



CHAPITRE 3. IDENTIFICATION DES SCHEMAS DE DESSERTE POSSIBLES DE MAYOTTE



En association avec :







3.1. LES ALTERNATIVES ENVISAGEABLES

La convention de développement pour Mayotte signée par Madame le Ministre d'Outre Mer en 2003 stipule :

"Le développement économique de Mayotte nécessite de se rapprocher de la métropole grâce à l'établissement d'une liaison aérienne directe par gros porteur. Ce qui implique que l'aéroport de Dzaoudzi – Pamandzi soit doté d'une piste longue et d'une nouvelle aérogare".

Dans ce chapitre nous allons analyser les conditions opérationnelles de mise en place de cette ligne, c'est-à-dire d'un point de vue pratique quelles compagnies aériennes pourraient mettre en place cette ligne directe avec quels avions, quelles fréquences avec des remplissages correspondant à une bonne rentabilité.

Trois types de solutions sont à étudier :

- la mise en place d'une nouvelle ligne directe en gros porteurs sans escale intermédiaire, soit en tant qu'escale d'un vol en provenance d'une autre ville (Réunion, Madagascar), soit en liaison point à point,
- la mise en place d'une ligne directe, mais avec une escale intermédiaire technique ou commerciale (éventuellement dans le sens Mayotte – Paris uniquement).
- l'amélioration des liaisons actuelles, qui même si ces solutions ne répondent pas directement à la question posée, peuvent offrir un moyen de désenclavement immédiat sans attendre la mise en service de la piste longue.

3.2. LES COMPAGNIES AERIENNES CONCERNEES

L'objectif de la convention est d'offrir à Mayotte une desserte régulière et directe avec des tarifs attractifs permettant ainsi de développer le tourisme qui est l'un des principaux axes de développement de Mayotte et rapprocher Mayotte de la métropole.

Le trafic envisagé étant un trafic principalement axé sur la desserte de Paris, les compagnies concernées sont soit des compagnies basées à Paris, soit des compagnies basées dans l'Océan Indien ou autour du Golfe du Mozambique.

Le tableau de la page suivante fournit la liste de ces compagnies avec leur flotte actuelle.

Certaines compagnies non régulières figurent dans ce tableau car elles peuvent servir de support technique à la création d'une compagnie locale.

Enfin, le tableau donne à titre indicatif la flotte des compagnies Air Tahiti Nui et Air Calédonie International qui bien sûr n'ont pas l'intention de desservir Mayotte mais ont répondu à l'objectif d'amélioration des dessertes de leur territoire respectif au moyen d'investissements locaux, et ont donc eu une démarche similaire aux compagnies Air Austral, Air Bourbon et l'éventuelle AMI.



En association avec :





Tableau 3.2 – FLOTTES DES COMPAGNIES AERIENNES SELECTIONNEES

<u>AIR AUSTRAL</u>		<u>COMORES AVIATION</u>	
1 B 737-300 QC	133 sièges	2 LET 410	17 sièges
1 B737-300	133 sièges	1 ATR42 (en commande)	
1 B737-500	120 sièges	<u>COMORES AIR SERVICES</u>	
2 B777-200	378 sièges	2 LET 410	17 sièges
<u>AIR SEYCHELLES</u>		<u>EURALAIR</u>	
1 B 737-700	126 sièges	5 B737-800	184 sièges
2 B767-300 ER	246 sièges	1 A310-300	248 sièges
<u>AIR MADAGASCAR</u>		<u>CORSAIR</u>	
3 ATR42	48 sièges	1 B767-300 ER (Location)	328 sièges
2 B737-200	125 sièges	2 A330-200	355 sièges
1 B737-300	140 sièges	5 B747-300	580 sièges
1 B767-300 ER	240 sièges	<u>AERIS</u>	
<u>AIR BOURBON</u>		2 B767-300 FR	326 sièges
1 A340-200	281 sièges	<u>STAR AIRLINES</u>	
<u>AIR MAURITIUS</u>		6 A320-200	180 sièges
2 A319-112	120 sièges	2 A330-200	364 sièges
2 B767-200 ER	181 sièges	<u>EAST AFRICAN</u>	
5 A340-300	294 sièges	1 B767-300 ER	272 sièges
<u>AIR FRANCE</u> avions en exploitation (et en commandes)		<u>LAM</u>	
12 (+ 8) A330-200	211 sièges	4 B737-200C	112 sièges
25 B777-200ER	270 sièges	1 EMB 120	29 sièges
0 (+ 13) B777-300 ER	Livraison 2004	1 B767-200 ER	192 sièges
22 A340-300	252 sièges	<u>AIR TAHITI NUI (pour info.)</u>	
15 B747-400 et 300	500 sièges *	4 A340-300	294 sièges
	* sur RUN	<u>AIR CALEDONIE INT'L (pour info)</u>	
		2 A330-200	271 sièges

NOTA: AIR CARAIBES envisage de mettre en service entre les Antilles et la métropole deux A330-200 aménagés à 318 sièges dont 115 en classe économique "plus".



3.3. LES TYPES D'AVIONS ADAPTES A LA LIGNE MAYOTTE – PARIS

Du tableau précédent on peut en déduire les avions les plus adaptés à cette desserte.

Les avions très gros porteurs (capacité supérieure à 400 sièges)

L'objectif de ce type de ligne est de commencer l'exploitation avec un minimum de deux fréquences hebdomadaires puis d'obtenir aussi vite que possible un vol quotidien (ou quasiment quotidien). Compte tenu de la faible recette unitaire attendue, les avions, quels qu'ils soient, devront être aménagés en haute densité (similaire aux aménagements que l'on trouve sur la Réunion), ce qui rend d'autant plus difficile d'obtenir un fort coefficient de remplissage. Dans cette catégorie nous trouvons :

- le B747-400 ; capacité 500 à 580 sièges,
- l'A380-800 ; capacité 700 à 750 sièges,
- le B777-300 ; capacité 430 à 470 sièges,
- l'A340 600 ; capacité 390 à 430 sièges.

Le tableau 2.4.5.1 montre qu'avec ce type d'avion les deux fréquences hebdomadaires ne seraient obtenues (en basse saison) qu'en 2020. En outre, compte tenu des frais engendrés par une escale, ces avions ne sont rentables qu'en ligne point à point. Ils sont donc inadaptés à la desserte Paris-Mayotte.

Les avions gros porteurs (capacité comprise entre 200 et 400 sièges)

Ces avions sont bien adaptés aux lignes des DOM – TOM, de plus les bi-moteurs correspondent bien aux lignes entre l'Europe et l'Océan Indien. Dans cette catégorie, les avions les plus utilisés sont :

- l'A330-300 ; capacité ¹ 350 à 380 sièges (bi-réacteur)
- l'A340-300 ; capacité ¹ 350 à 380 sièges (quadri-réacteur)
- l'A340-500 ; capacité ¹ 350 à 380 sièges (quadri-réacteur)
- le B777-200 ; capacité ¹ 350 à 380 sièges (bi-réacteur)
- le B767-400 ; capacité ¹ 300 à 350 sièges (bi-réacteur)
- l'A300-600 ; capacité ¹ 280 à 320 sièges (bi-réacteur)
- l'A340-200 ; capacité ¹ 280 à 320 sièges (quadri-réacteur)
- l'A330-200 ; capacité ¹ 270 à 320 sièges (bi-réacteur)
- le B767-300 ; capacité ¹ 250 à 290 sièges (bi-réacteur)
- le B767-200 ; capacité 220 à 250 sièges (bi-réacteur)
- l'A310-300 ; capacité 220 à 250 sièges (bi-réacteur)
- le B757-300 ; capacité 210 à 240 sièges (bi-réacteur ; monocouloir).

Dans cette catégorie les deux fréquences en basse saison peuvent être obtenues dès 2010 (voir tableau 2.4.5.1) dans le cas d'une ligne point à point. Dans le cas d'une mise en place d'une ligne combinée avec une autre ville cet objectif pourrait être atteint dès la mise en service.

¹ cette capacité est évaluée pour un aménagement de haute densité similaire aux avions exploités sur la Réunion par Air France / Air Austral / Air Bourbon. Corsair utilise un aménagement encore plus dense (B747-300 avec 580 sièges et A330-200 à 355 sièges).





Les avions moyen-porteurs (capacité comprise entre 100 et 200 sièges)

Nous ne considérons ici que les avions qui pourraient éventuellement être exploités sur la ligne Mayotte – Paris, mais certainement avec une escale intermédiaire, compte tenu de leur autonomie plus faible :

- le B757-200 ; capacité 180 à 210 sièges
- le B737-800 ; capacité 150 à 160 sièges
- l'A320-200 HGW ; capacité 150 à 160 sièges.

Ces avions sont a priori peu adaptés pour la desserte de cette ligne sauf en période de démarrage alors que la demande est faible. Par leur faible capacité ils permettraient d'obtenir un bon coefficient de remplissage tout en maintenant des fréquences correctes.

3.4. LONGUEUR DE PISTE

3.4.1. Introduction

Ce chapitre a pour but de définir la longueur de piste nécessaire qui permettra aux compagnies aériennes de desservir l'aéroport de Mayotte (quel que soit le site retenu) dans des conditions économique et de sécurité optimales.

La condition économique retenue est le plein passagers, à savoir, pour les avions mis en exergue par l'étude de desserte et selon des choix moyens exposés plus haut d'aménagement de la cabine :

- B777-200 : 370 pax
- A330-200: 290 pax
- B767-300: 270 pax
- B737-800: 150 pax

Il convient de noter que 8 avions types ont été sélectionnés dans l'étude de desserte. Cependant, nous avons convenu de nous limiter à 4 d'entre eux, lesquels semblent les choix les plus pertinents et surtout sont en accord avec les flottes existantes ou futures des compagnies identifiées.

3.4.2. Méthodologie

L'étude menée en collaboration avec le SFACT¹ a été scindée en trois parties.

1. Il s'agit tout d'abord d'étudier les masses opérationnelles au décollage que permet le dispositif existant, en QFU 16 et surtout en QFU 34, lequel est pénalisant à cause des obstacles se trouvant dans la trouée.
2. La deuxième étape consistera à étudier les besoins en longueur de piste nécessaire dans la cas d'un allongement de la piste existante vers la mer.
3. Enfin, nous étudierons l'implantation d'un piste longue sur un nouveau site, en considérant que tous les travaux de terrassement et de suppression des obstacles auront été faits.

L'étape à assurer est : PARIS en vol direct pour le B777-200, le B767-300 (ER) et l'A330-200; LOUXOR² puis PARIS avec le B737-800. LOUXOR étant une escale technique pour refaire le plein de Kérosène.

La sécurité de la desserte sera vérifiée en assurant l'atterrissage et le décollage des aéronefs pour les différentes masses retenues dans les conditions météorologiques les plus défavorables mais permettant tout de même l'exploitation.

¹ SFACT: Service de la Formation et du Contrôle Aéronautique.

² LOUXOR s'avère être à mi-chemin entre PARIS et MAYOTTE. Cette étape n'a que peu d'arguments commerciaux et se veut uniquement technique. Une escale à DJEDDAH (pour les pèlerins du Hadj) ou NAIROBI (hub régional), aéroports situés tous deux à environ 6 h de vol pourraient faire l'objet d'une étude opérationnelle plus approfondie.



Il est important de noter que les calculs opérationnels ont été menés sur la base des données du site existant, en envisageant un éventuel prolongement de la piste vers la mer. Il est clair que pour une longueur de piste équivalente, un nouveau site impliquera des contraintes moindres que celles existant actuellement.

3.4.3. Hypothèses

3.4.3.1. Hypothèses physiques

Certains critères retenus dépendent du QFU. Les autres sont communs.

Pour les calculs opérationnels, il n'a été tenu compte que du minaret, le château d'eau étant masqué par ce dernier et donc moins pénalisant. Le cas, pour le site actuel, de la colline "four à chaux" en décollage QFU 34 est traité par ailleurs.

3.4.3.2. Hypothèses pour l'étude de ligne.

Les aérodromes de dégagement sélectionnés pour les études de ligne sont :

- Paris Orly, pour Paris CDG (la réciproque étant vraie),
- "Plaisance" (Maurice) pour St Denis de la Réunion,
- Assouan pour Louxor,
- Dar Es-Salaam pour Nairobi - Jomo.

Les masses forfaitaires retenues par passager sont (en cohérence avec l'étude opérationnelle du SFACT émise en 2002) :

- 104 kg/passager pour les étapes LC (Paris, Louxor, Nairobi),
- 100 kg/passager pour l'étape vers la Réunion.

Le régime de croisière est : Long Range Cruise.

3.4.3.3. Masses au décollage permettant le plein passager

Les masses devant, selon nos critères, aboutir à la définition d'une longueur de piste sont :

Type d'avion	Etape	Masse
B 777-200	PARIS direct	252 720 kg
B 767-300	PARIS direct	161 700 kg
A 330-200	PARIS direct	213 860 kg
B 737-800	LOUXOR / NAIROBI	77 200 kg (~MTOW)

Ces masses permettent donc d'assurer le vol avec le plein passagers sur l'étape considérée. La charge offerte en fret est nulle, cependant un taux de remplissage de 100% est rarement atteint. Le taux **moyen** retenu dans l'étude de desserte est de 90% en "haute saison". La charge de fret **moyenne** pouvant être transportée dans cette période sera donc égale à 0,1 x 104 x capacité appareil.

Le délestage et les réserves de kérosène sont concordantes avec les règlements en vigueur (JAR-OPS 1; JAR 25).

3.4.4. Cas de la piste existante

La piste, et son dispositif associé ne permet pas de desservir directement Paris ou Louxor avec les avions considérés. Les calculs ont tout de même été effectués afin de montrer la pénalisation en charge marchande.

Afin de ne pas trop se pénaliser, il a été choisi de procéder à une analyse sur piste sèche, (la piste mouillée permettant à peine de faire décoller l'avion à vide, avec le délestage).



En association avec :





Le cas de l'atterrissage ne sera pas abordé.

Les hypothèses prises sont les suivantes :

Facteur	QFU 16	QFU 34
T° retenue (°C)	35 °C	
Altitude Terrain (ft)	23 ft	
Vent ¹ (kts)	-5	0
Pente de la piste (%)	0,15	-0,15
Obstacle ² (hauteur/distance)	Non	Minaret (30 ft/92 m) Château d'eau (84 ft/812 m)
Etat de la piste	sèche	sèche

Les caractéristiques géométriques (distances déclarées) du dispositif existant sont les suivantes (selon carte AIP mise à jour en 07/03 :

Distance déclarée	TORA	TODA	ASDA	LDA
QFU 16	1 930	1 990	1 980	1 680
QFU 34	1 930	1 930	1 930	1 930

Il convient de noter que la LDA prend en compte actuellement un seuil décalé de 250 m. Or, l'obstacle pénalisant est le minaret, situé à 92 m, de hauteur 30 ft. Ainsi, en appliquant le plan réglementaire à 2% et non le plan opérationnel à 3,3 %, le seuil décalé devrait se trouver 457 m + 60 m après le minaret. D'où un tiroir de piste de 425 m.

Les masses maximales au décollage sont alors :

Type d'avion	Masse Maxi	Masse Nécessaire	Pax "perdus"
B 777-200	222 900 kg	252 720 kg	287
B 767-300	147 000 kg	161 700 kg	141
A 330-200	192 700 kg	213 860 kg	203
B 737-800	65 400 kg	77 227 kg	118

Une étape longue ne peut donc pas être assurée dans la configuration actuelle de la piste avec un emport commercial intéressant. Il convient donc d'étudier d'autres alternatives.

3.4.5. Allongement de la piste existante

Les hypothèses de ligne et les contraintes physiques sont similaires au cas précédent. Par contre, la méthodologie de l'étude diffère dans le sens où c'est la masse nécessaire déjà définie qui va induire une certaine longueur de piste.

La typologie des vents autour de la plate forme (en particulier vers les reliefs en amont du QFU 16), les risques spécifiques liés à une piste allongée en mer consolidés par l'aspect réglementaire (ITAC Chapitre 3-

¹ Un vent négatif représente la composante de vent arrière.

² Le cas, pour le site actuel, de la colline "four à chaux" en décollage QFU 34 est traité par ailleurs.



36 et OACI annexe 14) imposent de considérer l'implantation de RESA (Runway End Safety Area) de part et d'autre de la piste.

Cette RESA doit être au **minimum de (90 x 90 m)** , une géométrie de (240 x 90 m) étant cependant conseillée.

Il est également prévu de déclarer un prolongement dégagé de 240 m lors de décollages en QFU 16 (décollage sur la mer).

3.4.5.1. Longueurs de piste associées aux hypothèses

Le tableau ci-dessous donne, pour les hypothèses définies auparavant et par QFU la longueur de piste (TORA) minimale pouvant permettre **le décollage** des aéronefs considérés, sur la base de calculs opérationnels (hors trouée courbe).

Type d'avion	TORA QFU 16	TORA QFU 34
B 777-200	2 500 m	2 600 m
B 767-300	2 400 m	2 600 m
A 330-200	2 350 m	2 630 m
B 737-800¹	2 600 m	2 600 m

Afin de permettre l'exploitation de ces aéronefs sur les lignes considérées, l'aéroport de Mayotte doit se munir d'une TORA de 2 600m. Afin de tenir compte des obstacles existants , nous préconisons en QFU 16 la mise en place d'un seuil décalé d'atterrissage de 425 m. Le tableau des distances déclarées étant alors :

Distance déclarée	TORA	TODA	ASDA	LDA
QFU 16	2 600	2 840	2 600	2 175
QFU 34	2 600	2 600	2 600	2 600

Il faut noter que le dispositif de piste ci-dessus fonctionne si et seulement si les RESA décrites plus haut sont aménagées. Cela implique un décasement et en particulier de déplacer la mosquée située dans la future RESA du seuil 16.

Si ces aménagements ne pouvaient être faits la longueur déclarée TORA passerait à 2450 m et ne permettrait pas l'exploitation voulue des aéronefs considérés.

Pour le décollage en QFU 16 , la proximité des maisons et de la clôture présente en effet un danger en raison du souffle des réacteurs. Une distance de 300 m devrait être dégagée de toute présence humaine.

Ces calculs basés sur des approches et décollages en trouée droite imposent également l'arasement de la colline du "four à chaux".

3.4.5.2. Le cas de la trouée courbe

Une trouée courbe peut être envisagée pour les décollages en QFU 34 afin d'éviter la colline du "four à chaux " se trouvant sur la droite, d'altitude 107 ft. La mise en virage s'effectue dès lors que l'aéronef a atteint une altitude correspondant à sa demi-envergure. La Marge Minimale de Franchissement d'Obstacle au Décollage passe alors de 35 ft à 50 ft. La perte de pente nette est d'environ 0,5%. Il est donc primordial dans une telle configuration de supprimer minaret et château d'eau, voire d'autres obstacles résiduels non encore identifiés (maisons, arbres...).

¹ La longueur nécessaire pour le B737-800 est identique pour les deux QFU. En effet, le décollage se fait assez rapidement sur la piste, mais la distance pénalisante est l'ASD (Accélération Arrêt).



En association avec :





Selon des données¹ devant être affinées par une modélisation précise, la perte en Masse au Décollage associée à ce type de trouée courbe pourrait être de 5 à 10%, soit environ 10 – 15 tonnes selon les types avions gros porteurs. (A titre d'information, ce calcul a été effectué pour l'A330 – 200 : la perte est d'environ 13 tonnes, soit une perte sèche de 125 passagers environ, ce qui empêche toute rentabilité de la ligne); L'allongement complémentaire de piste nécessaire pour pallier cette perte est d'environ 400 m.

3.4.5.3. Recommandations particulières

Dans tous les cas , ADPi préconise de libérer et terrasser convenablement les abords du site et de supprimer les obstacles (maisons , minaret , château d'eau), afin de ne pas pénaliser l'exploitation (non mise en place d'un seuil décalé) et d'assurer la sécurité du dispositif (respect de la RESA).

L'arasement de la colline du "four à chaux" est également à prévoir et pourra constituer une partie des apports en matériaux de remblai nécessaires en cas d'allongement.

Dans ce cadre la trouée courbe qui est un élément sensible à mettre en œuvre n'apporte pas de valeur ajoutée.

3.4.6. Le cas du nouveau site

Le calcul sur le QFU 16 du cas précédent correspond, hors considérations météo et d'altitude, à un site isolé ou bien pour lequel tous les travaux nécessaires de terrassement et de suppression d'obstacles auront été réalisés. Cette situation semblant évidemment crédible dans le cas de la création d'un nouvel aéroport à Mayotte.

C'est donc la longueur induite par l'étude sur ce QFU particulier qui permettra de définir un programme type pour les différents plans de masse à analyser.

Une longueur au roulage (TORA) de 2 600 m est appropriée pour une desserte en toute sécurité depuis/vers Paris de l'île de Mayotte. Il conviendra d'implanter des RESA optimales de 240 m x 90 m pour chaque QFU. Elles seront déclarées en prolongement dégageé lorsque le décollage se fait au dessus de la mer.

Le dispositif de piste à retenir est donc le suivant (équivalent pour les deux QFU) :

Distance déclarée	TORA	TODA	ASDA	LDA
Tous QFU	2 600	2 840	2 600	2 600

3.4.7. Masses à l'atterrissage

La distance nécessaire à l'atterrissage (LDA - calculée pour la Masse Maxi de Structure à l'Atterrissage dans le cadre de notre étude) est toujours moins pénalisante que la distance nécessaire au décollage (TORA). Nous avons cependant vérifié qu'une piste de 2 600 m avec un seuil décalé de 425 m (cas de la piste existante allongé avec conservation des obstacles) permettait les atterrissages de tous les aéronefs avec les hypothèses les plus contraignantes (5 kts de vent arrière, piste descendante, 35°C).

Dans tous les cas et pour tous les avions, une LDA de 2125 m suffit pour l'atterrissage en configuration volets maximale (pour l'approche comme pour l'atterrissage) et avec une coefficient de freinage "Brake Medium", sur piste mouillée.

3.4.8. Conclusion

Le dispositif à mettre en place est le suivant (sous réserve que les sites identifiés le permettent) :

- une piste minimale de 2 600 m, avec une TODA de 2840 m pour chaque QFU.
- une aire pour le souffle des réacteurs de 60 m à chaque extrémité de piste.
- une RESA (Runway End Safety Area) de 240 x 90 m idéalement, après chaque aire pour le souffle, (90 x 90 m dans le cas de l'allongement de la piste existante).
- La suppression des obstacles dans la trouée 34 pour la piste existante.

¹ Source : ENAC.



3.5. ANALYSE DE L'ASPECT COMMERCIAL DE LA DESSERTE DE LA LIGNE MAYOTTE – PARIS

En reprenant la liste des compagnies aériennes et celles des avions adaptés à cette ligne, il est possible de repérer les dessertes qu'elles seraient en mesure de proposer. Ces hypothèses ne sont pas à l'heure actuelle validées par les compagnies elles-mêmes. Très peu d'entre elles ont des projets concrets puisqu'elles attendent de connaître les décisions concernant la piste longue pour se déterminer.

Après une analyse spécifique pour chaque compagnie, le rapport dresse un tableau général des dessertes plausibles.

3.5.1. Air Austral

L'avion d'Air Austral adapté au marché Réunion – Paris est le B777-200 qu'elle possède en deux exemplaires. La capacité de cet appareil est pour le moment trop grande pour la desserte point à point de la ligne Mayotte – Paris: en effet (voir tableau 2.4.5.1) en 2010 avec 3 vols par semaine en haute saison et 2 en basse saison cet avion est en surcapacité. En 2020, hypothèse haute, cela devient crédible.

Ainsi, la desserte effectuée par Air Austral s'effectuerait certainement, dans un premier temps, dans le cadre d'une escale intermédiaire sur la ligne Réunion – Paris avec une fréquence adaptable à la demande, sans doute en choisissant les jours de la semaine qui correspondent à la demande la plus faible pour le vol direct Réunion – Paris.

Cette desserte présenterait en outre pour Air Austral l'avantage d'offrir des capacités de fret importantes entre la Réunion et Mayotte et dans le sens Paris vers Mayotte et donc de revendre le B737-300 QC qui s'avère onéreux à exploiter (coût de maintenance élevé de la porte cargo et poids pénalisant de cette porte).

Néanmoins, cette ligne ne peut être mise en place qu'avec une piste longue (voir le paragraphe 3.4.4).

3.5.2. Air Seychelles

Compte tenu de sa position géographique, la desserte de Mayotte sur le trajet Seychelles – Paris est inadaptée. C'est l'inverse qui est possible avec un trajet Mayotte – Seychelles – Paris. Mais la compagnie Air Seychelles préférera, d'un point de vue économique, mettre en place un avion de plus faible capacité sur la ligne Mahé – Seychelles comme actuellement le mardi (voir § 2.1.4).

Air Seychelles ne peut pas être considérée en compétition pour la ligne directe Mayotte – Paris mais sera toujours un concurrent sérieux en offrant une très bonne correspondance via Mahé. Le temps de parcours pourrait être légèrement raccourci avec le remplacement des B767-300 par des avions plus rapides tels que le B777-200 ou le futur 7E7 de Boeing.

3.5.3. Air Madagascar

Air Madagascar est géographiquement dans une situation similaire à Air Austral. Antananarivo est à mi chemin entre Réunion et Mayotte. En outre, cette compagnie peut trouver dans la desserte de Mayotte un moyen de compléter le remplissage de ses avions et d'augmenter les fréquences de la ligne Antananarivo - Paris qui est desservie 3 fois par semaine par Air Madagascar (en B767-300) et 4 fois par Air France (en A340-300).

La combinaison des lignes de Mayotte et Antananarivo avec un accord entre Air France et Air Madagascar permettrait d'offrir une forte fréquence sur Antananarivo – Paris avec certains vols faisant escale à Mayotte. Sous réserve d'obtention des droits de trafic correspondants, Air Madagascar pourrait mettre en place cette desserte sans accord spécifique avec Air France. L'avion actuel, le B767-300 est bien adapté à cette ligne, avec un aménagement à 240 sièges.

Néanmoins, cette ligne ne peut être mise en place qu'avec une piste longue (voir le paragraphe 3.4.4).

La difficulté de cette éventualité est la différence de typologie de marché entre la ligne Mayotte – Paris et Antananarivo – Paris qui a une recette unitaire plus élevée. A l'inverse le développement du tourisme sous la forme de séjours combinés Mayotte / Madagascar s'accommoderait bien de cette desserte.

3.5.4. Air Mauritius

Cette compagnie est citée ici car elle constitue un acteur majeur de la région. Il n'y a pas de raison économique pour qu'elle effectue une ligne Maurice – Mayotte – Paris, mais dans le cadre de la création d'une compagnie locale à Mayotte, elle peut avoir un rôle à jouer, technique, commercial ou financier.



En association avec :





3.5.5. Air Mayotte International – AMI

Il s'agit de la compagnie "dont on parle" mais qui pour l'instant n'a pas vu le jour. Tout est possible pour cette compagnie : de l'accord avec une compagnie de la région à celui d'un accord avec Air France, en passant par un accord avec une compagnie française "indépendante" (Euralair, Corsair, Star Airlines, Aëris) qui s'occuperait du support technique, voire de la commercialisation.

Elle pourrait chercher à débiter l'exploitation avec des avions adaptés à la piste actuelle et au potentiel de trafic. Nous avons pris contact avec un exploitant de B737-800 pour analyser cette possibilité. La desserte de Mayotte – Paris avec une seule escale intermédiaire est possible avec cet avion (même chose avec un A320) mais il faut relier une ville située à mi chemin et limiter le nombre de passagers à 150. Louxor en Egypte pourrait être une escale technique adaptée, car située exactement à mi-chemin et bien équipée pour ces escales.

Cependant, ce B737-800 décollant à pleine charge nécessite également un allongement de la piste (cette compagnie nous a indiqué un besoin de 2600m). Ainsi, avec un avion de 150 sièges le trafic pourrait justifier dès 2005 4 fréquences en haute saison et 2 en basse saison.

L'autre solution consisterait à mettre en ligne un avion à plus long rayon d'action pouvant relier Mayotte à une ville intermédiaire suffisamment proche (Mombasa, Nairobi, Dar Es Salam...) puis relier d'un seul coup d'aile Paris. L'avion qui semble être le plus adapté à ce trafic serait le B767-200 ER ou le B757-200. Cette escale intermédiaire pourrait être soit technique, soit commerciale à condition d'obtenir les droits de trafic. Nous avons vu dans le paragraphe 3.4.4 que la piste actuelle ne permet pas cette desserte qui devrait donc attendre l'allongement de piste.

3.5.6. Air France

Le cas d'Air France est partiellement traité dans l'analyse des compagnies précédentes. Dans le cadre d'un accord avec elles toutes les dessertes citées auparavant sont envisageables. Cependant, les types d'avions qu'Air France possède en propre sont de trop grande capacité surtout en basse saison, au moins jusqu'en 2010, pour une desserte point à point:

l'A330-200 qui pourrait être aménagé à 270 sièges comme Air Calédonie International,

l'A340-300 serait aménagé à 350 sièges environ.

Ainsi, pour qu'Air France opère cette ligne à courte échéance elle devra certainement passer un accord avec une autre compagnie ou effectuer une escale intermédiaire avec droits de trafic comme envisagé dans l'analyse de la compagnie AMI. La seule escale intermédiaire qui nous semble pouvoir générer une demande suffisante serait Nairobi.

Une autre alternative consisterait à effectuer des lignes "triangulaires" en combinant des escales proches telles que Mahé aux Seychelles ou Antananarivo par exemple. Ce type de ligne a cependant été abandonné au fur et à mesure par Air France car elles sont difficiles à gérer au niveau de la vente (Paris – Pointe-à-Pitre - Fort de France abandonnée depuis longtemps par Air France, et Paris – St Martin – St Domingue – Paris abandonnée récemment).

Par exemple, il est envisageable d'assurer deux à trois fois par semaine un vol triangulaire Paris – Mayotte – Antananarivo – Paris, permettant à la fois d'offrir des fréquences supplémentaires sur Madagascar et trois vols par semaine sur Mayotte. Le temps de vol de Paris à Mayotte serait de 9 heures, mais de 13 heures dans le sens montant soit un temps similaire au temps actuel mais sans changement d'appareil. Cette solution offrirait une offre intéressante pour le transport de fret de Paris vers Mayotte, mais ne peut être mise en place qu'avec une piste longue (cf paragraphe 3.4.4).

3.5.7. Air Bourbon

De même que pour Air Austral, Air Bourbon serait en mesure d'assurer une liaison dès que la piste est allongée. L'A340-200 que possède la compagnie ne permettrait pas de proposer un nombre de fréquences suffisantes pour une ligne point à point, mais dans le cas d'une liaison Run – Mayotte – Orly, le nombre de vols pourrait être adapté aisément. Pour ouvrir cette ligne la compagnie devrait s'équiper d'au moins un deuxième appareil et obtenir des droits de trafic entre Réunion et Mayotte.



3.5.8. Linéas Aeras Mosambicas, East African Airlines et Comores Aviation

Ces compagnies sont analysées ensemble car elles sont en mesure d'offrir une liaison de nature similaire, et proche de ce qu'offre Air Seychelles : une ligne d'apport vers leur capitale respective pour un vol en correspondance vers Paris. Parmi ces trois compagnies seule East African offre une réelle alternative (voir paragraphe 2.1.4). Elles peuvent éventuellement améliorer leur offre mais comme Air Seychelles ont très peu de raisons d'offrir un vol direct au départ de Mayotte. C'est néanmoins une alternative à ne pas négliger tant que l'on ne dispose pas d'une piste longue.

3.5.9. Les types de desserte possibles

Les tableaux qui suivent présentent les différentes possibilités que nous envisageons pour la desserte de la ligne Mayotte-Paris. Ces possibilités sont regroupées en cinq catégories :

- les **lignes point à point**, l'avion effectuant le trajet direct sans escale Mayotte-Paris et retour,
- les **lignes avec Mayotte** en tant qu'escale intermédiaire,
- les **lignes avec Mayotte en tant que bout de ligne**, c'est-à-dire où une escale intermédiaire est effectuée sur le trajet Mayotte-Paris,
- les **lignes triangulaires** pour lesquelles la desserte de Mayotte est combinée avec la desserte d'une autre ville de la région,
- les **lignes avec changement d'appareil** comptant une seule escale intermédiaire comme c'est le cas aujourd'hui avec Air Austral ou air Seychelles

LIGNES "POINT A POINT"								
Ces éventualités se rapportent aux compagnies suivantes : Air France ou Air Mayotte international ou autre compagnie française (Euralair, Aeris, Corsair, Star)								
Compagnie aérienne/ Liaison proposée	Type avion et capacité offerte sur le trajet DZA-CDG ¹	Possibilité avec piste actuelle	Emport de fret possible	Durée du trajet	Fréquences hebdomadaires (Haute saison-basse saison) les valeurs convenables sont soulignées			
					2005	2010	2020	
DZA-CDG (ou Orly)	B767-200 240 sièges	Non	Faible	9h	Impossible avec la longueur de piste actuelle		<u>5-2</u>	<u>11-7</u>
	A340-300 360 sièges	Non	Oui	9h		3-1	<u>8-3</u>	
	A330-200 300 sièges	Non	Oui	9h		<u>3-2</u>	<u>9-4</u>	
	B777-200 360 sièges	Non	Oui	9h		3-1	<u>8-3</u>	

Dès que la piste longue est réalisée, ce type de desserte est réaliste, mais jusqu'en 2010 il est nécessaire d'employer un avion de moyenne capacité tel que le B767-200 ou l'A330-200.

¹ Cette capacité est une capacité théorique type "haute densité" qui ne correspond pas nécessairement exactement aux aménagements actuels des compagnies



En association avec :





LIGNES AVEC MAYOTTE EN TANT QU'ESCALE INTERMEDIAIRE							
Compagnie aérienne/ Liaison proposée	Type avion et capacité offerte sur le trajet DZA-CDG	Possibilité avec piste actuelle	Emport de fret possible	Durée du trajet	Fréquences hebdomadaires (Haute saison-basse saison) <small>les valeurs convenables sont soulignées</small>		
					2005	2010	2020
Air Austral <i>RUN-DZA-CDG</i>	B777-200 240 sièges ¹	Non	Oui	9h	Impossible avec piste actuelle	<u>5-2</u>	inadapté ² , transformation en ligne point à point
Air Bourbon <i>RUN-DZA-CDG</i>	A340-200 180 sièges	Non	Oui	9h	Impossible avec piste actuelle	<u>7-3</u>	Inadapté ² , transformation en ligne point à point
Air Madagascar <i>TNR-DZA-CDG</i>	B767-300 160 sièges	Non	Oui	9h	Impossible avec piste actuelle	<u>8-3</u>	inadapté ² , transformation en ligne point à point
Air France <i>RUN-DZA-CDG</i> <i>ou</i> <i>TNR-DZA-CDG</i>	A330-200 200 sièges	Non	Oui	9h	Impossible avec piste actuelle	<u>7-3</u>	inadapté ² , transformation en ligne point à point
	B777-200 240 sièges	Non	Oui	9h		<u>5-2</u>	
	A340-300 240 sièges	Non	Oui	9h		<u>5-2</u>	

Ce type de liaison s'avère bien adapté vers 2010, lorsque la piste longue a été mise en service et que le volume de trafic est encore faible. Elle nécessite l'obtention de droits de trafic sur les différents tronçons, ce qui pourrait s'avérer difficile pour une compagnie comme Air Madagascar, si ce n'est pas dans le cadre d'un accord avec une compagnie française. En revanche ce type de liaison présente l'inconvénient d'offrir une qualité de service réduite pour les passagers effectuant le trajet entre Paris et la destination finale. Ils préféreront certainement prendre les vols directs proposés par la même compagnie ou la concurrence.

En 2020, lorsque le vol peut devenir quotidien, il devient alors plus intéressant pour les compagnies d'offrir un vol point à point, à moins que l'ouverture de la concurrence réduise la part de marché de la compagnie initiatrice de la desserte, et qu'il devienne alors difficile à chaque compagnie de rentabiliser cette desserte point à point.

¹ Dans le cadre de desserte multi-escales le trafic est réparti entre ces escales. Compte tenu de la faible attractivité d'un vol Réunion paris avec escale à Mayotte nous considérerons qu'1/3 de la capacité est donnée à l'escale de la Réunion et 2/3 à Mayotte.

² Au delà de 4 à 5 fréquences par semaine ce type de desserte sera considéré comme inadapté car il deviendra préférable de mettre en place une ligne point à point



LIGNES AVEC MAYOTTE EN TANT QUE BOUT DE LIGNE, avec une escale intermédiaire							
Ces éventualités se rapportent aux compagnies suivantes: Air Mayotte International ou Air France ou autre compagnie française (Euralair, Aeris, Corsair, Star)							
Compagnie aérienne/ Liaison proposée	Type avion et capacité offerte sur le trajet DZA-CDG	Possibilité avec piste actuelle	Emport de fret possible	Durée du trajet	Fréquences hebdomadaires (Haute saison-basse saison) les valeurs convenables sont soulignées		
					2005	2010	2020
<i>DZA-Louxor-CDG</i> <i>(Louxor est une escale technique)</i>	B737-800 150 sièges	Non	Non	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>9-4</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point
<i>DZA-Mombasa-CDG</i> <i>(si pas de droits de trafic)</i>	B757-200 200 sièges	Non	Non	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>7-3</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point
	B767-200 240 sièges	Non	Faible	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>5-2</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point
	A330-200 300 sièges	Non	Oui	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>3-2</u>	8-4
	B777-200 360 sièges	Non	Oui	11h	Impossible avec piste actuelle	2-1	7-3
<i>DZA-Nairobi-CDG</i> <i>(avec droits de trafic)</i>	B757-200 140 sièges	Non	Non	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>9-4</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point
	B767-200 160 sièges	Non	Faible	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>8-4</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point
	A330-200 200 sièges	Non	Oui	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>7-3</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point
	B777-200 240 sièges	Non	Oui	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>5-2</u>	Inadapté ¹ , transformation en ligne point à point

Ce type de desserte peut être utile au démarrage pour pallier la faible demande, mais au delà de 2010 une liaison point à point s'impose, sauf en cas de forte concurrence.

¹ Au delà de 4 à 5 fréquences par semaine ce type de desserte sera considéré comme inadapté car il deviendra préférable de mettre en place une ligne point à point



En association avec :





LIGNES TRIANGULAIRES							
Ces éventualités se rapportent aux compagnies suivantes: Air France ou Air Madagascar ou autre compagnie française (Euralair, Aeris, Corsair, Star)							
Compagnie aérienne/ Liaison proposée	Type avion et capacité offerte sur le trajet DZA-CDG ¹	Possibilité avec piste actuelle	Emport de fret possible	Durée du trajet	Fréquences hebdomadaires (Haute saison-basse saison) les valeurs convenables sont soulignées		
					2005	2010	2020
<i>CDG-DZA-TNR-CDG</i> <i>(avec droits de trafic)</i>	B767-200 120 sièges	Non	Faible	11h	Impossible avec piste actuelle	Inadapté ² transformation en ligne point à point	Inadapté ² transformation en ligne point à point
	B767-300 140 sièges	Non	Faible	11h	Impossible avec piste actuelle_	<u>9-4</u>	Inadapté ² transformation en ligne point à point
	A330-200 150 sièges	Non	Oui	11h	Impossible avec piste actuelle_	<u>8-4</u>	Inadapté ² transformation en ligne point à point
	A340-300 180 sièges	Non	oui	11h	Impossible avec piste actuelle	<u>7-3</u>	Inadapté ² transformation en ligne point à point

Comme dans le cas précédent ce type de desserte peut s'avérer très intéressant pour le démarrage de l'exploitation en s'accommodant d'un trafic faible au démarrage. Compte tenu des difficultés à définir une escale intermédiaire rentable entre Mayotte et Paris, ce type de desserte est certainement préférable à une ligne Mayotte-Nairobi-Paris. Mais avec la construction de la piste longue les compagnies auront certainement une nette préférence pour une liaison point à point ou la desserte en tant qu'escale intermédiaire.

¹ ici l'escale intermédiaire justifie qu'1/2 du trafic total soit affecté à la ligne de Mayotte car de type de ligne doit être équilibré

² Au delà de 4 à 5 fréquences par semaine ce type de desserte sera considéré comme inadapté car il deviendra préférable de mettre en place une ligne point à point



LIGNES AVEC CHANGEMENT D'APPAREIL A UNE ESCALE INTERMEDIAIRE					
Compagnie aérienne/ Liaison proposée	Type avion	Possibilité avec piste actuelle	Emport de fret possible	Durée du trajet	Fréquences hebdomadaires (Haute saison-basse saison)
Air Austral/Air Bourbon <i>MYT-Réunion + Réunion-CDG ou Orly</i>	B737-300 B777-200 ou A340-200	Oui	Faible	14h45	Cette possibilité continuera à exister après mise en place des vols directs. En effet cette desserte aura l'avantage d'avoir des horaires possibles très variés, ce qui est intéressant en particulier pour le trafic d'affaires
Air Seychelles <i>MYT-Mahé + Mahé-CDG</i>	B737-700 B767-300	Oui	Faible	13h	Ces lignes étant uniquement destinées à concurrencer les lignes directes, nous n'allons pas ici définir des fréquences envisagées. Le développement de ce trafic par chaque compagnie sera intéressant jusqu'à proposer un vol quotidien vers leur base respective en relation avec le vol long-courrier vers Paris qui lui-même devrait devenir également quotidien.
Comores Aviation <i>MYT-Moroni + Moroni-CDG</i>	LET410 Rien actuellement	Oui	Non	Non connue	
LAM <i>MYT-Maputo + Maputo-CDG (via Lisbonne)</i>	EMB120 B767-300	Oui	Non	Non connue	
East African <i>MYT-Nairobi + Nairobi-CDG (via Rome)</i>	DC9-32 + B767-300	Oui	Faible	Non connue	

Ces dessertes continueront à co-exister après la création des lignes directes, principalement tant que ces lignes directes n'offriront que des fréquences faibles.



En association avec :





3.5.10. Conclusion du paragraphe sur l'analyse des dessertes

L'analyse des longueurs de piste requises pour les différents types d'avions montre que l'utilisation de la piste actuelle avec des gros-porteurs ne peut pas être effectuée dans le respect des normes de sécurité.

Après la réalisation d'un allongement de piste ou d'une nouvelle piste longue, on s'aperçoit que le développement de la ligne peut se faire en deux temps :

Jusqu'en 2010:

- jusqu'en 2010 ouvrir Mayotte en tant qu'escale intermédiaire en provenance de la Réunion ou de Madagascar, semble être la meilleure réponse à l'objectif fixé dans cette étude en particulier en garantissant un bon remplissage sur le tronçon Mayotte – Réunion aussi bien en passagers qu'en fret, les compagnies Air France, Air Bourbon, Air Austral (ou Air Madagascar sur l'axe TNR-DZA-PAR) correspondent bien à cette desserte,

Néanmoins des alternatives peuvent être envisagées par certaines compagnies. Nous retiendrons les deux possibilités suivantes, qui permettent de répondre partiellement aux objectifs en réduisant le risque financier par rapport à une desserte point à point.

- ligne **Dzaoudzi – Nairobi – CDG**, ouverte en B757-200 ou A330-200 ou B767 avec une fréquence qui dépend de l'obtention de droits de trafic sur la ligne Nairobi – Paris sous réserve que des droits de trafic soient obtenus.
- Ligne triangulaire **CDG – Dzaoudzi – Antananarivo – CDG**, compte tenu des droits de trafic spécifiques, cette ligne serait opérée par Air Madagascar ou Air France en B767-300, A340-300 ou A330-200.

Après 2010:

- au-delà de 2010 le trafic justifiera la mise en place d'une liaison "point à point" avec un avion gros porteur de moyenne capacité tel que l'A330-200. En revanche, un avion tel que le B777-200 restera en surcapacité en basse saison pour une telle liaison point à point. La compagnie AML ou les "autres" compagnies françaises (Air France, Euralair, Aëris, Corsair, Star) correspondent bien à ce type de desserte.
- Pour les compagnies exploitants des avions tels que le B777-200 (Air Austral), il sera nécessaire de continuer à exploiter la ligne dans le cadre d'une escale intermédiaire entre Paris et la Réunion, jusque vers 2015 pour maintenir des fréquences suffisantes.



CHAPITRE 4. CONTEXTE GENERAL



En association avec :







Mayotte est située à l'entrée Nord du Canal du Mozambique, entre les 45°20 longitude Est et les 12° et 13° de latitude Sud. A mi-chemin entre Madagascar et la Côte africaine, Mayotte est à environ 1 500 Km de la Réunion et 10 000 Kilomètres de Paris.

D'une superficie de 376 Km², Mayotte comprend deux îles principales :

- Grande Terre, la plus importante, d'une superficie de 360 Km², mesure 40 Km de large sur 20 Km de long.
 - Petite Terre s'étend sur une superficie de 13 Km³,
- et une vingtaine d'îlots dispersés dans le lagon.

4.1. CLIMAT

Parmi toutes les données météorologiques, ce sont les vents qui sont principalement à considérer : ce sont eux qui génèrent l'agitation, moteur essentiel du régime du littoral. Trois situations sont caractéristiques :

- En hiver, les alizés de Sud-Est sont prépondérants.
- En été, l'île est sous l'action de la mousson de secteur Nord.
- La saison cyclonique s'étend de décembre à avril, les cyclones abordent la partie Nord du canal du Mozambique ; de nombreuses trajectoires, qui s'incurvent généralement du Sud-Ouest vers le Nord-Est, passent à proximité de l'île. Les cyclones engendrent des surcotes et les agitations les plus fortes peuvent atteindre l'île, conditions pour lesquelles se produisent l'essentiel des dégradations du littoral.

4.1.1. Régime général des vents

Les principaux vents soufflant au-dessus de l'archipel des Comores et leur succession approximative dans l'année peuvent être résumés comme suit :

- La mousson dure à peu près d'octobre à mars. Elle comporte deux phases :
 - d'octobre à mi-janvier, elle souffle de secteur Nord-Est à Nord: c'est l'établissement progressif des pluies ; pendant ce temps, l'alizé Sud-Sud-Est va décroissant d'importance ;
 - de janvier à mars, c'est la pleine mousson de secteur Nord-Ouest à Ouest; on lui doit la forte houle observée en cette saison.
- L'alizé dure d'avril à septembre et comporte également deux phases successives :
 - d'avril à juillet, l'alizé, de secteur Sud-Sud-Ouest à Sud-Sud-Est, arrive encore humide sur l'archipel, parce que remontant le canal de Mozambique. Ce vent prolonge les pluies sur les versants exposés au Sud ;
 - de juillet à septembre, l'alizé souffle de secteur Sud à Sud-Est arrivant sec sur Mayotte après avoir perdu son humidité au-dessus de Madagascar. C'est le coeur de la saison sèche.

Il y a lieu d'ajouter à ces quatre grands types de vents :

- les transitions d'une saison à la suivante, plus ou moins progressives, avec plus ou moins d'interférence d'un vent à l'autre ;
- les vents locaux qui résultent de l'influence des alignements de reliefs selon leur orientation ;
- la brise de mer et la brise de terre, dont les effets sont relativement limités du fait de la faiblesse du relief, surtout pour la brise de terre.

Les vents atteignent rarement 15 m/s : la vitesse moyenne mensuelle est de 2,5 à 5 m/s pour la mousson et 3,0 à 5,5 m/s pour l'alizé.

En conclusion, le régime de vents est marqué par l'importance des vents de secteur Sud à Sud-Est, tant au large qu'à la côte Sud. Ces vents sont générateurs d'une agitation pouvant atteindre franchement la côte Est de Petite Terre, notamment dans la zone d'étude.





4.1.2. Les cyclones

Les cyclones engendrent agitation et surcote, facteurs dont la conjonction, notamment en période de vive eau, sont dimensionnants pour les ouvrages en mer.

L'étude de BCEOM a reportée les résultats de Météo-France relatifs à la fréquence des cyclones et dépressions tropicales à proximité de Mayotte.

	1911-1961	1963-1986	1987-1996	Moyenne
Zone de 110x110km centré sur Mayotte	4 observations	6 observations dont 3 dépressions tropicales	4 observations dont 1 dépression tropicale, 1 cyclone et 2 tempêtes tropicales	1 observations tous les 7 ans

En moyenne, sur 75 années d'observations (1911-1986), il a été observé qu'un cyclone atteint Mayotte directement ou passe à proximité de ses côtes tous les 7 ans. La fréquence est, en fait, probablement plus importante (1 tous les 3,3 ans entre 1963-1986) car les statistiques antérieures à 1963 sont probablement incomplètes.

4.1.3. Température

Globalement les températures sont plus élevées sur le littoral que dans Grande Terre, principalement en raison de l'altitude. Elles restent comprises entre 20 et 30°.

4.1.4. Précipitations

Elles sont inégalement réparties sur l'ensemble du territoire et connaissent de fortes amplitudes annuelles : plus de 300 mm en janvier et moins de 20mm en juillet durant la période sèche. Sur Petite Terre, la pluviométrie est de l'ordre de 1300mm/an, avec une intensité journalière maximale de 337 mm (janvier 1964).

L'humidité est importante sur l'ensemble de l'île, atteignant un taux moyen annuel de 79,5%.

La pluviométrie est un paramètre intervenant sur le dimensionnement et l'entretien des ouvrages de collecte d'évacuation et de traitement des eaux de la plate-forme aéroportuaire.

4.2. CONDITIONS BATHYMETRIQUES

4.2.1. Les niveaux d'eau de la mer

Les variations du niveau de la mer sont principalement le fait de la marée astronomique et de phénomènes météo-océanographiques tels que les variations de pression atmosphérique, vent, courant, vagues....

4.2.1.1. Les niveaux de référence

Les niveaux de référence pour les cotes d'altitudes marines et terrestres sont définis au marégraphe du SHO à Dzaoudzi (en fonctionnement depuis 1985) et sont respectivement:

zéro du nivellement général de Mayotte (NGM),

le zéro des cartes marines (zéro CM) calé à 1,78m au dessous du zéro NGM

zéro des cartes S.H.O.M correspond au niveau des plus basses mers de vives eaux (B.M.V.E),

Il est important de rappeler que le niveau de référence des cartes marines correspond au niveau des plus basses mers depuis le 1er janvier 1990 et non 40cm en dessous comme considéré auparavant. De ce fait, il est essentiel de mentionner que les cotes de projet de l'extension de la piste de Mayotte mentionnées dans les rapports du S.T.C.P.M.V.N (1987) ont été fixées à -2,18m sous le zéro NGM.



Niveau	Cote m NGM
Zéro CM (depuis 1990)	-1,78
Zéro CM (avant 1990)	-2,18

Note : le niveau de référence de la marée à Dzaoudzi coïncide avec le niveau des plus basses mers.

4.2.1.2. Les niveaux de marées

L'île de Mayotte est soumise à des marées semi-diurnes dont l'amplitude moyenne (marnage) varie généralement entre 1 à 3m. Le tableau ci-dessous récapitule les différents niveaux de marée:

Niveau	Cote m NGM	Marnage
Pleine Mer VE moyenne (PMVEM)	+2,02	~3m
Basse Mer VE moyenne (BMVEM)	-0,98	
Pleine Mer ME moyenne (PMMEM)	+1,02	~1m
Basse Mer ME moyenne (BMMEM)	-0,02	
Zéro CM	-1,78	

Si on considère des marées de vives-eaux et mortes-eaux maximales, les marnages peuvent varier entre 0,6 et 4m (cf marées des 7 avril et 14 avril 1989).

Les niveaux extrêmes de la marée calculées à l'aide du logiciel SHOMAR sur 50 ans (1950-1999) donne les valeurs suivants :

maximum : + 2,37 m NGM

minimum : -1,76 m NGM

A titre indicatif, nous donnons ci-dessous les coefficients représentatifs de différentes conditions de marées. Ces coefficients de marée varient de 20 à 120 et correspondent donc :

C = 45 : marée moyenne de Morte-Eau,

C = 65/80 : marées moyennes,

C = 95 : marée moyenne de Vive-Eau,

C = 110 : marée de vive-eau exceptionnelle (celles-ci représentent uniquement 2% des marées),

4.2.2. Les surcotes

Les surcotes/décotes correspondent aux écarts observés lorsque le niveau d'eau mesuré est supérieur ou inférieur à la prédiction. Ce sont principalement les effets météorologiques, conjugués à la marée astronomique, qui génèrent les variations les plus rapides et les amplitudes les plus fortes. A Mayotte, les surcotes maximales sont atteintes lors des cyclones (surélévations cycloniques). Il est à noter que la présence d'un platier rocheux favorise l'accumulation d'eau et la surélévation du niveau moyen.

Deux cas sont donc à distinguer : les surcotes liées à la houle et les surcotes liées aux conditions cycloniques.



En association avec :





4.2.2.1. Surcotes liées aux vagues

Entre la zone de déferlement et la côte, l'apport d'eau dû aux vagues conduit à une surélévation du niveau moyen de la mer entre la zone de déferlement et la côte. Les surcotes prises en compte durant les essais en cuve à houle réalisés par SOGREAH pour l'extension de la piste d'aéroport, ont montrées les valeurs suivantes :

- surcote moyenne de l'ordre à 0,1 à 0,2 m,
- surcote maximale d'environ 0,4 à 0,8 m,

Le rapport de BCEOM de 1996 indique également hors période cyclonique, des surcotes et decotes de l'ordre de quelques dizaines de cm dues à des conditions climatiques particulières : vent fort, dépression, forte houle au large.

4.2.2.2. Surcotes liées aux cyclones

Les surcotes maximales sont liées aux cyclones auxquels sont associés :

- de basses pressions atmosphériques, (surélévation de 1 cm par une baisse de 1 Hpa ou 1 millibar),
- du vent qui pousse les masses d'eau vers la cote,
- du déferlement des vagues,
- du fort courant crée par les vents persistant, quand il vient buter sur un littoral,

On peut anticiper que la surcote liée à un cyclone soit maintenue à 80-100% de sa valeur de manière continue pendant 2 à 6 heures.

Les études du Service Technique Central des Ports Maritimes et des Voies Navigables (STCPMVN) ont retenu pour la conception de la piste de l'aéroport de Pamandzi les valeurs suivantes de surcote cyclonique :

- Cyclone moyen : + 1,5 m.
- Cyclone de projet : + 1,8 m.
- Cyclone extrême : + 2,1 m.

Ces valeurs de surcote pourront pour la présente étude être ajustées en fonction des quatre sites considérés. Des valeurs légèrement inférieures pourront être retenues dans un stade ultérieur d'étude après estimation détaillée des houles de projet pour chaque site.

4.2.3. Les niveaux d'eau extrêmes

Les niveaux extrêmes correspondent aux niveaux maximaux des marées astronomiques augmentés des surcotes liées aux conditions météorologiques.

Compte-tenu de la durée probable d'une surcote cyclonique, il est raisonnable de considérer les niveaux extrêmes comme étant le niveau d'eau de Pleine-Mer de Vive-Eau majorée d'une surcote de projet de 1,8m.

- En vive-eau moyenne (C=95) ~ 3,82m NGM (soit +5,6m CM),
- En vive-eau moyenne (C>110) ~ 4,12 m NGM (soit +5,9m CM),

Les niveaux d'eau extrêmes sont mentionnés dans la présente étude car leur valeur est généralement prise en compte comme niveau maximal de projet dans le dimensionnement d'ouvrage et leur étude de stabilité.

4.2.4. Conditions de houle

4.2.4.1. Conditions de houle au large

En période des Alizés, une houle SE se lève généralement en cours de matinée pour s'atténuer en fin d'après-midi. Il arrive également qu'une forte houle provenant du SW pénètre à pleine-mer dans le lagon, et parvienne au détroit de Dzaoudzi fortement atténuée.



En période de Mousson, le lagon reste généralement calme excepté lors des périodes cycloniques et lors des dépressions tropicales qui peuvent générer de fortes houles venant de diverses directions.

Sur la base des observations des navires, SOGREAH (1987) et le BCEOM (1996) ont établi une synthèse relative aux caractéristiques de l'agitation au large. Les résultats concernent la zone 10°-15°S, 42°-47°E et la période 1954-1986. Les observations distinguent :

- les mers de vents (périodes généralement de l'ordre de 4 à 10 s),
- les houles (périodes généralement supérieures à 10 s).

Les points essentiels à retenir sont :

L'agitation provient principalement du secteur Est à Sud.

Les hauteurs des vagues selon la provenance et le temps de retour sont données dans le tableau suivant :

HAUTEUR DES VAGUES (m) SELON LA PROVENANCE ET LA PERIODE DE RETOUR							
Provenance (en degré)	Période de retour (an)*						
	1	2	5	10	20	50	100
45° à 75°	2	2,3	2,7	3	3,3	3,4	3,6
105° à 135°	3,2	3,8	4,5	5,1	5,6	6,4	6,9
135° à 175°	3,4	3,8	4,3	4,7	5,1	5,5	5,9
175° à 195°	2,2	2,5	3	3,3	3,7	4,2	4,5

*Données SOGREAH (1988)

Les agitations les plus fortes proviennent du secteur 105° (Est-Nord-Est) à 175° (Sud-Sud-Est) ; pour ce secteur, les hauteurs significatives annuelles et décennales sont respectivement de l'ordre de 3,3 m et 5 m.

Les périodes sont généralement comprises entre 5 et 8 s pour les hauteurs inférieures à 4 m et entre 6 et 14 s pour les hauteurs supérieures à 4 m.

4.2.4.2. Conditions cycloniques

L'analyse de SOGREAH (1988) conduit aux conclusions suivantes :

Les cyclones traverseraient la région une fois tous les 2 et 4 ans (24 h de tempête par 2 ans environ).

Les agitations maximales que soulèvent les cyclones sont sûrement comprises entre 7 et 8 m.

Les cyclones exceptionnels pourraient lever des agitations supérieures à 10 m.

Il n'y a pas corrélation nette hauteurs/périodes, les périodes les plus fréquentes sont comprises entre 8 et 12 s.

4.2.4.3. Agitation à la cote

De rapides évaluations de l'agitation à la côte ont été faites pour certains sites à l'aide du logiciel bidimensionnel de propagation de houle REPLA sur la base des données de houle au large collectées. Ces estimations ont été effectuées purement à titre indicatif (voir sections concernées) car elles reposent sur des hypothèses de travail (pente des fonds, houles au large, bathymétrie locale) très approximatives et non vérifiées dans le cadre de ce premier stade d'étude. Ces valeurs devront faire l'objet d'une validation dans un stade ultérieur.



4.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Le relief montagneux de Mayotte, fortement marqué par l'origine volcanique des deux îles qui la composent, est une composante spatiale contraignante dans le cadre d'un aménagement aéroportuaire. // *conditionne en effet l'ampleur et la nature des travaux, les procédures d'approche et d'exploitation.*

Mayotte est baignée par le courant du Mozambique mais c'est surtout le **courant sub-équatorial**, a l'origine d'un courant circulaire qui va dans le sens des aiguilles d'une montre, *qui s'impose aux échanges entre le lagon et l'océan*, par l'intermédiaire des passes et au-dessus de la barrière de corail, lors des marées hautes.

L'immense complexe récifo-lagonaire qui ceinture l'ensemble de l'île, l'un des plus vastes du monde, s'étend sur une surface d'environ 1500 km². Large de 3 à 5km, il isole le lagon de l'océan ; seules quelques vallées englouties ont donné naissance, en entaillant la barrière de corail à des passes de communication avec la mer. Ce complexe comprend, de la terre à la mer :

- *des récifs frangeants* qui ceinturent une grande partie de l'île (160 km) sur une largeur allant de 50 à 800 m
- *un lagon* dont la profondeur moyenne varie de 10 à 50 m pour atteindre localement 80 m. Soumis aux pressions anthropiques et naturelles, l'envasement et la dégradation de la qualité des eaux du lagon se sont amplifiés ces dernières années. La mort des coraux liée au Nino n'a fait qu'aggraver la qualité de cet **écosystème fragile**, formidable réservoir de biodiversité où l'on compte encore : 200 espèces de coraux, plus de 450 espèces de mollusques, plus de 200 espèces de poissons, deux espèces de tortues et plus d'une dizaine de cétacés (dauphins, baleines à bec et à bosses, dugongs...).



- un récif barrière large de 800 à 1 500 m. D'une continuité remarquable comme dans les secteurs nord-est et sud, il est entaillé d'une douzaine de passes étroites et présente, dans le nord et l'ouest, des zones submergées de profondeur variable, issues probablement des mouvements de bascule anciens. Côté lagon, il présente une pente interne sédimentaire qui rejoint les formations sablo-vaseuses du lagon,
- une double barrière interne au sud-ouest s'étirant sur 18 km environ,
- une pente externe aux formations en éperons et sillons plus ou moins prononcés, qui plongent vers l'océan et dont le rôle sur l'hydrodynamisme du milieu est très important.



Établissement public de l'état, le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (**CELRL**) mène une *politique foncière pour la sauvegarde de l'espace littoral, le respect des sites et des équilibres biologiques*. Suite aux dégradations de l'environnement marin qui progresse depuis une vingtaine d'année, des structures ont été mises en place pour observer, gérer et protéger le patrimoine naturel des milieux coralliens et lagonnaires ; il s'agit : de l'Observatoire des Tortues de mer (**OTM**), de l'Observatoire des Récifs Coralliens (**ORC**) et de l'Observatoire des Mammifères marins (**OMM**).



La végétation naturelle de l'île est de type tropical. **De la forêt naturelle** qui devait couvrir la majeure partie de l'île avant la présence humaine, il ne reste que quelques lambeaux sur les reliefs, menacés de disparition par différentes cultures et la cocoteraie.

Les forêts secondaires sont majoritairement composées d'espèces exotiques naturalisées comme le bois noir, le manguier, l'avocat marron ou le cannellier. Sur les versants anthropisés, on retrouve des espèces plantées ou introduites comme l'arbre à pain, le jaquier, le tulipier du Gabon, le cocotier et le bananier.



Sur les côtes rocheuses, les disponibilités en eau conditionnent le développement de **fourrés secs**, sur des terrains impropres à la culture. Takamaka, natte, badamier et baobab parsèment ces formations menacées par une peste végétale, le lantana qui forme de denses buissons où aucune autre espèce n'arrive à prospérer.



En association avec :

CETE
Méditerranée

SOGREAH
CONSULTANTS



Les mangroves littorales sont des formations arborescentes ou buissonnantes qui se développent préférentiellement dans les secteurs calmes du littoral, peu exposés aux houles d'alizés et de mousson. Elles se sont adaptées à l'alternance des périodes d'inondation et d'exondation de la nappe d'eau salée des marées. Elles présentent une organisation en bandes parallèles au rivage, chaque ensemble se distinguant par une physionomie et une composition floristique propres. Elles sont le siège d'une chaîne alimentaire complexe à la faune diversifiée et jouent un rôle écologique majeur car elles constituent des interfaces entre le milieu aquatique et terrestre. Elles sont utilisées par la population locale comme combustible, pour la construction, pour la cueillette (crabes de palétuviers, coquillages, poissons : pêche au djarifas...) ou pour l'exploitation du sel marin (Bandrélé).

La richesse végétale des forêts mahoraises n'est pas totalement connue ; les inventaires floristiques réalisés par la DAF et le muséum d'histoire naturelle depuis 1995 n'ont cependant pas encore révélé d'espèces végétales rares. **Il n'en est pas de même pour les animaux dont certains sont protégés par convention internationale ou par arrêtés préfectoraux** comme le Maki, la roussette la tortue imbriquée, la tortue verte...



A Mayotte, **l'agriculture est une activité traditionnelle**, pour une large part tournée vers l'autosubsistance. Encouragées par les services agricoles et les opérateurs privés, les cultures d'exportation rencontrent une concurrence internationale et sérieuse. La vanille (2ème rang pour l'exportation) mais surtout l'ylang-ylang, apprécié des parfumeurs, représentent des apports financiers significatifs. Le relief de l'île est un facteur limitant pour l'activité agricole. Ce qui explique l'importance de la préservation des plaines et fonds de vallées (comme le plateau de Combani sur Grande Terre) qui fournissent un fort potentiel, mais qui sont soumis à une pression urbanistique importante.





La **population** de Mayotte présente un brassage ethnique important. Avec un taux de croissance de 5,7 %, elle augmente rapidement et a pratiquement été multipliée par 3 en vingt ans. Principalement musulmane, Mayotte a des habitudes ancestrales et des besoins coutumiers en habitat.



La croissance économique de Mamoudzou a entraîné la **structuration de l'espace urbain autour de trois communes : Mamoudzou, M'Tsapéré et Kaouéni** entre lesquelles le tissu urbain est quasi continu aujourd'hui. L'emploi se concentre dans ce pôle urbain qui constitue le principal bassin d'activité.



Sur Petite Terre, le caractère urbain marqué transparaît au niveau du type de construction (dur et demi-dur) et dans le niveau d'équipement des résidences principales. On y trouve : l'aéroport de Dzaoudzi-Pamandzi mais aussi la centrale thermique et le dépôt d'hydrocarbures des Badamiers, le débarcadère; la barge qui relie les deux terres renforce à heures régulières l'agitation de l'espace urbain.

Jusqu'à présent, lorsqu'il existe, l'assainissement à Mayotte est de type autonome. L'accroissement de la population et la prise en compte des problèmes de salubrité et de la valeur du patrimoine environnemental a conduit au lancement **d'un schéma directeur d'assainissement en avril 2000.**





Le patrimoine historique et culturel de Mayotte est lié à son histoire riche en rebondissements. Des fouilles menées depuis les années 70 ont fait son rôle de plaque tournante des échanges dans l'océan indien. De nombreuses mosquées sont implantées sur le territoire, rappelant le rattachement des mahorais à la religion musulmane.



Le tourisme à Mayotte est essentiellement un tourisme de proximité. Encore peu développé, il dispose cependant d'un potentiel important au niveau d'un *capital naturel et culturel non entamé, des paysages variés et un lagon considéré comme un des plus attirants du monde*. Actuellement la capacité d'accueil reste modeste, un projet de complexe hôtelier est en cours au droit de la plage de Hamaha (plage du "Pendou"), sur Grande Terre.



Le Schéma Régional d'Aménagement et de développement du Territoire (**SRADT**) a été approuvé en décembre 1999, faisant ressentir notamment les besoins en terme de : logements et d'équipements publics, de politique agricole globale, d'infrastructures routières, maritimes et aéroportuaires, de réseaux. **Il fait état de la préservation du patrimoine naturel** en s'engageant sur l'aménagement des espaces remarquables tout en les préservant de la pression urbanistique et touristique dans le cadre d'un développement durable.



4.4. RECOMMANDATIONS DURANT LA PHASE DE TRAVAUX

Quel que soit le site choisi, les contraintes environnementales s'imposent aussi bien en phase travaux qu'en phase d'exploitation.

A ce premier niveau d'étude, on ne retiendra que les contraintes majeures liées à l'implantation de la plateforme. Il est évident que la phase chantier, souvent très traumatisante, notamment lorsqu'on se trouve en milieu aquatique, ne peut être dissociée des préoccupations environnementales.

Elles sont à peu près identiques sur l'ensemble des sites, même si on se trouve en milieu terrestre :

- risques de pollution mécanique par : dispersion des sédiments fins puis sédimentation dans le lagon ou dans des sites sensibles comme les cours d'eau ou les plans d'eau, dispersion des poussières sur les végétaux ou les cultures,
- risques de pollution accidentelle par déversement de matières dangereuses toxiques,
- modifications temporaires des pratiques de l'espace par interception des réseaux de transport, allongement de parcours, nuisances liées au transport des matériaux : bruit, poussières...



En association avec :





4.5. PLAN MASSE TYPE

4.5.1. Caractéristiques

Suite aux conclusions du chapitre 3 concernant les schémas de dessertes possibles de Mayotte, les caractéristiques du plan masse type de l'infrastructure aéroportuaire nécessaire sont résumées dans le tableau suivant :

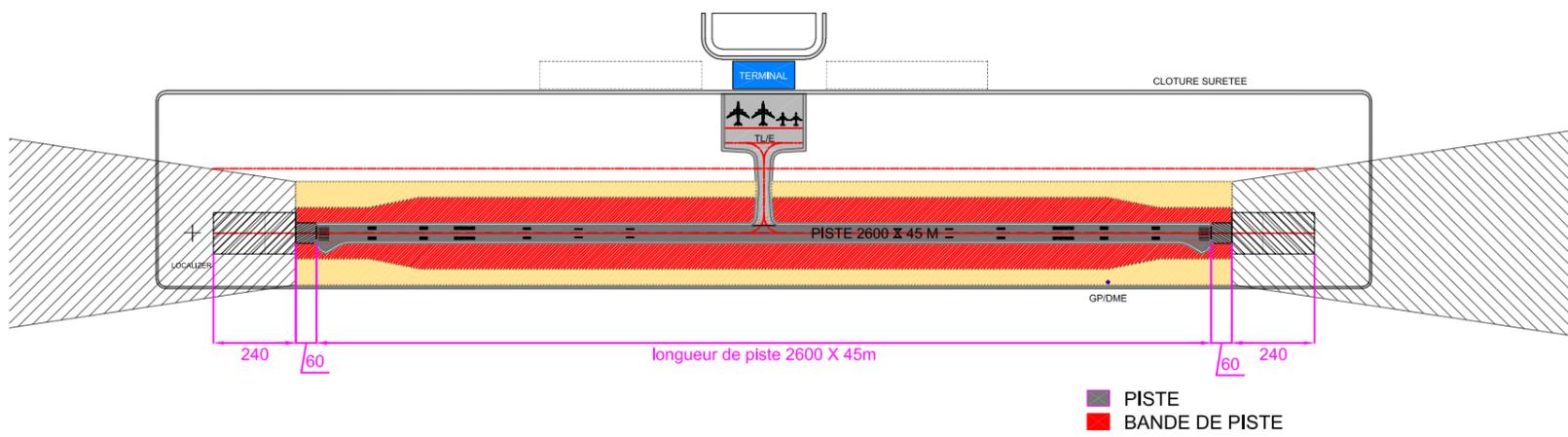
	Dimensions	Emplacement
Piste	2 600m x 45m	En fonction du site
Bande anti-souffle	60m x 45m	A chaque extrémité de piste
Aire de sécurité	240m x 90m	A chaque extrémité de piste
Bande dégagée	2 720m (voire 3200m)x 300m	-
Bande nivelée	2 720m x : 210 m en partie centrale 150 m à chaque extrémité	-
Taxiway perpendiculaire de Cat 4E	23m de large	En face de l'aire de stationnement aviation commerciale
Taxiway parallèle de Cat 4E	23m de large	A 182,5m de l'axe de piste
Taxilane parallèle à la piste		A 80m de l'axe du taxiway parallèle
Equipements d'aide à la navigation aérienne		
1 Localizer (ou RAP) de Cat 1¹		
1 Glide (ou RAD) de Cat 1¹		
Front des installations		Au minimum à 415m de l'axe de piste : Axe taxiway // – axe piste : 182,5 m Axe taxilane // - axe taxiway : 80 m 1/2 servitude – axe taxilane : 42,5 m Profondeur aire de stationnement : 100 m Route de service : 10m Soit 415m

Il est à noter qu'après travaux de mise aux normes sur l'aéroport actuel le front des installations se trouve à 347m de l'axe de piste. Dans cette configuration, il n'est pas possible d'installer un taxiway parallèle à la piste. Le front des installations devrait être reculé de 68 m au minimum pour permettre la mise en place d'un taxiway parallèle.

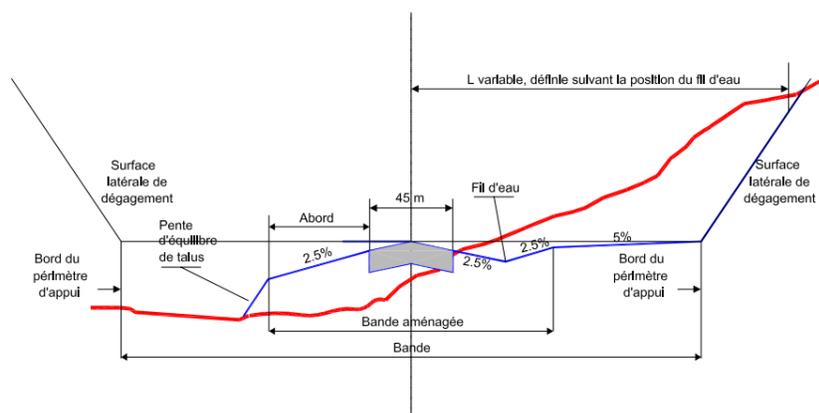
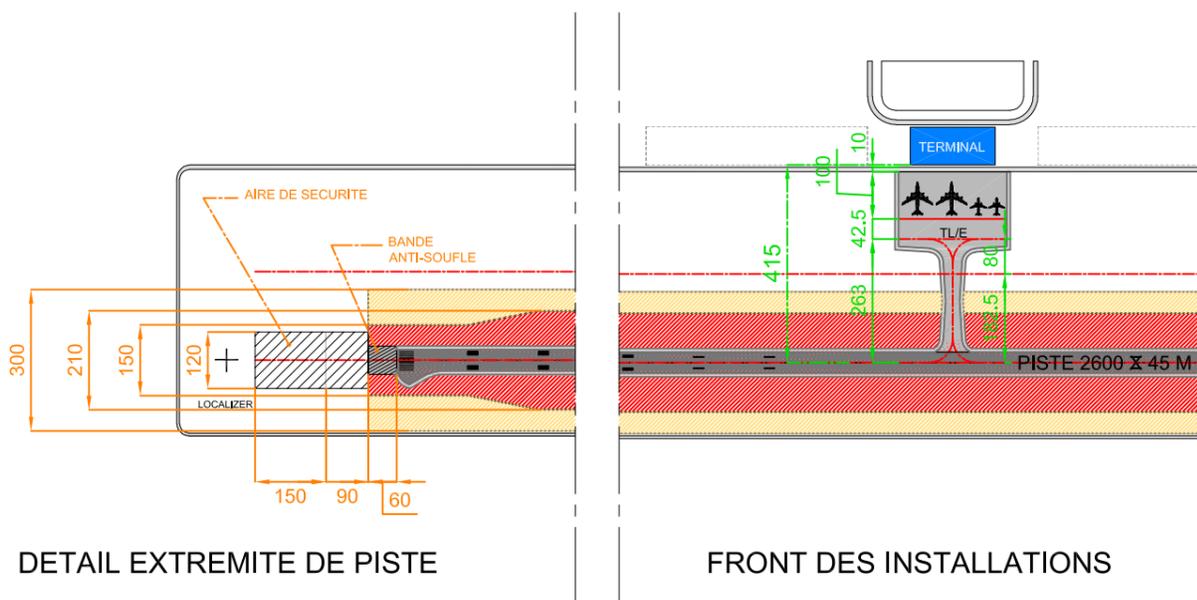
¹ Le besoin opérationnel est justifié au paragraphe 5.3.1.4



PLAN MASSE TYPE



TYPLOGIE PISTE 4E



ADP.i

En association avec :

CETE
Méditerranée

SOGREAH



4.5.2. Servitudes aéronautiques de dégagements

Les servitudes aéronautiques de dégagement appliquées à la piste respecteront les caractéristiques de catégorie 4 E.

Trouée d'atterrissage

- Longueur totale 15 000 m
- Première section
 - Long : 3 000 m
 - Pente 2 %
- Deuxième section
 - Long : 3 600 m
 - Pente 2.5 %
- Troisième section - long 8 400 m
- Divergence 15 %

Trouée décollage

- Divergence 12.5 %
- Longueur 15 000 m
- Longueur du bord intérieur 180 m
- Pente 2 %

Surface conique

- Pente : 5 %
- Hauteur : 100 m

Surface horizontale intérieure

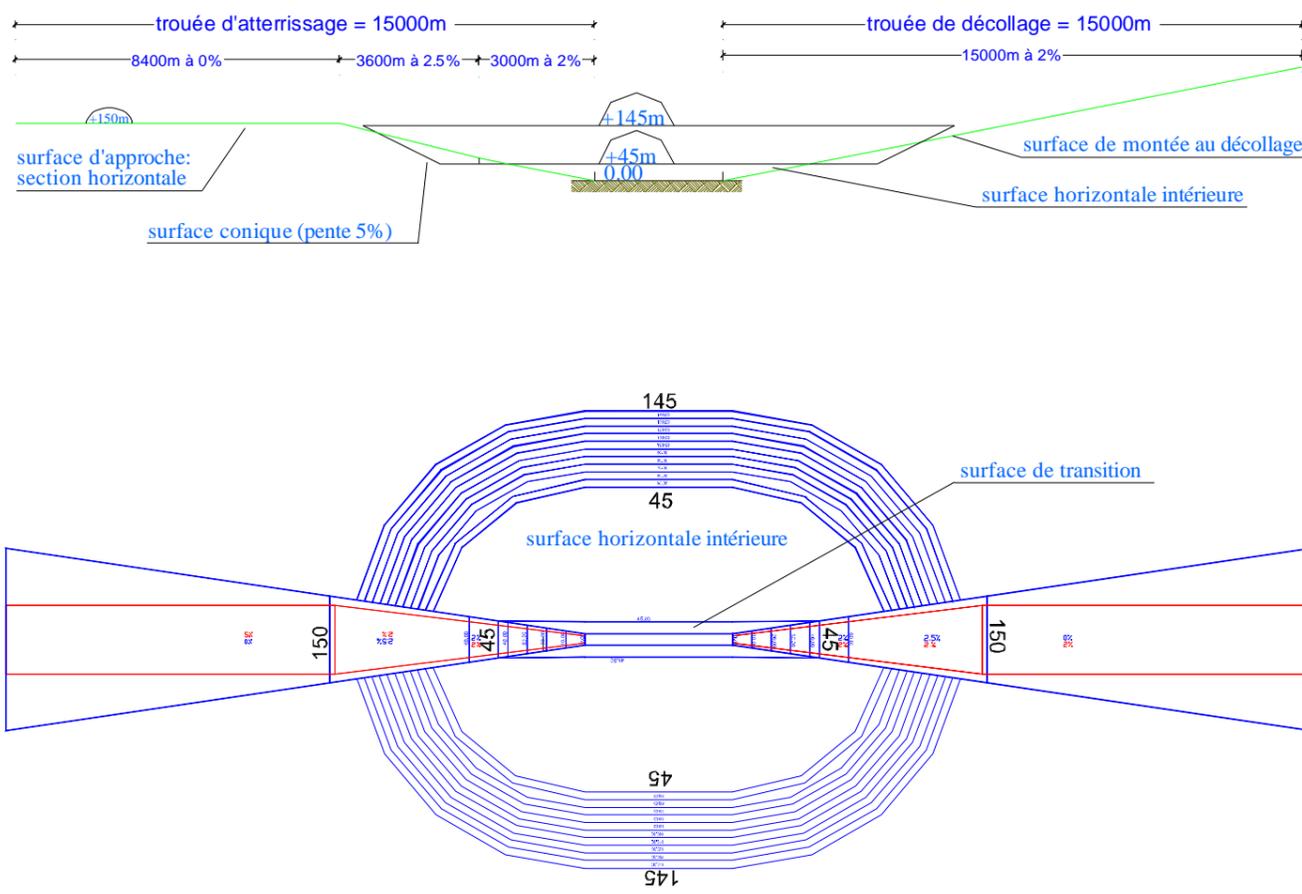
- Hauteur : 45 m
- Rayon : 4 000 m

Surface latérale de protection

- Pente : 14,3 %

Les dimensions et pentes des surfaces de limitation d'obstacles consistent à exclure tout obstacle naturel ou artificiel du volume supérieur, réservé à l'évolution des avions aux abords d'un aéroport.

ETUDE DES SCENARIOS DE REALISATION D'UNE PISTE LONGUE POUR L'AEROPORT DE MAYOTTE PHASE 1



Exemple de servitudes aéronautiques catégorie 4E



En association avec :



