'exploitation locale de cette ressource et la compréhension par le plus grand nombre des dynamiques de gestion raisonnée des forêts. Les débouchés économiques de cette nouvelle activité et sa contribution à la souveraineté mahoraise sur les ressources naturelles devrait peser positivement dans la balance.

Performance économique : Bien que nous ayons très peu de données à ce sujet, il est important de rappeler qu'en tant que ressource naturelle et locale, le bois surperforme face à tous les autres matériaux envisagés (stratification / contre-plaqué) qui nécessitent davantage de transformation et génèrent des coûts d'importation sur l'île. D'autre part, au projet de développement de la filière bois est associé la perspective d'impacts économiques positifs pour l'île (maintien des services écosystémiques forestiers, création d'activités et d'emplois directs pour la production, création d'emplois indirect dans les écosystèmes de formation et le tourisme de l'artisanat local...).

APPRECIATION :

Cette solution paraît la plus séduisante pour sa capacité à faire revivre et à conserver les traditions de Mayotte et semble l'être également d'un point de vue environnemental - en proposant l'impact environnemental négatif le plus faible, mais également l'impact environnemental positif le plus important, en cas de mise en place d'une gestion raisonnée des ressources bois de Mayotte permettant le renouvellement des ressources et des sols et le maintien de services écosystémiques précieux pour les territoires.

Cependant, les problématiques suivantes sont soulevées par l'analyse :

- A quelle échéance sera-t-il possible de faire reposer ce type de construction sur une politique de gestion durable de la ressource bois à Mayotte ?
- Cette solution tourne le dos à l'évolution à court terme des attentes sociétales et son succès dépend de la maturité des connaissances et convictions environnementales des usagers locaux. Comment pérenniser la pratique de la construction de la pirogue traditionnelle quand la jeunesse se tourne vers des solutions plus modernes mais plus polluantes ? Peut-on voir dans le projet une opportunité de sensibiliser les nouvelles générations aux problématiques climat et environnement et à leur lien avec d'autres problématiques sociales et environnementales ?
- Une solution plus visionnaire de construction écologique peut-elle exister dans une société si elle ne correspond pas aux exigences actuelles de progrès exprimées par la population ?

Cette solution remplit une bonne partie des attentes écologiques et de conservation des traditions. Le risque est cependant qu'elle soit délaissée par la jeunesse au profit des matériaux composites. L'opportunité qui s'offre au Parc et ses partenaires avec ce modèle est celle de pouvoir communiquer de façon concrète, illustrée et contextualisée sur les sujets de l'économie de la ressource et de la gestion des déchets sur le territoire mahorais.

3.4.2 Evolution 2 : amélioration du modèle de la pirogue composite

Comme nous l'avons vu plus haut, la construction composite est une technique pratiquée par de nombreux *fundi* à Mayotte. Si ce modèle est très apprécié pour ses performances techniques, son impact environnemental est en revanche très questionnable. En effet, la construction composite « classique » met en œuvre des matériaux de synthèse, issus de l'industrie pétrochimique. Les fibres de verre ainsi que les résines utilisées sont réalisées à partir de ressources non renouvelables, via des procédés de fabrication polluants et consommateurs en énergie. Par conséquent, leur manipulation et leur mise en œuvre ont un impact fort sur la santé des producteurs et sur l'environnement. Mentionnons également la faible ré-employabilité et recyclabilité en fin de vie de ces matériaux composites, qui constituent alors un déchet non valorisable. Faire le choix du composite classique en phase conception, c'est aller contre la politique de réduction des déchets à la source menée par Mayotte mais c'est aussi contribuer au problème majeur des déchets et aux risques écologiques et sanitaires associés. Cela fait également peser le risque d'une faible acceptabilité future du modèle par de nouvelles générations d'habitants confrontées à cette problématique déchet grandissante. La question qui se pose alors est : **comment optimiser la performance environnementale du modèle de la pirogue composite et faire de cet objet un modèle de modernité non seulement technique mais également environnemental et social ?**

PROPOSITION :

Le principe d'évolution proposé consiste à minimiser la présence de ressources pétrochimiques nécessaires à la réalisation d'une coque stratifiée. Il s'agit donc de faire appel, autant que faire se peut, à des matériaux naturels ou bio-sourcés (i.e. dérivés de la biomasse). Aujourd'hui cette stratégie de substitution fait l'objet de nombreuses applications commerciales dans l'industrie de la plaisance nautique : les fibres de verre sont généralement remplacées par des fibres végétales ; les résines polyester par des résines époxy « bio-sourcées ».

Les fibres végétales : Les fibres végétales constituent une alternative intéressante aux fibres synthétiques. Elles sont issues de matières renouvelables (telles que le chanvre, le lin), leurs procédés de fabrication sont globalement moins impactants sur l'environnement, leur manipulation et mise en œuvre ne pose pas de problème de santé humaine. Par ailleurs, en fin de vie, elles sont susceptibles de retourner à la terre (production de biomasse par compostage). Précisons que le composite réalisé avec des fibres végétales ne sera lui-même compostable que si la matrice l'est aussi. Le lin, le chanvre, l'ortie et la jute sont aujourd'hui parmi les fibres végétales présentant le plus d'intérêts (propriétés mécaniques, durabilité, disponibilité agricole, etc.). Aujourd'hui l'utilisation de fibres végétales, comme renfort est concevable sur des embarcations de petite taille ou sur certaines applications non structurelles constituant le bateau. Si, l'exploitation des fibres végétales semble donc être une alternative à fort potentiel, il est important, cependant, de mettre en place une gestion durable et raisonnée de l'espace agricole nécessaire à leur culture. La notion de complémentarité avec les cultures alimentaire est à envisager.

La profusion de certaines ressources à Mayotte permettrait d'envisager d'aller plus loin dans cette démarche, en évitant les impacts négatifs liés à l'importation et en testant l'utilisation de fibres végétales **locales** comme la bourre de coco ou bien les feuilles de bananier. Cette opportunité est en revanche tributaire de la mise en place d'une filière locale pour la

fourniture de tissus de fibres végétales destinés à la stratification. Il s'agit d'une bonne occasion de susciter la réflexion sur l'utilisation des co-produits de l'agriculture locale et sa contribution au développement des principes de bioéconomie à Mayotte. Là aussi, une vision systémique est requise, portant cette fois sur l'allocation et la priorisation des usages des terres et des ressources à l'échelle de l'île.

Les bio-epoxy : Depuis quelques années, nous voyons se développer de nouvelles formulations de résines époxy, avec pour objectif principal de réduire l'utilisation de dérivés du pétrole pour leur fabrication. Par exemple, Dragonkraft a développé un produit à base d'huile de lin époxyfiée et d'un durcisseur naturel : l'EcoPoxy. Le durcisseur ne contient pas de COVs, ni de bisphénol, démontrés nuisibles pour la santé humaine. Dragonkraft pense avoir trouvé là une alternative à l'époxy classique. Ce produit peut être utilisé avec des tissus de verre, du chanvre, du lin et du basalte. Sicomin5 mène également des développements sur des résines époxy partiellement « biosourcées » pour réduire leur impact environnemental. Actuellement, la société commercialise la GreenPoxy 55, une résine dans laquelle la structure carbonée des chaînes polymères est en partie composée « d'atomes de carbone issus de la biomasse » (source : documentation commerciale Sicomin).

L'utilisation de matières premières biosourcées est effectivement une piste intéressante pour réduire les impacts environnementaux. Cela ne résout cependant pas le problème de la fin de vie de ces époxy (et de leurs composites), qui restent a priori non recyclables, et non biodégradables ou compostables en raison de leur nature composite. A date, nous manquons d'ailleurs d'informations pour évaluer sérieusement les performances environnementales de long terme de ces produits. Leurs performances d'usage reste également à valider : mise en œuvre, caractéristiques mécaniques, durabilité, etc.

L'enjeu de ce scénario est de s'inscrire dans une démarche progressive et de trouver un compromis entre la modernisation des techniques de construction navale vernaculaire et la minimisation de l'impact écologique associé aux procédés de construction – y compris via l'expérimentation de nouveaux matériaux biosourcés proposés par le marché.

La réalisation d'un moule sera aussi envisageable pour que le prototype puisse être répliqué.

ANALYSE :

Performance et faisabilité technique : Les performances techniques du modèle seront à minima identiques aux performances des embarcations en stratifiés « classiques » rencontrées sur l'île, jugés déjà plus performantes que les embarcations traditionnelles. Le poids de la coque est optimisé, la stratification est solide, l'étanchéité est maîtrisée, les formes de coques reproduisent parfaitement les formes typiques des pirogues monoxyles rencontrées sur l'île.

Pour les modèles composites, la faisabilité technique dépend principalement de la nature et de la forme des tissus utilisés pour la stratification :

- Cas de l'usage de tissus à partir de fibres naturelles de confection industrielle (type lin ou chanvre). La solution est réalisable à très court terme. Les tissus peuvent être commandés sur le net et livrés à Mayotte sans difficulté.
- Cas de l'usage de fibre naturelles locales (type bourre de coco ou tressage de feuille de bananier). La faisabilité de la solution dépend la possibilité d'identifier des partenaires locaux pour la réalisation de tissus propres à la stratification. Ce scénario

nécessite d'autre part de réaliser des études complémentaires afin d'évaluer les caractéristiques mécaniques du tissu.

La certification des embarcations ne représente pas une difficulté car le poids et les formes sont relativement bien maîtrisées dès la conception quand la construction est réalisée à partir d'un moule comme nous le proposons.

Performance environnementale : La performance environnementale dépendra du niveau d'exigence qui sera mis en place lors de la sélection des matériaux de base pour la stratification :

- Choix du type de résine
- Choix du type de fibre, importées ou produite localement

Les bonnes caractéristiques mécaniques des stratifiés permettent d'optimiser les structures et de réaliser des bateaux légers, donc potentiellement plus rapides ou moins consommateurs de carburant. Les matériaux composites présentent une bonne durabilité (environ 30 à 50 ans pour un bateau) et ne nécessitent qu'un faible entretien durant leur phase d'usage, sachant qu'une longue durée de vie est un atout non négligeable dans une analyse d'impact écologique

En revanche, comme évoqué plus haut, le gros point noir de cette solution reste la gestion de la fin de vie des embarcations stratifiés qui se révèle compliquée. La part de matière recyclable est quasi nulle et elle ne serait pas ailleurs pas prise en charge à Mayotte aujourd'hui compte tenu du système de gestion des déchets en place.

Enfin, il faut noter que les constructions composites imposent l'usage de moules - probablement réalisé en bois pour le cas qui nous occupe : suivant la taille de la série de pièces à réaliser, l'impact environnemental lié au moule peut ne pas être négligeable, et devra aussi être prise en compte.

Performance sociale : C'est sans doute le critère qui contribue le plus à la performance globale de cette solution. Il s'agit en effet pour préserver une part de l'héritage culturel mahorais de répondre à la demande locale de matériaux plus modernes et plus performants tout en proposant une alternative compétitive aux matériaux composites classiques utilisés aujourd'hui dont le degré d'acceptabilité par les futurs usagers est amené à évoluer. Notons que les bio-composites que l'on voit émerger sur le marché reçoivent généralement un bon accueil chez les constructeurs et les utilisateurs, de plus en plus soucieux de leur empreinte environnementale. Cette solution permet aussi, d'une certaine manière, de faire vivre les traditions mahoraises en utilisant et en reproduisant les formes de coques des pirogues traditionnelles monoxyles.

Performance économique : Les matières premières sont chères. En revanche, le coût de construction est faible, mais un investissement de départ peut être nécessaire s'il est décidé de réaliser des moules (l'investissement dans un moule en bois est de l'ordre du prix d'une pirogue neuve). La construction est très rapide et donc très économe si elle est réalisée dans des moules, et c'est un des principaux intérêts de ce type de construction => la rapidité et la répliquabilité.

APPRECIATION

Si l'usage de matériaux naturels et / ou bio-sourcés vise à améliorer la performance environnementale du modèle composite, la non-recyclabilité des stratifiés pose un problème fondamental dans une démarche d'éco-conception qui prend en compte l'ensemble du cycle de vie du produit : la pirogue stratifiée est un déchet en puissance. A noter que les perspectives de recyclage ou de valorisation des matériaux composites sont encore à l'étude dans les laboratoires (broyage, incinération/thermolyse, dépolymérisation, biodégradation/compostage).

Cependant, le développement de ce modèle sur l'île de Mayotte présente certains avantages : c'est une expérience qui, à petite échelle est réalisable à court terme, car elle n'est pas sujette aux problématiques d'accès aux ressources en bois. D'autre part, ce modèle ouvre des perspectives d'expérimentation au service de l'évolution responsable de matériaux de construction nautique dominants et de la valorisation des coproduits agricoles mahorais. L'évolution du modèle pourrait ainsi prendre de nombreuses formes selon les moyens engagés pour améliorer sa performance écologique. De l'importation de fibres et de résines végétales à la mise en place d'une filière permettant d'exploiter des ressources locales telles que la bourre de coco, c'est une solution qui se veut « **évolutive, expérimentale et progressive** ». Son impact écologique pourra évoluer au fil du temps, avec la disponibilité croissante de ressources de plus en plus écologiques. Elle permettrait ainsi à ce projet d'éco-conception du futur modèle de pirogue mahoraise de contribuer à la recherche et innovation de solutions responsables / exemplaires à l'échelle de l'industrie nautique et à l'échelle du territoire. L'investissement dans un outillage (moule) pourrait de plus permettre de rationaliser la production pour une meilleur entente entre les autorités et les constructeurs / utilisateurs au sujet de la conformité de ces embarcations. Ce moule pourrait par exemple être la propriété du Parc Marin, et mis à disposition de quelques constructeurs qui seraient en charge de la construction des unités futures sur ce modèle. Il offrira la possibilité de pouvoir faire évoluer les matériaux de construction au fil du temps, sans pour autant changer les dimensions et formes des embarcations. Cette solution s'inscrit dans une logique d'encadrement du progrès au regard des problématiques environnementales et représente ainsi une solution qui semble pouvoir être très appréciée par les constructeurs et usagers.

3.4.3 Evolution 3 : popularisation du modèle de la pirogue mixte

Comme expliqué plus haut, le modèle de la pirogue « cousue-collée » est déjà présent à Mayotte, mais peu rependu. Il se caractérise par une mise en œuvre simple et rapide, qui peut aisément être exécutée par un amateur avec peu d'expérience en matière de construction navale. C'est l'une des raisons de sa popularité dans le cadre de projets pédagogiques (scolaires ou associatifs). Cependant, le modèle s'éloigne de la tradition navale mahoraise notamment en ce qui concerne les formes de coque. De plus certains *fundu* dénoncent la fragilité des assemblages de panneaux de contreplaqué, notamment lors de la mise à l'eau ou du tirage à terre auxquels sont quotidiennement soumises les pirogues. Cette technique d'assemblage est pourtant réputée pour être très robuste sous d'autres latitudes et il est étonnant de constater une certaine méfiance de la part des *fundu* à l'égard de cette technique. La fragilité dénoncée semble plutôt découler d'une mauvaise mise en œuvre du matériau en local que d'une fragilité intrinsèque incompatible avec l'usage traditionnel de la pirogue. **Comment alors démontrer aux mahorais les performances du modèle de la pirogue mixte?**

PROPOSITION :

L'enjeu de la proposition est double : il s'agit à la fois de **démontrer la performance technique** du modèle et en même temps **d'améliorer sa performance environnementale** par l'usage de matériaux « bio-sourcés » pour le collage et la stratification des panneaux CP. Notre proposition consiste à encadrer un projet de construction afin de mettre en évidence les bénéfices de ce type de construction face au modèle bois traditionnel et au modèle composite. L'embarcation proposée sera optimisée et certifiée, et servira de modèle permettant de présenter des techniques de mise en œuvre fiables, simples et robustes permettant à terme la **démocratisation de cette technique**.

ANALYSE :

Performance et faisabilité technique : Le poids de l'ensemble est bien mieux maîtrisé et nettement inférieur aux pirogues bois traditionnelles, ce qui est un gros atout. En revanche, les formes de coques seront quant à elles moins « lisses » que sur les pirogues traditionnelles, et les bouchains (facettes entre panneaux) participent à l'augmentation de la résistance à l'avancement de l'embarcation. La mise en balance entre légèreté et performance altérées de la carène sera néanmoins en faveur de cette solution face aux pirogues traditionnelles. Il s'agit d'autre part d'une solution disponible immédiatement et uniquement conditionnée par la seule importation de panneaux de contre-plaqué (au moins dans un premier temps en l'état actuel de la production locale) et de fibres et résines pour les assemblages. La certification des embarcations sera aisée car le poids et les formes sont très bien maîtrisées.

Performance environnementale : Le contreplaqué est un matériau qui n'est pas produit sur l'île car il n'y existe pas d'outil de transformation de la ressource bois. La réhabilitation de la scierie de Coconi représenterait une solution, mais elle n'est pas encore d'actualité, et le contre-plaqué devra dans un premier temps être importé. Une attention particulière devra donc être portée à l'origine des panneaux de contre-plaqué utilisés, en appliquant un principe de sourcing en circuit le plus court possible et en s'assurant d'une provenance « labélisée », garantissant la gestion durable des forêts dont est issu ce matériau ainsi que le faible impact carbone et ressources de la production de ce matériau de fabrication.

Comme pour la modèle composite, la fin de vie de la pirogue mixte pose problème. Le contre-plaqué est un matériau qui résulte de l'assemblage et du collage de fines plaques de bois massif entre elles. Les colles, solvants, ainsi que la résine et les fibres utilisées pour l'assemblage des panneaux lors de la construction ne sont pas des matériaux biodégradables (sans compter leur potentielle toxicité pour les fabricants). Une attention particulière devra donc être portée à la gestion de la fin de vie, d'autant plus que la longévité de ce type de structure est inférieure à celle des matériaux composites ou des constructions monoxyles.

Performance sociale : La simplicité de mise en œuvre semble être un réel atout pour la diffusion de cette solution dans la société mahoraise. Cependant, cette technique de mise en œuvre et les techniques d'assemblage utilisées ne sont pas très représentées dans la population, et assez éloignées des traditions mahoraises. Il semble en effet notamment difficile de continuer à faire vivre les formes de coque traditionnelles observées à Mayotte au travers de cette technique d'assemblage. De plus, cette solution ne répond pas franchement à l'attrait pour la modernité constaté au sein de la population de constructeurs et d'usagers. Comme pour les matériaux composites classiques, il s'agit également d'anticiper la potentielle remise en cause des produits trop complexes mettant en œuvre des matériaux polluants et de synthèse par des futures générations davantage sensibilisées à leurs impacts environnementaux et sanitaires.

Performance économique : Le coût des matières premières est faible. La construction est rapide et nécessite peu de qualifications. C'est donc la solution plus économique parmi le panel proposé si l'on ne tient pas compte des coûts d'importation des matériaux de fabrication.

APPRECIATION :

Les constructions en bois sont très souvent séduisantes aux premiers abords du fait de la connotation « écolo » de ce type de construction. Mais une analyse précise devra être menée pour pouvoir appréhender son réel bienfondé « écologique », en confrontant cette solution plus en détail et de manière chiffrée aux critères d'appréciation de performance environnementale globale. Le besoin d'importer le matériau, l'utilisation de colles et de résine, une longévité modérée, et une gestion de fin de vie pas si simple qu'il n'y paraît sont autant de points négatifs qu'il faudra intégrer dans cette analyse. Le fait qu'il ne réponde pas exactement à l'attrait pour la modernité des locaux, sans pour autant faire vivre pleinement la tradition mahoraise fonde sans doute la plus grosse réserve concernant cette dernière proposition. Ce manque de désirabilité représenterait vraisemblablement un frein à son développement, au risque de laisser la part belle aux constructions en composite les plus dégradantes pour l'environnement, mais fortement plébiscitées.

4 CONCLUSIONS GENERALES POUR L'AIDE A LA DECISION

Repenser le modèle traditionnel de la pirogue mahoraise est un sujet complexe. Dès lors que l'on considère l'ensemble des interactions que cet objet entretient avec son environnement physique, biologique, social, culturel, économique..., ce projet d'éco-conception devient un sujet d'équilibre, de compréhension des interactions entre les différents environnements évoqués et de priorisation des impacts pour tendre vers une maximisation des bénéfices pour les différentes parties prenantes directes et indirectes. En effet, cette étude met en évidence des problématiques et des grandes tensions dont les réponses dépassent le cadre d'un projet de « construction navale ».

Malgré l'importance de la pirogue pour l'île, dans la construction de son histoire et dans l'organisation de la vie traditionnelle mahoraise, force est de constater au regard du voyage d'étude le déclin des traditions associées à la construction et à la navigation de ces pirogues au profit d'embarcations plus modernes. Les savoir-faire et les traditions sont de fait en train de disparaître avec les derniers *fundi pirogues* présents sur l'île.

Dans le même temps, la jeunesse a soif de modernité, ou du moins de l'idée qu'elle s'en fait. Elle se tourne vers des embarcations plus rapides, plus durables (au sens strict de la durée de vie), plus complexes aussi. Souvent motorisées, elles leurs permettent d'étendre leur périmètre de navigation à moindre efforts. En conséquence, la tradition recule, et les dégradations subies par l'environnement augmentent.

Ce rapport a permis de mettre en regard 3 modèles¹⁰ de pirogues (Tableau 15) déjà présents à Mayotte et de proposer des perspectives d'évolution permettant d'optimiser la performance globale de chacun de ces modèles (Tableau 16).

Tableau 15 – Modèles de pirogues existants

MODELE 1		MODELE 2	MODELE 3
LA PIROGUE BOIS		LA PIROGUE COMPOSITE	LA PIROGUE MIXTE « COUSUE-COLLEE »
BOIS MASSIF		CONSTRUCTION STRATIFIEE	CONSTRUCTION MIXTE CONTREPLAQUE BOIS + STRATIFIE
A - CONSTRUCTION MONOXYLE	B - CONSTRUCTION POLYXYLE		
			

Tableau 16 – Axes d'évaluation de la performance globale

PERFORMANCE GLOBALE			
PERFORMANCE TECHNIQUE ET FAISABILITE	PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE	PERFORMANCE SOCIALE	PERFORMANCE ECONOMIQUE

¹⁰ Un modèle est défini par le couplage de matériaux constructifs - bois massif, contreplaqué, fibres (verre/végétale), résine (polyester/époxy) - et une typologie constructive - monoxyle, polyxyle, stratifié, cousu-collé.

L'analyse présentée et synthétisée dans le tableau en annexe de ce document, fait ressortir qu'aucune des solutions ne permet de répondre à elle seule à l'intégralité des objectifs de l'étude :

- Dans une démarche d'éco-conception, suivant laquelle il s'agirait de minimiser l'impact des pirogues sur l'environnement, le modèle de la pirogue bois (**modèle 1A et 1B**) s'impose comme le modèle le plus vertueux et le plus durable. Le bois est un matériau par essence naturel, disponible localement et intégralement biodégradable. Les pirogues bois monoxyles et polyxyles sont des constructions globalement propres si les aspects prélèvement de la ressource et fin de vie sont bien gérés et qui ont l'avantage de préserver les gestes associés au savoir-faire traditionnel, pérennisant ainsi un précieux héritage culturel maritime. Cette solution n'est cependant pas disponible à court terme. Sa viabilisation reste dépendante du développement d'une filière bois permettant aux *fundi* un accès légal à une ressource gérée durablement. Elle dépend donc de l'évolution des politiques de gestion durable des forêts de Mayotte et du projet de réhabilitation de la scierie de Coconi porté par le Service Départemental Des Ressources Forestières.
Par ailleurs, ce premier scénario, dont l'approche est plutôt conservatrice, ne permet pas de répondre pleinement à la pluralité des enjeux décrits dans le document. Redynamiser la pratique et les savoir-faire autour de la pirogue mahoraise, passe par l'intérêt et le soutien de la population locale. Une solution de construction respectueuse de l'environnement, innovante ou non, ne pourra être pérenne que si elle est plébiscitée et adoptée par les locaux, anciens ou nouveaux utilisateurs et par les constructeurs de la pirogue eux-mêmes. Le niveau d'acceptabilité sociale et environnementale de l'objet et de la solution constructive associée dépend quant à lui de la prise de conscience de l'ensemble des parties prenantes quant aux enjeux de développement durable.
- Dans un contexte de développement global du territoire, dans lequel la pression du progrès favorise l'usage de matériaux plus performants mais plus complexes, il semble intéressant d'étudier les possibilités d'encadrement de l'impact écologique de ce type de construction actuellement qualifiable de « polluante ». Une alternative à la solution traditionnelle en bois, plus écologique si bien gérée, mais vouée à disparaître si elle reste à contre-courant des évolutions sociétales, serait donc de faire évoluer par éco-conception le modèle de la pirogue composite (**modèle 2**) dans le but de minimiser son impact sur l'environnement. Cette évolution vers plus de durabilité se manifesterait par exemple par la mise en œuvre de matériaux partiellement bio-sourcés, et potentiellement produits et transformés à Mayotte. Ce scénario représente une alternative radicale à la construction monoxyle traditionnelle mais s'inscrit dans une logique d'adaptation à la modernité, capitalise sur un savoir-faire existant à Mayotte.
Faisant usage de matériaux en compatibilité directe avec les attentes des usagers de pirogues, ce modèle a **vocation à évoluer avec les attentes écologiques et sociales**. Si elle se présente actuellement sous une forme moins respectueuse de l'environnement que la construction monoxyle, elle pourrait néanmoins évoluer positivement dans le futur au gré des évolutions dans des secteurs corrélés à ce type de construction :

- Amélioration des qualités environnementale des résines bio-sourcées disponibles sur le marché
 - Origine des fibres utilisées => développement de filière locale
 - Gestion de la fin de vie => développement des techniques de traitement et de recyclage des constructions composites
- Enfin, le développement et l'optimisation du modèle de la pirogue « cousue-collée » (**modèle 3**) offre quant à lui une réponse simple, universelle et très avantageuse d'un point de vue disponibilité et de simplicité technique, lui permettant d'être mise en œuvre très simplement par le plus grand nombre. C'est une solution qui est performante d'un point de vue environnemental, mais qui peine à répondre aux besoins de conservation des traditions mahoraises, et qui, ne semble par ailleurs pas susciter d'intérêt marqué au sein de la population mahoraise. On note en effet un déficit de désirabilité. Si cette solution semble très adaptée à des projets de sensibilisation et de découverte des métiers et traditions de construction navale, elle ne semble pas suffisamment attractive pour concurrencer les constructions en composites en pleine essor à Mayotte.

Ces différentes typologies d'évolution des méthodes de construction des pirogues présentent chacune des avantages et des inconvénients, et il reviendra au Parc Marin de trancher et d'orienter le projet vers la solution qu'il jugera la plus favorable pour un développement en compatibilité avec ses principes d'action, son budget, ses contraintes de planning et une mise en œuvre adaptée au tissu économique local.

D'autre part, il semble qu'un choix relatif à la hiérarchisation des critères d'évaluation de la performance globale de l'objet devra être effectué par les équipes du Parc pour orienter les prochaines étapes du projet sur la base de cette première étude. Il s'agit, dans la prolongation de la présente analyse, de définir une vision de la société et son évolution, ainsi que de se prononcer sur un positionnement politique face à la notion de progrès. Les décisions prises passeront vraisemblablement par un choix entre une vision « high-tech » ou « low-tech » de la notion de progrès, respectivement incarnées par la construction d'un prototype performant en bio-composites d'un côté et la conservation et l'optimisation des techniques traditionnelles plus respectueuses de l'environnement, mais moins « à la mode » de l'autre.

Est-il préférable de favoriser une solution très écologique mais à contrecourant de la demande usagers actuelle, ou d'encadrer et d'accompagner un progrès technique correspondant à l'évolution des attentes des utilisateurs ? Nous savons à quel point ces questionnements oh combien à l'ordre du jour réclament de chaque organisation un choix politique majeur, rarement évident, rarement unanime, et pourtant essentiel, entre différentes visions des sociétés humaines.

5 RECOMMANDATIONS ET SUITES

5.1 RECOMMANDATIONS DE L'EQUIPE D'ECO CONCEPTION ET D'ARCHITECTURE NAVALE

Afin de ne pas réduire la sélection du modèle à un choix purement théorique *a priori*, la réalisation en parallèle de 2, voire 3 prototypes, résultants de la mise en œuvre de chacune de ces typologies constructives présentées plus haut, permettrait de valider empiriquement les conclusions de la présente analyse - notamment sur l'axe désirabilité / acceptabilité sociale identifié. Il s'agira en effet d'éprouver et de tester à l'occasion de la compétition annuelle, le Défi du *fundi*, les qualités propres à chacun des prototypes selon une méthode d'expérimentation agile fondée sur les attentes des usagers et les propriétés de durabilité des modèles.

5.2 SUITES DE CE RAPPORT

Après validation d'une ou plusieurs solutions techniques présentées dans ce rapport, le projet se déploiera en 3 étapes :

1. Conception de l'embarcation selon le modèle retenu (ESQ, AVP, PRO)
2. Consultation d'un entrepreneur pour la construction du prototype
3. Suivi de chantier, essais et homologation
4. Test en navigation
5. Choix des modèles à produire à grande échelle

Sur la base des conclusions de l'expérimentation, il s'agira en effet pour la Parc de créer des partenariats avec un tissu d'acteurs locaux identifiés dans ce rapport (associations / établissements scolaires / artisans) afin de passer du prototype à la production en plus grande quantité et de faire de cette embarcation :

- Un modèle d'éco-conception dont la production sera intégrée dans un schéma vertueux de valorisation des ressources locales
- Un objets catalyseur d'activités économiques sur le lagon (pêche vivrière, récréation, tourisme...)
- Un objet moderne inspiré de l'héritage mahorais, adopté et apprécié par le plus grand nombre.

Précisons que c'est une volonté forte de l'équipe de conception de **proposer les plans du nouveau modèle en accès libre** dans le lagon, pour répondre à une logique de transmission et à l'objectif de **démocratisation de la pirogue mahoraise** contenus dans le cahier des charges. Ce choix est également aligné avec les pratiques d'open innovation ou innovation ouverte de l'équipe, qui espère voir les locaux s'emparer du modèle en performance globale proposé pour le faire évoluer à moyen terme avec les attentes et contraintes de la société mahoraise. Il en va de la pérennité même de ce nouveau modèle mais aussi de la sensibilisations du plus grand nombre à la préservation et à la restauration des patrimoines culturel, artisanal et environnemental de Mayotte.

6 CAHIER DES CHARGES

Ce cahier des charges a pour objet d'établir les différentes spécifications de conception indépendamment du choix du modèle (couplage matériaux / typologie constructive) qui sera effectué par le donneur d'ordres. Ces spécifications sont le fruit des différentes conclusions auxquelles l'équipe de conception a abouti à l'issue de l'état des lieux. Le cahier des charges reste ouvert et sera précisé et complété au lancement de la phase de conception.

6.1 PHILOSOPHIE GENERALE

L'architecture d'un navire est définie en termes de dimensions, de proportions, de matériaux, de structures, de formes de coque, d'aménagements, de couleurs, de décorations, mais également en termes de moyens de propulsion et de direction. En tant que système technique, un navire n'existe qu'en relation avec un environnement nautique particulier. Dans ce sens, la particularité d'un milieu nautique participe très sensiblement au façonnage de l'architecture d'une embarcation vernaculaire. En tant qu'objet, un navire est conçu en réponse à une fonction, il est un objet « social » inscrit dans une communauté humaine. C'est pourquoi un bateau ne peut pas être pensé, conçu et réalisé sans compréhension des liens qu'il entretient avec une société d'hommes et avec un milieu nautique.

Si ce travail de compréhension fait en partie l'objet de l'état des lieux présenté au début de ce rapport (§2), il est essentiel qu'un échantillon d'utilisateurs et de constructeurs de la pirogue soit convié à réagir sur le rendu de chaque étape de la conception (ESQ, APV, PRO). Sans cette démarche collaborative le projet perd son sens et la performance sociale de la solution proposée n'est plus garantie.

6.1.1 Entre héritage et modernité

Entre héritage et modernité, l'embarcation dans sa forme et son esthétisme s'inscrira à la croisée des codes de la tradition mahoraise et des connaissances de l'architecture navale contemporaine. Tout en concevant moderne, il s'agira de réinvestir une partie des formes et des systèmes de la pirogue traditionnelle.

6.1.2 Simplicité

L'embarcation se verra simple d'usage mais surtout simple de construction et d'entretien.

6.1.3 Modularité et multifonctionnalité

Le schéma d'aménagement de l'embarcation sera en adéquation avec le caractère multifonctionnel de l'outil pirogue. La conception sera pensée « modulaire » afin d'adapter la pirogue aux différents usages traditionnels : pêche, plaisance, régates.

6.2 PARTIES PRIS TECHNIQUE

6.2.1 Catégorie de conception

Marquage CE en catégorie D de conception (conçus pour des vents qui peuvent aller jusqu'à la force 4 comprise et pour des vagues qui peuvent atteindre une hauteur significative jusqu'à 0.30 mètre compris, avec des vagues occasionnelles d'une hauteur maximale de 0,50 mètre).

6.2.2 Dimensions générales

Les dimensions seront déterminées pour assurer la conformité avec la réglementation applicable et garantir un minimum de contraintes :

- Longueur inférieure à 6m
- Largeur suffisante pour une stabilité optimale (adaptée à la puissance de voilure)
- Volume et compartimentage du flotteur central nécessaire pour assurer une réserve de flottabilité minimale.
- Volume du flotteur latéral nécessaire pour une navigation optimale sous voile.

6.2.3 Capacité

La pirogue sera homologuée pour une capacité maximum de 2 / 3 passagers.

6.2.4 Poids

Le poids d'une embarcation détermine en grande partie son potentiel vitesse. La vitesse est synonyme de plaisir mais aussi de sécurité. D'autre part, le bilan écologique est proportionnel à la quantité de matière mise en œuvre dans la construction d'une embarcation. Toute optimisation de poids a un effet positif immédiat en termes d'impacts environnementaux (extraction, fabrication, fin de vie). D'autre part, l'optimisation du poids permet également de réduire la puissance nécessaire à la propulsion, et ainsi de réaliser des économies d'énergie et de matière durant la phase d'usage. Quel que soit le matériau retenu, l'optimisation de la structure du navire, des équipements et de l'armement sera un des enjeux majeurs du projet de conception.

6.2.5 Balancier

Nous l'avons vu plus haut, il fût un temps où des pirogues à double balancier filaient sur le lagon. Ces pirogues ont aujourd'hui disparu pour des raisons que l'on ignore. Cependant cette configuration symétrique règle de nombreux problèmes associés à la pirogue à balancier. C'est pourquoi, il sera considéré en option une configuration symétrique des flotteurs afin de faciliter la navigation sous voile.

6.2.6 Gréement

Le gréement traditionnel des pirogues mahoraises est de type latin (ou arabe). Ce type de gréement nécessite de recourir à des manœuvres complexes lors du virement de bord : le **gambayage**. Par souci de rendre l'embarcation plus accessible et attractive, l'étude d'une typologie de gréement alternative (gréement aurique, marconi ou pince de crabe) sera considérée afin de faciliter le virement de bord et d'augmenter les performances cap/vitesse de l'embarcation.

6.2.7 Système de navigation

Traditionnellement, la pirogue mahoraise se navigue à la pagaie (même sous voile). Afin d'améliorer les performances de la pirogue et le confort en navigation, les évolutions suivantes pourront être étudiées en alternative :

- Ajout d'un safran relevable et d'une dérive.
- Ajout de filets sur les bras de liaison pour augmenter la surface exploitable et le confort en navigation.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Barron, G. (2015). *Entre tradition et innovation : itinéraire d'un marin, Edmond Pâris (1806-1893)*, Thèse de doctorat en Histoire et civilisations.
- Bensoussan, O. (2009, Octobre-Novembre). La mer, menace ou espoir de développement pour Mayotte ? *Les Cahiers d'Outre-Mer [En ligne]* , 248.
- Blanchy-Daurel, S. (1990). *La vie quotidienne à Mayotte (Archipel des Comores)*, Thèse d'ethnologie sur Mayotte. Editions L'Harmattant.
- Busson, O. (2011). *La pêche à Mayotte, entre archaïsme et postmodernité.*, Editions L'Harmattant.
- Delnott, P. (s.d.). Les pirogues sakalava. *Chasse-Marée* , N°276.
- Georges Boulinier, G. B.-G. (1976). Chronologie de la pirogue à balancier : le témoignage de l'océan Indien occidental. *Journal de la Société des Océanistes* , 50, pp. 89-98.
- Gevey, A. (1870). *Essai sur les Comores*. Pondichéry: A. Saligny.
- Guezel, Quartararo, Aboutoïhi, Saindou, Salaün, Ybrahim, et al. (2019). *Richesses de Mayotte – parc naturel marin de Mayotte*. Mayotte.
- Liszkowski, H. D. (1999). *Mayotte et les Comores, Escales sur la route des Indes aux XVe et XVIIIe siècles.*, Editions du Baobab.
- Réseau ECONAV. (2010). *Cahier technique de l'éconavigation*. ECONAV.
- Romouli, & Youssouf. *La pirogue*. Fédération Intercommunale pour le Développement du Tourisme et de l'artisanat du Sud de Mayotte.
- Site de l'Agence Française pour la Biodiversité. (2018). *Parcs-naturels-marins/mayotte*. Consulté le 2019, sur www.aires-marines.fr: <http://www.aires-marines.fr/L-Agence/Organisation/Parcs-naturels-marins/mayotte>
- Stobbs, R. (s.d.). *INDIAN OCEAN OUTRIGGER CANOE MODELS* . Récupéré sur [stobbsfamily1: https://sites.google.com/site/stobbsfamily1/](https://sites.google.com/site/stobbsfamily1/)Home

8 TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Démographie de Mayotte de 1910 à 2017	8
Figure 2 – L'archipel des Comores	11
Figure 3 – L'île de Mayotte et son lagon	12
Figure 4 – Lieux d'origine des migrations arrivant aux Comores	13
Figure 5 – Pirogues à voiles sur la plage de Sohoa dans les années 70	15
Figure 6 – Course de pirogues dans le lagon, carte postale de Mayotte, 1928, gallica.bnf.fr	16
Figure 7 – Le Défi du fundi, 5 édition 2018	16
Figure 8 – Pirogues sur la plage de Sohoa dans les années 70	17
Figure 9 – Enfants jouant sur une pirogue	17
Figure 10 – Coupe retranscrit de l'architecture classique d'une pirogue mahoraise	19
Figure 11 – Hairami Bacar et sa pirogue traditionnelle monoxyle, Moinatrindri	20
Figure 12 – Essais d'une pirogue à la rame dans la baie de Mbouini	21
Figure 13 – Pirogue à voile, carte postale de Mayotte, 1928, gallica.bnf.fr	22
Figure 14 – Hairami Bacar et sa pirogue, dernière pirogue à voile en état d'usage de Mayotte	22
Figure 15 – Pirogue à voile	23
Figure 16 – Voile arabe	24
Figure 17 – Extrait de la planche n°1 – élévation type d'une pirogue mahoraise	25
Figure 18 – Pirogue monoxyle type mahoraise découverte sur la plage de Moinatrindri	25
Figure 19 – Extrait planche n°2 – élévation de la pirogue polyxyle type Sakalava	26
Figure 20 – Pirogue polyxyle collectée par le musée de Mayotte	26
Figure 21 – Pirogue traditionnelle Sakalava à Madagascar	26
Figure 22 – Pirogue polyxyle découverte sur la plage de Moinatrindri	27
Figure 23 – Pirogue à double balancier de Grande-Comore, carte postale, 1928, gallica.bnf.fr	28
Figure 24 – Elévation schématique des pirogues de la baie de Mbouini	29
Figure 25 – Equarrissage et creusage sur lieux de coupe de l'arbre	32
Figure 26 – Pirogue monoxyle prête à être assemblés (à gauche) Hairami et sa pirogue traditionnelle monoxyle (à droite), Moinatrindri	33
Figure 27 – Évolution du nombre de pièces de bois mises en œuvre pour confectionner le flotteur d'une pirogue	34
Figure 28 – Pirogue type Sakalava conservée au Muma, musée de Mayotte.	35
Figure 29 – Madi Saidou et sa pirogue traditionnelle en résine, Moinatrindri	38
Figure 30 – Projet de pirogue en contreplaqué du collège de Mtsamboro	40
Figure 31 – Barque YAMAHA W 23 SF	52
Figure 32 – Pyramide des déchets	60

Tableau 1 – Planning opérationnel du marché	4
Tableau 2 – Orientations du Parc Naturel Marin de Mayotte	9
Tableau 3 – Liste des parties prenantes rencontrées au cours de l'enquête	10
Tableau 4 – Synthèse des matériaux et typologies constructives recensés à Mayotte	31
Tableau 5 – Gestionnaires et autorités administratives de la forêt de Mayotte	42
Tableau 6 – Définition et acronyme	46
Tableau 7 – Synthèse règlementaire navire de plaisance	47
Tableau 8 – Synthèse règlementaire pirogues	49
Tableau 9 – Synthèse des propositions d'évolution des modèles de pirogue existants et propositions d'évolution	55
Tableau 10 – Axes d'évaluation de la performance globale et sous-critères	56
Tableau 11 – Définitions	58
Tableau 12 – Définitions	59
Tableau 13 – Définition	60
Tableau 14 – Synthèse des critères de performance globale	62
Tableau 15 – Modèles de pirogues existants	72
Tableau 16 – Axes d'évaluation de la performance globale	72

9 LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A – PLANCHES GRAPHIQUES

ANNEXE B – MATRICE DE SYNTHÈSE

10 NOTES DE FIN

ⁱ Jean Poujade, *Collection de documents d'ethnographie navale. Fascicule introductif*, Gauthier-Villard, Paris, 1948, pp.13-14

ⁱⁱ Etienne Klein, *Sauvons le Progrès*, Editions de l'Aube, 2017

ⁱⁱⁱ ADEME, *Forêt et atténuation du changement climatique*, Juin 2015