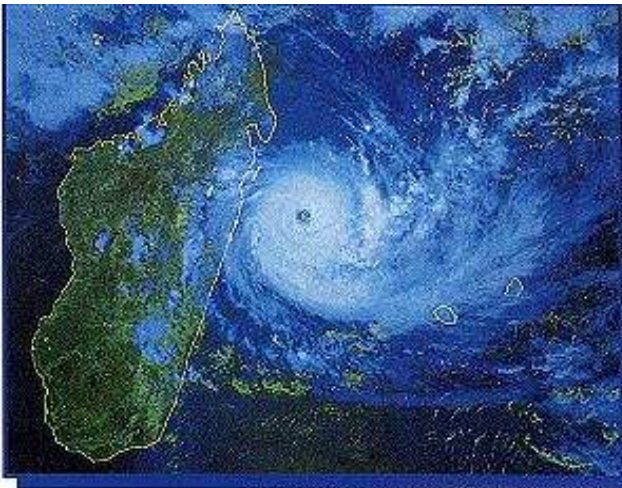




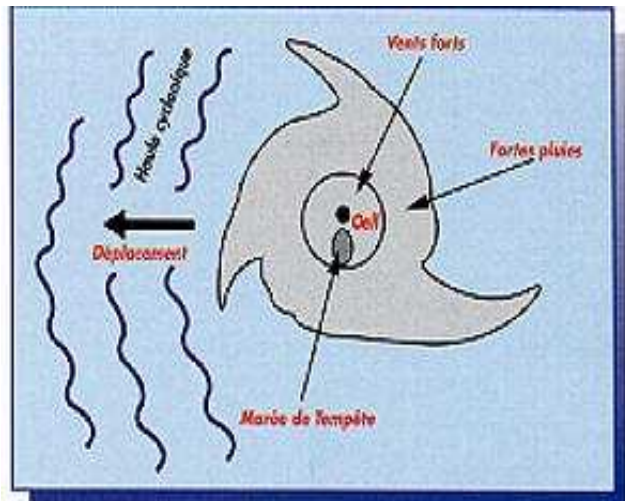
REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA  
Tanindrazana - Fahafahana - Fandrosoana

# REGLES

## POUR CONSTRUCTIONS PARACYCLONIQUES



Cyclone Banita, 8 janvier 1996 (1049 UTC, NOAA 14)



## SOMMAIRE

<b>A – ACTION DU VENT SUR LES CONSTRUCTIONS.....</b>	<b>Page 6</b>
<b>B – ACTION DE LA PLUIE SUR LES CONSTRUCTIONS.....</b>	<b>Page 12</b>
<b>C – DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES.....</b>	<b>Page 14</b>
<b>D – MESURES D’ACCOMPAGNEMENT.....</b>	<b>Page 15</b>

## 1. DEFINITION

- Les normes de construction sont des mesures préventives propres à protéger l'homme et ses biens contre un phénomène qui lui est étranger. Il s'agit ici du cyclone.
- Ces mesures comprennent des règles de calcul et des dispositions constructives découlant de ces calculs et de la pathologie tirée des sinistres provoqués par ce phénomène.

## 2. DOCUMENTS DE BASE

L'étude est basée sur les documents suivants :

- les données fournies par le service de la METEOROLOGIE NATIONALE.
- le TBM ou les Travaux de Bâtiment à Madagascar
- le FASCICULE portant dispositions constructives applicables aux travaux de bâtiments édifiés dans les zones à hauts risques cycloniques, qui représente le vécu des cyclones à Madagascar depuis « Kamisy » en 1980 non modifié à ce jour.

Ce fascicule comprend :

- Le circulaire n°003 MTP du 20 janvier 1988 ;
- Le circulaire n°10 MTP du 05 février 1988.

**Dans notre étude, nous avons également tenu compte de « ce qui se fait ailleurs » surtout là où se manifestent des phénomènes analogues dans des circonstances comparables :**

- Les documents figurés intitulés « The KINGDOM of TONGA »
- Ainsi que le « GUIDE de CONSTRUCTION en REGION CYCLONIQUE » de l'île de la Réunion ont ainsi enrichi nos réflexions.

## 3. DU PHENOMENE

- Le phénomène qui nous préoccupe est une masse d'air chargée de nuages très denses donc porteuse de fortes précipitations d'eau. De plus, animée d'une certaine vitesse, cette masse d'air en mouvement se transforme en une force subhorizontale frappant tous les obstacles qu'elle rencontre sur sa trajectoire.
- Il convient dès lors d'étudier les effets provoqués par le vent et par la pluie sur la stabilité et l'étanchéité du clos et du couvert.
- Ces deux éléments une fois déchaînés, occasionnent également d'importants dégâts sur l'environnement (arbres arrachés, éboulements ou glissements de terrains, routes et ouvrages de soutènement endommagés, inondations, pertes de vies humaines...).

**Pour Mémoire :**

- Il y a aussi les marées de tempête appelées « Raz de Marée » qui créent des situations critiques dans les villes édifiées en bordure du littoral principalement à l'embouchure des ravines et des torrents ;
- L'établissement des règles de sécurité concernant ces dommages causés sur l'environnement ne rentre pas dans notre mission, mais il convient d'en tenir compte en particulier au moment de l'étude des dossiers de demande de permis de construire en évitant les « zones non oedificandi » définies par le Code de l'Urbanisme et de l'Habitat ;
- Citons à titre indicatif les précautions suivantes :
  - Eviter de construire en bordure de littoral, de façon à s'affranchir du risque lié à la houle cyclonique et à la marée de tempête

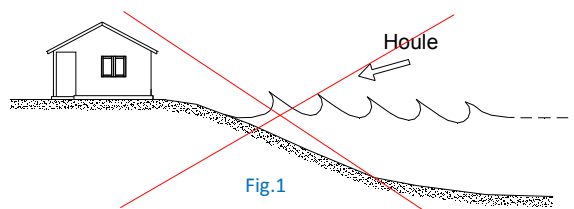


Fig.1

- Ne pas construire dans le lit majeur des cours d'eau (et plus largement dans toute zone inondable) compte tenu des risques de débordements existants pendant et après le passage du cyclone (liés à la pluviométrie souvent importante qui l'accompagne).

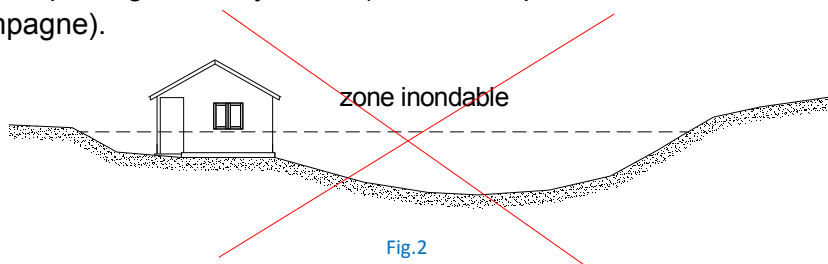


Fig.2

- Eviter les sites dont les caractéristiques topographiques leur confèrent une trop grande exposition aux vents (vallées étroites, bords de falaises, etc.)

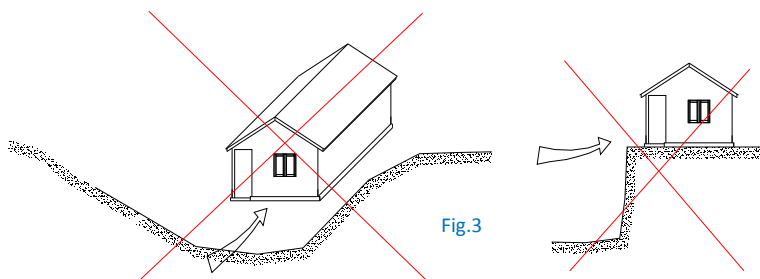


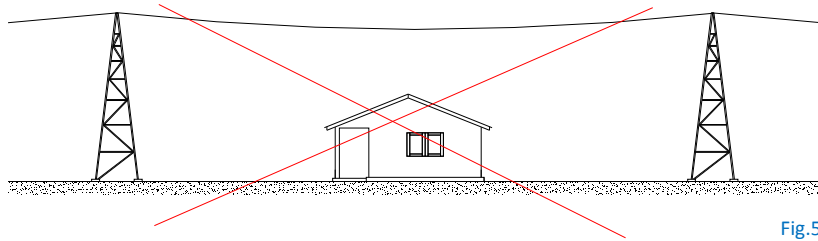
Fig.3

- Ne pas construire sur un versant soumis aux instabilités de terrain (de même qu'en tête ou en pied de celui-ci) ;

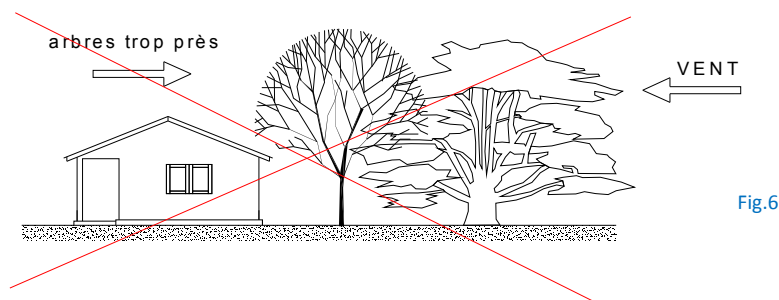


Fig.4

- Ne pas construire sous une ligne électrique haute tension (risque d'électrocution et d'incendie) ;



- Plus généralement, dans toutes zones exposées aux risques



#### 4. LES MESURES ESSENTIELLES

- La gestion du risque cyclonique repose en grande partie sur la surveillance météorologique et sur une mise en alerte progressive de la population exposée, ainsi que sur les actions d'information sur la conduite à tenir avant, pendant et après le passage du cyclone.
- ***Mais la réduction des bilans humains et économiques passe également par la mise en place de stratégies constructives adaptées et par un contrôle rigoureux du respect des règles établies.***
- ***Ce dernier paragraphe fixe l'essentiel des présentes règles.***

# A. L'ACTION DU VENT SUR LES CONSTRUCTIONS

## 1. BASES SCIENTIFIQUES

- Le vent est assimilé à un fluide en mouvement à écoulement supposé laminaire caractérisé par sa vitesse  $V$  et sa masse volumique  $\rho$ .
- Toute construction se trouvant sur son passage constitue un obstacle contrariant ce mouvement.

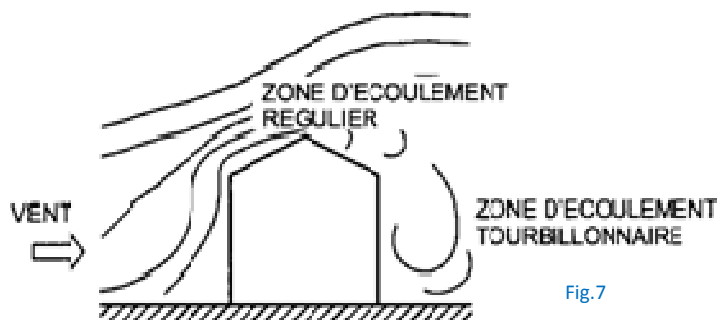


Fig.7

- Au moment de l'impact, la vitesse supposée perpendiculaire à la face frappée s'annule et il se développe une énergie cinétique qui se transforme en pression dynamique dite « de base » suivant la loi de Bernoulli qui s'écrit :  $Q = kV^2$
- Sous l'effet de cette pression, toute construction est le siège :

- d'une force globale de traînée «  $T$  » pouvant provoquer un renversement de l'édifice
- d'une force de soulèvement: «  $U$  »

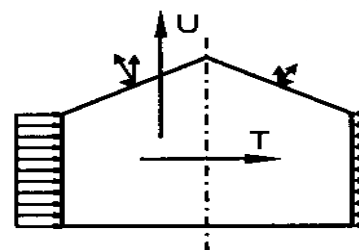


Fig.8

Ces forces sont les résultantes des pressions intérieures et extérieures appliquées sur les parois verticales et sur la couverture du bâtiment.

Malgré la complexité du phénomène, les Règles de calcul doivent conduire à des applications simples. Elles utilisent les résultats les plus récents des recherches entreprises dans le monde.

Pour les présentes Règles, nous appliquerons les Règles dites « NV 65 modifiées 1999 », jointes en annexe au présent document sauf en ce qui concerne le zonage et l'effet de la neige, pour les raisons suivantes :

- Elles ont été enseignées dans les écoles d'Ingénieurs à Madagascar depuis plusieurs années.
- Leur application sur les projets n'a pas donné lieu à des déboires notables.

- L'introduction de nouvelles règles risquent de créer un conflit de générations et/ou de responsabilités.

## 2. DE LA VITESSE DU VENT

- La pression dynamique dépend essentiellement de la vitesse du vent.
- Or, cette vitesse n'est connue avec précision qu'au point où elle a été relevée. Des phénomènes de turbulence ou de dépressions locales peuvent favoriser des gradients sensibles à quelques centaines de mètres de distance.

Les valeurs suivantes, basées sur des relevés météorologiques récents, sont les vitesses et les pressions probables "provisoires" en deçà desquelles la construction doit résister pour être apte à sa destination : protéger l'homme et ses biens.

## 3. APERCU SUR LE CALCUL DES PRESSIONS

*Les règles de calcul recommandent pour la résistance des constructions de considérer deux valeurs de vents :*

- Un vent dit normal dont la valeur est celle susceptible de se produire une ou plusieurs fois dans l'année. Dans cette hypothèse, la construction ne doit présenter aucun désordre.
- Un vent extrême dont la valeur est celle susceptible de se produire une fois pendant la durée de vie de la construction. Appelé aussi vent de « mise hors service » : la construction peut présenter de grandes déformations sans mettre en danger ni les occupants ni leurs biens.

Comme depuis quelques années le cyclone frappe notre île au moins une fois par an, on serait en droit de recommander comme vent normal le vent cyclonique.

La durée de vie normale d'une construction classique est de 50 ans. L'Euro code définit la vitesse de référence du vent sur une base probabiliste : le vent « cinquantenal » de période de retour égal à 50 ans en appliquant un coefficient de majoration de 1,75 sur les pressions dynamiques de base.

De plus, selon l'exposition du site, les coefficients suivants sont à appliquer :

- site abrité : 0,8 (exemple : fond de cuvette bordé de collines sur tout son pourtour et protégé ainsi pour toutes directions du vent)
- site normal : 1,00 (exemple : plaine ou plateau de grande étendue pouvant présenter des dénivellations peu importantes, de pente inférieure à 10%)
- site exposé : 1,2 (exemple : au voisinage de la mer : le littoral en général, sur une profondeur de 6 Km ; le sommet des falaises ; les îles ou presqu'îles. A l'intérieur du pays : les vallées étroites où le vent s'engouffre ; les montagnes isolées ou élevées et certains cols.

Il y a lieu également d'analyser les effets de rafale qui accompagnent tout cyclone et qui engendrent des contraintes de fatigue pouvant accélérer la ruine de l'édifice. Ainsi, il est

recommandé d'appliquer en plus, sur la pression du vent un coefficient de majoration dynamique de l'ordre de 1,2.

Enfin, la pression du vent est une fonction croissante de la hauteur et dépend de la configuration du bâtiment.

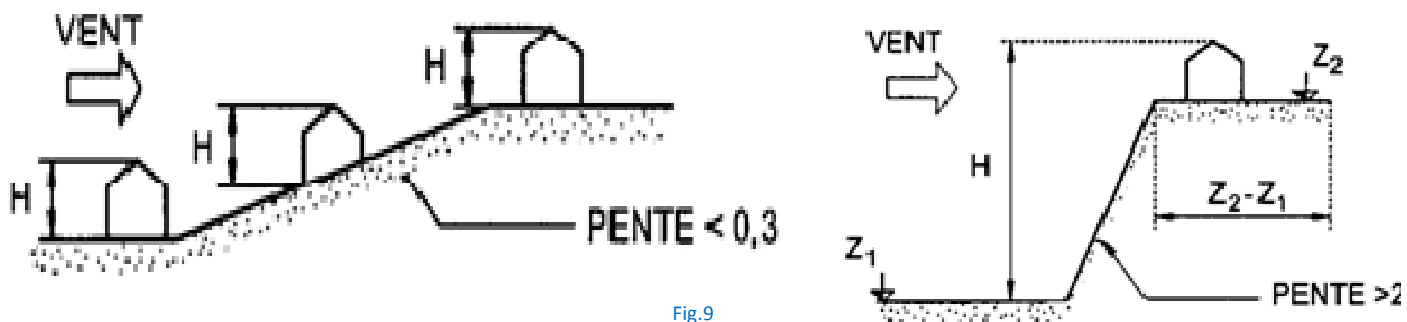


Fig.9

Sous l'effet du vent, toute construction est le siège :

- sur ses faces extérieures :
  - d'une succion si elles sont « sous le vent »
  - d'une pression (ou d'une succion) si elles sont « au vent »
  
- sur ses faces intérieures :
  - d'une pression intérieure qui est une surpression si la face « au vent » est plus perméable que la face « sous le vent » et une dépression dans le cas contraire.

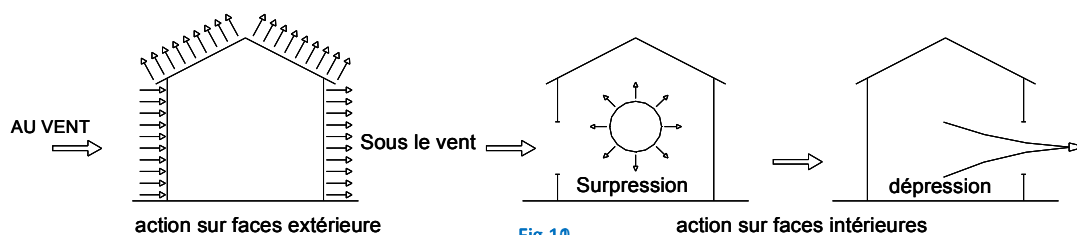


Fig.10

L'action extérieure du vent sur les toitures est une succion et dépend de l'angle de la couverture avec l'horizontale. Elle est maximum pour une valeur de cet angle voisine de  $10^\circ$  et minimum pour une valeur voisine de  $30^\circ$ .

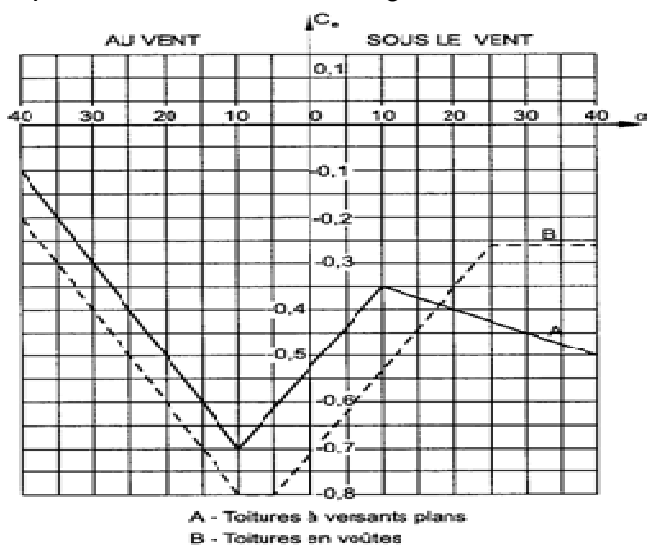


Fig.11

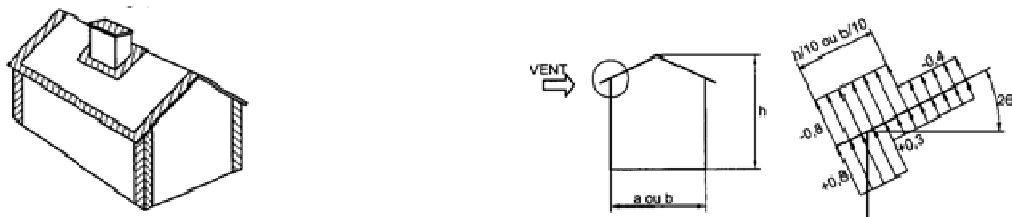


Les toitures plates sont également le siège d'une suction.

Les forces défavorables sollicitant les couvertures se produisent lorsqu'il y a une surpression importante dans la pièce. C'est le cas en particulier lorsqu'une porte ou une fenêtre au vent s'ouvre accidentellement (bris de vitre, battant défectueux...).

Dans les dispositifs para-cycloniques, il faut aussi penser à la résistance des ouvertures au même titre que celle des parois dont elles font partie intégrante.

Les bords de toiture et les angles des bâtiments sont le siège d'une concentration d'efforts tourbillonnaires et demandent des dispositifs de protection particuliers



Ce raccourci qualitatif ne prétend pas résumer les effets d'un phénomène aussi complexe que le vent ; mais il est suffisant pour comprendre l'origine des désordres occasionnés par les cyclones et par la suite de comprendre les dispositions proposées.

- Les pressions sur les toits sollicitent la couverture et les divers organes d'attache tout en délestant le bâtiment.
- Les pressions sur les parois désorganisent les murs et les fermetures, se transmettent aux contreventements et tendent à renverser l'ouvrage.

#### 4. CARTE DES VENTS

Les zones du littoral par où les cyclones arrivent avec le maximum d'énergie, ont été traitées de façon presque uniforme.

La partie Nord de l'île est la plus fréquemment exposée par rapport à la partie Sud et le Centre où l'effet de freinage du sol réduit de façon sensible la vitesse du vent.

La zone de Taolagnaro est par contre très souvent sollicitée par des vents d'alizé assez soutenus ; les valeurs proposées pour cette zone en tiennent compte.

Ces données demandent toutefois à être périodiquement mises à jour. L'effet du réchauffement climatique observé depuis le XXème siècle par exemple, pourrait être à l'origine d'un changement sensible de ces données.

Les pressions extrêmes des vents, même en site exposé, ne protègent pas à coup sûr contre l'effet de trombe ou de tornade, phénomènes imprévisibles qu'il n'y aura pas lieu d'envisager dans le cadre de la présente étude.

La carte suivante délimite les quatre zones qui comprennent les régions ci-après :

- **Zone 1** : Diana, Sava, Analanjirifo, Antsinanana, Alaotra Mangoro, Sofia, Boeny.
  - **Vitesse des Vents :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>74m/s ou 266km/h</b>	<b>97m/s ou 350km/h</b>
  - **Les pressions dynamiques correspondantes sont :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>336 dan/m2</b>	<b>588 dan/m2</b>
  
- **Zone 2** : Melaky, Menabe, Anosy, Atsimo atsinanana, Atsimo andrefana, Vatovavy fitovinany.
  - **Vitesse des Vents :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>60 m/s ou 216 km/h</b>	<b>79 m/s ou 284 km/h</b>
  - **Les pressions dynamiques correspondantes sont :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>208 dan/m2</b>	<b>364 dan/m2</b>
  
- **Zone 3** : Analamanga, Bongolava, Itasy, Vakinankaratra, Amoron'i Mania, Matsiatra Ambony, Betsiboka.
  - **Vitesse des Vents :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>45 m/s ou 162 km/h</b>	<b>59 m/s ou 212 km/h</b>
  - **Les pressions dynamiques correspondantes sont :**

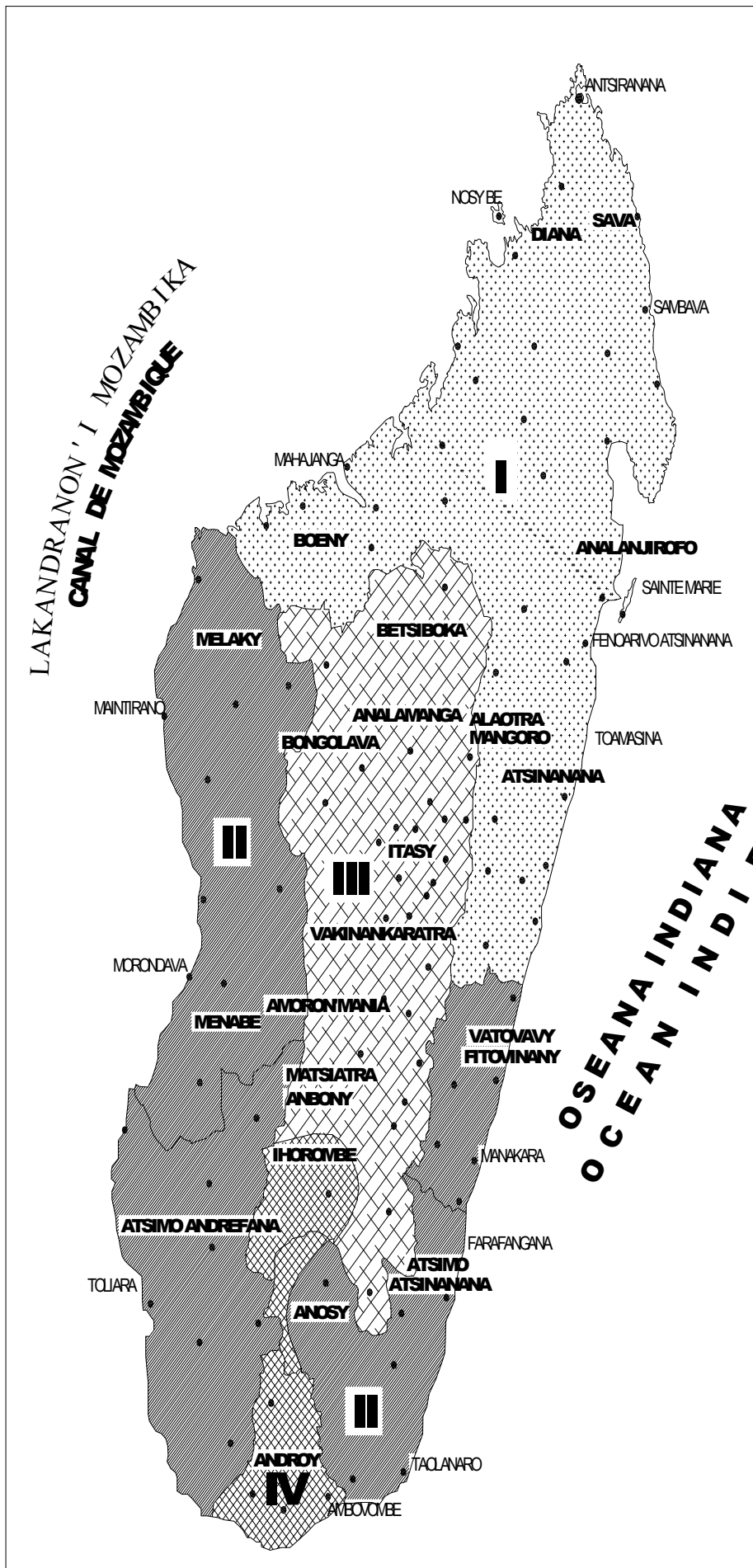
Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>124 dan/m2</b>	<b>217 dan/m2</b>
  
- **Zone 4** : Androy, Ihorombe.
  - **Vitesse des Vents :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>35 m/s ou 126 km/h</b>	<b>46 m/s ou 165 km/h</b>
  - **Les pressions dynamiques correspondantes sont :**

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
<b>75 dan/m2</b>	<b>131 dan/m2</b>

L'effet prévisible du réchauffement climatique est déjà pris en compte dans ces valeurs

(1) Voir paragraphe 4 : « Calcul des pressions ».



## B.L'ACTION DE LA PLUIE SUR LES CONSTRUCTIONS

### 1. SUR LES COUVERTURES

#### COUVERTURE EN BAC ACIER OU EN TOLE ONDULEE

La pluie cause des dégâts à l'intérieur des locaux par infiltration à travers les joints de recouvrement et les trous de passage des vis ou crochets de fixation des tôles.

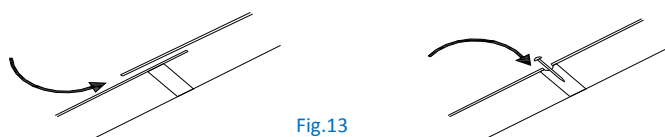


Fig.13

#### COUVERTURE EN TERRASSE

Des traces d'humidité apparaissent en plafond des pièces en cas de dégradation des revêtements d'étanchéité.

En cas de défaillance du système d'évacuation des eaux de pluie (descentes d'eau obstruées, mauvais fonctionnement ou absence de trop plein) l'eau s'accumule et crée une surcharge pouvant mettre en ruine le plancher.

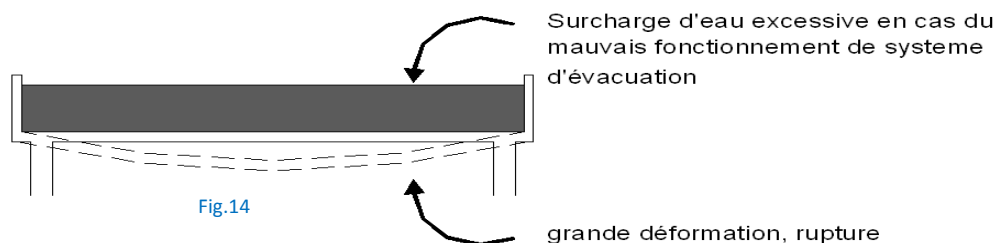


Fig.14

Les toitures à faibles pentes peuvent occasionner des accumulations d'eau incontrôlables en raison de leur grande déformabilité.

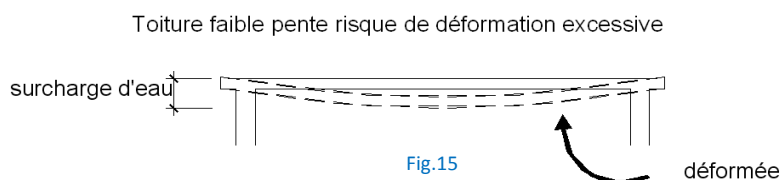


Fig.15

## 2. SUR LE CLOS

Le vent rabat la pluie sur les façades et les menuiseries extérieures pratiquement à l'horizontal et provoque des phénomènes d'humidité pouvant endommager les circuits électriques.

En l'absence de gouttière ou de chéneau, le phénomène se trouve aggravé car le rideau d'eau qui provient de la couverture s'ajoute aux quantités d'eau précédentes.

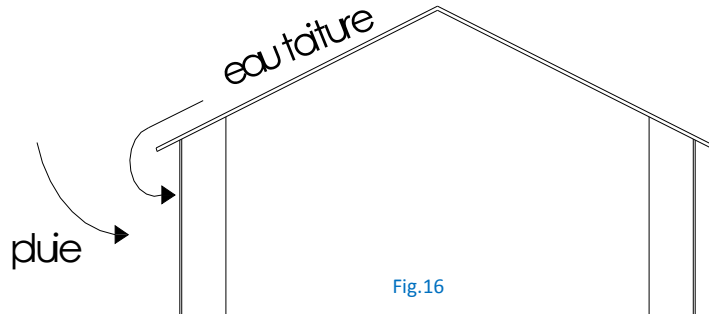


Fig.16

## 3. SUR LES FONDATIONS

La pluie provoque des affouillements au niveau des fondations.

Les eaux d'infiltration peuvent modifier les caractéristiques mécaniques du sol et entraîner de phénomènes de tassement des ouvrages.

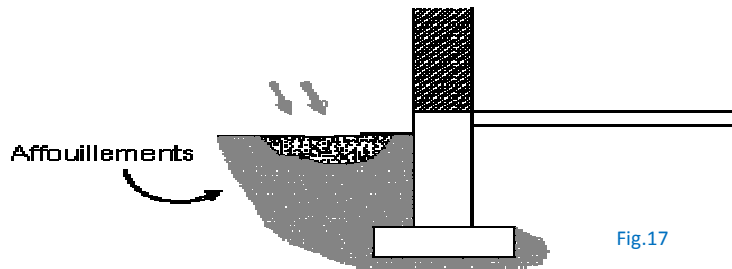
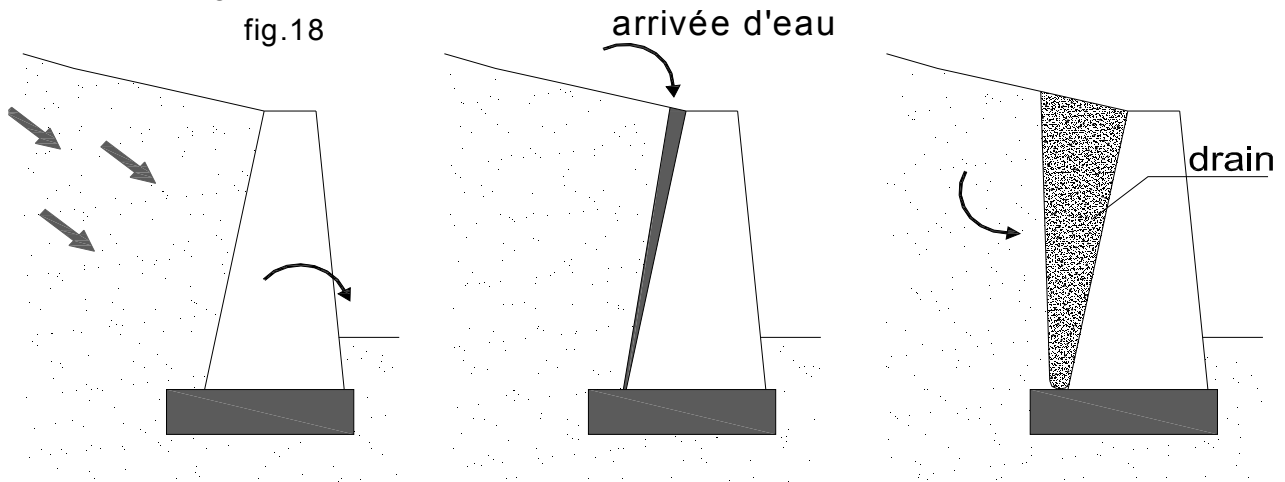


Fig.17

## 4. SUR LES MURS DE SOUTÈNEMENT DES TERRES

- Les eaux d'infiltration créent des poussées hydrostatiques qui peuvent entraîner la ruine des ouvrages en l'absence de système de drainage approprié.
- De même les eaux de ruissellement peuvent passer entre la terre et le mur et endommager le mur (par effet de « tonneau de Pascal »)



## C. LES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Les calculs donnent les dispositions théoriques à adopter mais seront confrontés à la pathologie tirée des sinistres connus ou répertoriés.

Ces dispositions sont figurées sur le document intitulé

### **FASCICULE POUR CONSTRUCTION PARACYCLONIQUE A MADAGASCAR**

et comprennent :

- les principaux sinistres répertoriés après passage des cyclones à Madagascar (Pathologie).
- les principales recommandations à l'attention des Maîtres d'Œuvre, Maîtres d'Ouvrage, Bureaux d'Etudes, Entrepreneurs, et toutes personnes participant à l'acte de construire (Chefs de chantier, charpentiers, maçons, etc.) qui portent sur :
  - les travaux de fondation et murs de soutènement
  - les travaux de maçonnerie et béton armé
  - les travaux de charpente et couverture
  - les travaux de menuiserie extérieure
  - les travaux d'étanchéité

Elles sont applicables sans restriction aux constructions classiques en dur.

En ce qui concerne les cases dites « traditionnelles » force est de constater que leur conception à base de matériaux végétaux rend délicat leur classement parmi les constructions normalisables au sens technique du terme :

- durée de vie insaisissable en l'absence de mesures de protection fongicide ou insecticide,
- l'irrégularité de leur production ne permet pas de définir une classe de résistance opposable
- enfin le fait d'accepter la « fusibilité » du clos et du couvert au moment du cyclone leur rend inaptés à leur destination qui est de protéger l'homme et ses biens.

Cependant, le FASCICULE préconise quelques mesures simples pour la conservation de leur « squelette » résistant.

## D. DES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

Pour que ce guide marque toute son efficacité, les mesures d'accompagnement suivantes, qui ne sont pas limitatives, doivent être prises :

- (1) Très large diffusion auprès de tous les participants à l'acte de construire
- (2) Formation de tous les agents ayant en charge l'exécution des projets
- (3) Mise en place d'une stratégie de contrôle et de surveillance efficace pour la certification de la conformité de l'exécution des travaux par rapport aux instructions du guide, depuis la délivrance du permis de construire jusqu'à celle du permis d'habiter.
- (4) Inscription au programme des écoles.
- (5) Penser à l'entretien périodique, avant chaque saison de pluie, des caniveaux, des regards d'eaux pluviales, des descentes d'eau et des gouttières ainsi qu'à la révision de tous les systèmes de fixations comme par exemple les toitures, les ouvertures, les plafonnages etc....

**Le coût de ces prestations est largement couvert par le montant des sinistres évités par cette intervention.**

- (6) Responsabilisation des intervenants en cas de non respect des normes, à définir avec les autorités :

D'une façon générale il est bien sûr recommandé de passer par un processus normal quant-au bon déroulement d'une construction et dont le degré varie en fonction des moyens financiers disponibles, ou chaque profession et/ou responsable doit jouer son rôle et être en mesure d'assumer ses responsabilités, chacun en ce qui les concernent :

- Architecte ;
- Ingénieurs et Techniciens ;
- Bureau d'étude ;
- Bureau chargé de la surveillance des travaux ;
- Entreprise ;
- Bureau de Contrôle (dans le cadre de garantie décennale et d'assurance tierce partie) ;
- Autorités compétentes chargées de délivrer les permis de construire.

En accord avec les catégories de personnels œuvrant au sein des Communes, une recommandation parmi tant d'autres consisterait à désigner le Maire comme premier responsable en matière d'Autorité capable de faire respecter ces normes, il devra être assisté directement par le Technicien de la Mairie qui serait formé à ces normes, le Fokontany devra assurer le relais entre la Commune et le Constructeur.

Ces données supposent que les demandes de permis de construire soient strictement appliquées.

