

## CARTOGRAPHIE DES DIRECTIONS DOMINANTES DES VENTS AU BÉNIN : OUTIL DE CONCEPTION ET DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES.

GBAGUIDI Victor S.<sup>1</sup>, GBAGUIDI Gérard Aïssè<sup>1</sup>, ADJOVI Edmond<sup>1</sup>, AMEY Kossi B.<sup>2</sup>,  
ZANKPE Marcel<sup>1</sup>, DANVI Alexandre-Eudes<sup>1</sup>, ALODEHOU Eustache<sup>1</sup>

1- Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi / Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

2- Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs / Université de Lomé (Togo)

(Reçu le 23 octobre 2010 ; Révisé le 14 mars 2011 ; Accepté le 22 mars 2011)

### RESUME

La présente étude a pour objet de déterminer les directions dominantes du vent et d'établir une carte région-vent du Bénin.

Pour ce faire, nous avons, après la collecte des informations météorologiques, procédé :

- à l'analyse des données (directions) des six stations météorologiques principales conformément aux méthodes statistiques. Ces données couvrent une période de 23 ans ;
- au moyen des techniques numériques, à l'analyse des variations des directions ;
- à l'analyse selon la norme AFNOR de l'influence du relief et de la végétation sur les directions.

A l'issue de cette étude, nous avons établi des cartes régions appropriées.

Mots clés: Vents, direction dominante du vent, carte région-vent du Bénin.

### ABSTRACT

The present study aims to determine dominant directions of the wind and to establish a wind-region map of Benin.

In order to do that, we have after the collection of meteorological information carried out:

- the analysis of data (directions) of the six main meteorological stations in accordance with statistical methods. These data cover a period of 23 years;
- the analysis of the variations of directions by means of numerical techniques;
- the analysis of the influence of the relief and the vegetation on directions according to AFNOR norms.

At the end of this study, we established appropriate regions maps.

Key words: Winds, dominant direction of the wind, wind-region map of Benin.

## INTRODUCTION

Le vent est une masse d'air en mouvement. Ce mouvement trouve son origine dans les différences de températures et de pressions de l'atmosphère en divers points du globe. Celui-ci conduit à la création des ceintures des vents dominants. Ces vents dominants se déplacent et changent de direction avec les saisons, le relief terrestre et la végétation. Leurs actions sont mal appréciées des acteurs du Génie-Civil béninois car la prise en compte des surcharges qu'ils engendrent s'est toujours faite par simple transposition des données d'autres régions en l'occurrence françaises [1] ou par l'utilisation des données ponctuelles brutes des stations météorologiques nationales. Or, d'après les études faites [1], la valeur de la pression du vent en un lieu n'a de valeur certaine

qu'en ce lieu et ne peut être utilisée dans une zone voisine qu'avec précaution. Ainsi, les surcharges du vent ont un caractère régional non transposable.

C'est donc pour pallier à ces insuffisances et incertitudes dans nos pays africains que ces travaux ont été initiés et démarrés au Togo [2] et [3].

Les présents travaux visent essentiellement à déterminer les directions dominantes du vent afin d'établir la carte région-vent au Bénin.

## MATERIELS ET METHODES

### Milieu d'étude

D'une superficie de cent quatorze mille sept cent soixante-trois kilomètres carrés environ (114.763 km<sup>2</sup>) [4], la République du Bénin jouit d'un climat tropical caractérisé par deux saisons dans le Nord (une

pluvieuse et une sèche) et quatre saisons dans le Sud (deux pluvieuses et deux sèches). Il appartient entièrement au système climatique ouest-africain. Sa caractéristique majeure est l'alternance d'une mousson, de saison fraîche et humide en provenance de l'océan Atlantique, et d'un harmattan (alizé), de saison sèche à forte amplitude thermique journalière venant du Sahara. Ces deux masses d'air (mousson et harmattan) se repoussent alternativement vers le Nord et vers le Sud. Leur zone de contact appelée Front Inter-Tropical (FIT) est le siège de toutes les perturbations atmosphériques qui provoquent des précipitations [4].

Le Bénin présente un relief peu accidenté. Ce qui fait qu'on ne distingue pas de grandes dénivellations.

La végétation du Bénin est fortement dégradée par l'homme, surtout dans sa partie méridionale où la densité de la population est élevée [5].

A ce jour, le Bénin compte six (6) stations météorologiques principales qui enregistrent régulièrement des données de vent. Elles sont réparties dans les localités suivantes : Cotonou, Bohicon, Savè, Parakou, Kandi et Natitingou.

#### Collecte des données brutes de vent

La collecte des données brutes de vent s'est faite à partir des bulletins météorologiques (manuscrits) appelés Tableaux Climatologiques Mensuels (TCM). La période d'observation est de 23 ans allant de 1985 à 2007 pour les stations de *Cotonou*, *Bohicon*, *Parakou*, *Natitingou* et de *Kandi* ; et de 1977 à 1999 pour la station de *Savè*.

#### Détermination des directions dominantes

Il s'agit de déterminer les directions dominantes du vent, celles qui ont la plus grande probabilité d'apparaître sur toutes les périodes d'observation considérées. Le calcul des pourcentages d'observation peut être formulé comme suit :

$$f_{ij} = 100 \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (1)$$

$$f_i = \sum_j f_{ij} \quad (2)$$

Avec :

- $n_{ij}$  le nombre d'observation de la  $j^{\text{e}}$  direction du vent à la  $i^{\text{e}}$  année d'observation,  $j$  variant de zéro (0) à trente-six (36) à pas de deux (2) ;
- $n_i$  le nombre d'observations total de directions du vent décomptées à la  $i^{\text{e}}$  année,  $n_i$  prend les valeurs trois cent soixante-six (366) ou trois cent soixante-cinq (365) selon que l'année soit civile ou bissextile ;
- $f_{ij}$  la fréquence associée à  $n_{ij}$  ;
- $f_i$  le cumul de  $f_{ij}$ .

#### Etude de la variation des directions dominantes

L'analyse s'est basée sur une technique numérique matérialisée par une courbe dite de tendance. Pour notre cas de figure, nous avons au moyen de Microsoft Excel 2007, opté pour un ajustement polynomial qui assure une meilleure approximation du problème par augmentation du degré du polynôme d'interpolation. C'est ainsi que nous avons adopté 6 comme degré du polynôme d'interpolation.

#### Etablissement des cartes région-vent.

L'établissement de la carte région-vent s'est fait à partir d'une analogie avec le cas de la France et de l'analyse selon la norme AFNOR de l'influence du relief et de la végétation sur les directions dominantes du vent.

## RESULTATS ET INTERPRETATION

#### Présentation des résultats de l'analyse fréquentielle

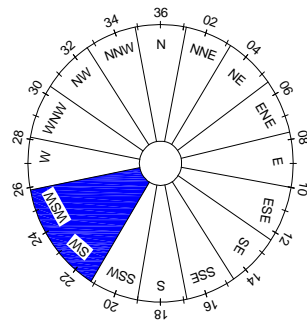
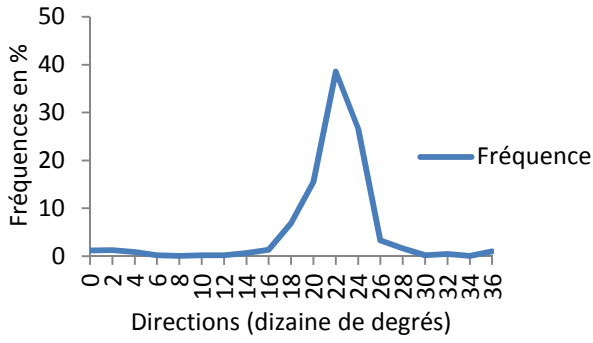
Les fréquences d'observation des directions moyennes des vents sont présentées dans le tableau 1 suivant :

Tableau I : Fréquence d'observation des directions moyennes des vents

Directions en dizaines de degrés	Stations météorologiques principales					
	Cotonou – Aéroport	Bohicon	Savè	Parakou	Natingou	Kandi
0	1,20	3,36	2,93	0,63	2,61	1,30
2	1,29	0,69	1,77	1,18	3,03	0,57
4	0,90	1,90	4,88	9,48	9,39	25,89
6	0,20	0,15	0,86	1,61	1,92	3,19
8	0,10	0,83	1,18	13,33	9,20	0,61
10	0,20	0,17	1,23	0,08	12,06	6,76
12	0,20	0,07	1,90	1,68	2,09	0,85
14	0,70	1,19	10,48	7,81	3,82	3,21
16	1,36	0,23	6,78	6,37	2,55	0,87
18	6,90	11,80	15,29	30,96	10,58	22,73
20	15,50	15,43	9,20	3,80	0,02	2,82
22	38,60	51,63	31,17	7,67	8,40	16,93
24	26,60	3,63	3,21	2,19	3,16	2,75
26	3,30	0,04	1,71	0,21	0,05	0,20
28	1,60	4,35	0,96	4,28	17,06	3,35
30	0,18	0,34	0,34	0,55	1,51	0,35
32	0,45	0,87	1,11	1,52	3,13	2,27
34	0,10	0,16	0,65	0,46	1,16	0,43
36	1,00	3,15	4,37	6,18	6,58	4,93

Cette analyse nous permettra de déterminer les directions dominantes des vents à retenir à chacune des six (6) stations météorologiques principales. Ainsi,

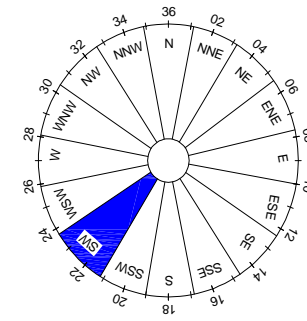
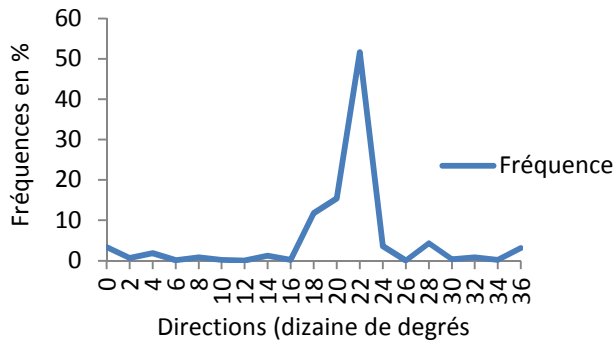
les courbes des fréquences d'observations totales en fonction des directions du vent à partir des données du tableau I ont été tracées. (Figures 1 à 6).



a) Fréquence d'observation

b) Rose des vents

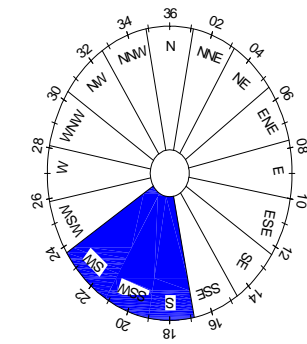
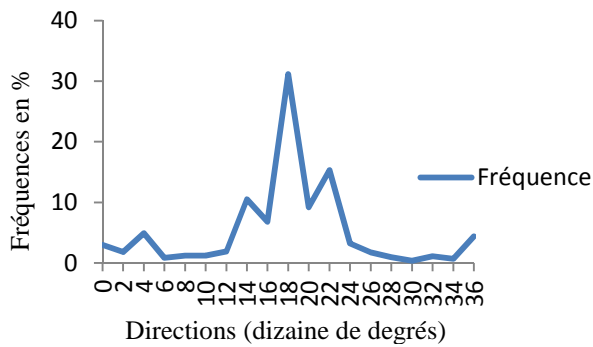
Figure 1 : Représentation graphique des directions dominantes du vent à Cotonou - Aéroport



a) Fréquence d'observation

b) Rose des vents

Figure 2 : Représentation graphique des directions dominantes du vent à Bohicon

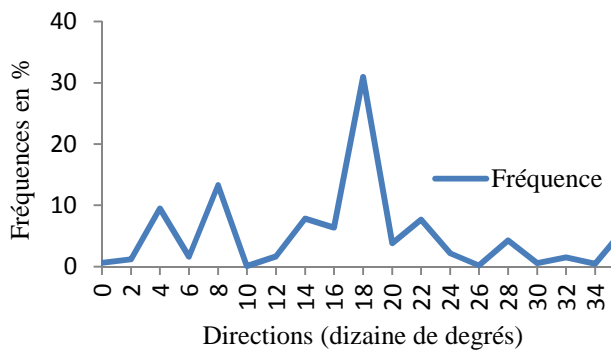


a) Fréquence d'observation

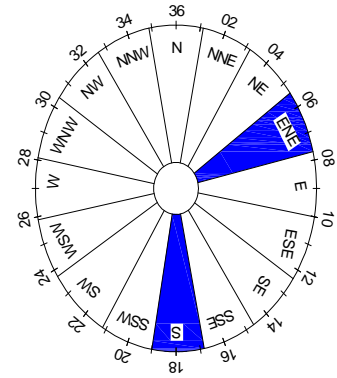
b) Rose des vents

Figure 3 : Représentation graphique des directions dominantes du vent à Savè

Cartographie des directions dominantes des vents au Bénin : outil de conception et de dimensionnement des ouvrages.

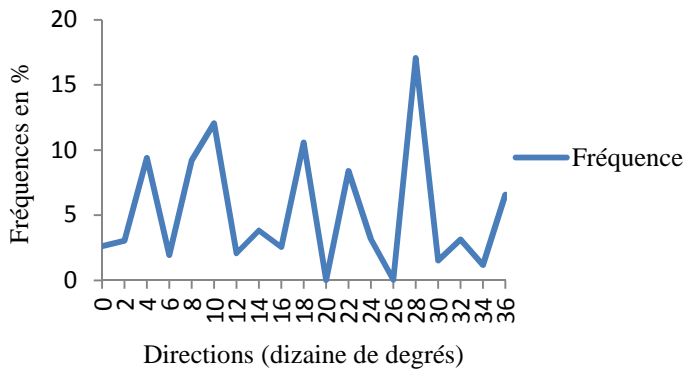


a) Fréquence d'observation

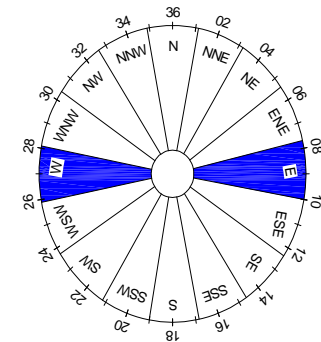


b) Rose des vents

Figure 4 : Représentation graphique des directions dominantes du vent à Parakou

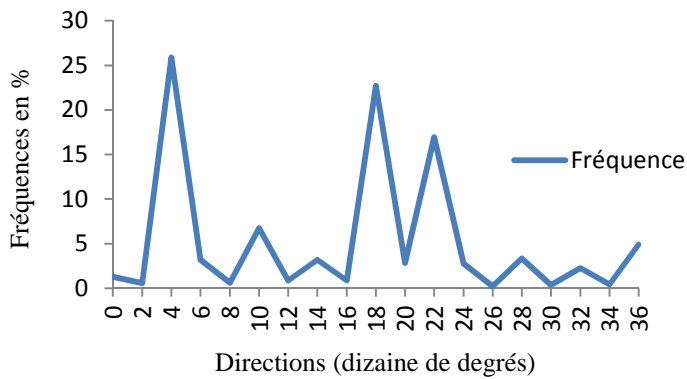


a) Fréquence d'observation

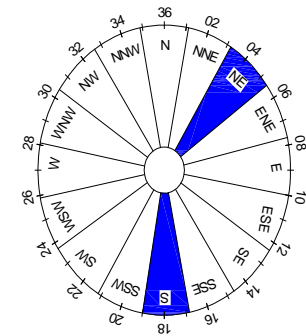


b) Rose des vents

Figure 5 : Représentation graphique des directions dominantes du vent à Natitingou



a) Fréquence d'observation



b) Rose des vents

Figure 6 : Représentation graphique des directions dominantes du vent à Kandi

**Interprétation des résultats de l'analyse fréquentielle**

celle dont la fréquence d'observation est la plus grande, les résultats sont ceux mentionnés dans le tableau II ci-dessous.

En supposant que la direction dominante du vent est

Tableau II : Directions dominantes ponctuelles de base du vent

Types de données	Stations météorologiques principales					
	Cotonou – Aéroport	Bohicon	Savè	Parakou	Natitingou	Kandi
Directions de vents	SW	SW	SW	S	W	NE

Cependant compte tenu de la disparité des données nous pouvons remarquer des cas particuliers de mouvement aux différentes stations :

- Cotonou-Aéroport : la probabilité d'apparition des vents est plus remarquable dans l'intervalle de directions [200 ; 240°]. Nous pouvons retenir cet intervalle comme plage probable de directions dominantes de vent ;
- Bohicon : la direction 220° est dominante ;
- Savè : la probabilité d'apparition des vents est plus remarquable dans l'intervalle de directions [180° ; 220°]. Nous pouvons

retenir cet intervalle comme plage probable de directions dominantes de vent ;

- Parakou : les directions 80° et 180° ont les fréquences les plus élevées ;
  - Natitingou : les fréquences d'observation sont plus grandes pour les directions 100° et 280° ;
  - Kandi : les fréquences d'observation sont plus grandes pour les directions 40° et 180°.
- Nous retenons les directions du tableau III comme plage des directions dominantes des vents.

Tableau III : Plages des directions dominantes de base du vent

Types de données	Stations météorologiques principales					
	Cotonou – Aéroport	Bohicon	Savè	Parakou	Natitingou	Kandi
Directions de vents	SSW - SW	SW	S - SW	S et ENE	E et W	NE et S

Nous pouvons constater que les localités du sud (Cotonou, Bohicon) et du centre (Savè) du Bénin, ont une (1) plage de directions dominantes du vent. Ce phénomène serait probablement dû aux effets prépondérants de la mousson.

Par contre Parakou, Natitingou et Kandi qui sont des localités situées au nord du Bénin, ont deux directions différentes dominantes du vent. Ce phénomène résulterait des effets de la mousson et de l'harmattan.

En effet, le passage de la saison sèche à la saison pluvieuse est marqué par un renversement de la direction du vent dominant en climat soudanien (au nord du Bénin) : l'alizé maritime de SW remplace l'alizé continental [1]. D'où la présence des deux directions dominantes dans les localités situées au nord du Bénin.

La direction SW est considérée comme la direction dominante au sud du Bénin alors que celle NE est considérée comme direction dominante au nord du Bénin [1].

En général, ces assertions ne sont pas en contradiction avec les résultats issus de notre étude car elles s'intègrent plus ou moins bien dans les plages de directions que nous avons obtenues (voir tableau I).

Cependant nous constatons que :

- A Parakou, la direction ENE résulterait des effets de l'harmattan. Elle semble conforme au courant de l'harmattan. Cela n'est pas le cas pour la direction S. Cette dernière résulterait probablement des effets de la mousson et serait modulée par le relief ;
- A Natitingou, la direction E résulterait des effets de l'harmattan. Cette direction semble conforme au courant de l'harmattan. Par contre la direction W résulterait probablement des effets de la mousson ;
- A Kandi, l'alternance de la mousson et de l'harmattan engendrait respectivement les directions NE et S bien que la direction S ne suive pas le sens du mouvement de la mousson. Cette divergence résulterait probablement des effets du relief.

#### Présentation des résultats de l'étude de la variation des directions dominantes

Les figures 7 à 15 ci-dessous, montrent comment varient les directions dominantes dans le temps.

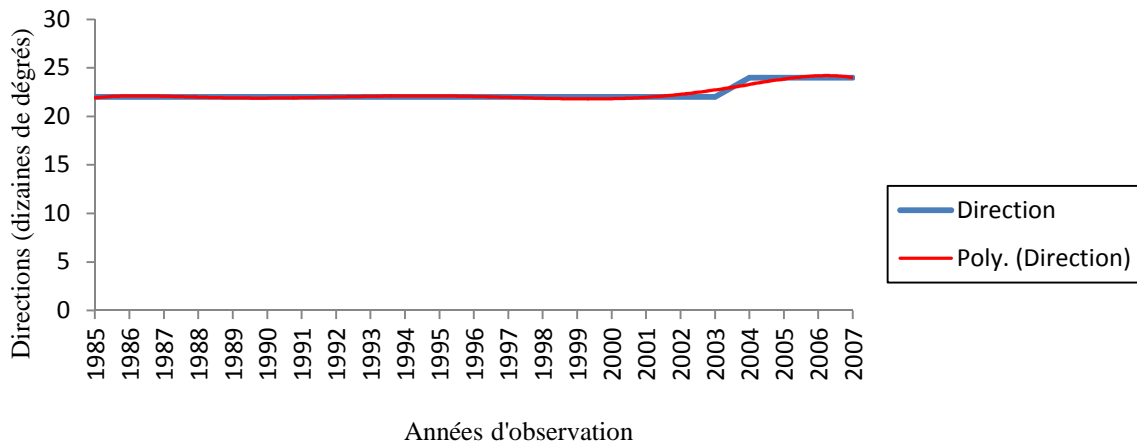


Figure 7: Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Cotonou-Aéroport

L'analyse des courbes présentées ci-dessus (Figure 7) permet de constater qu'à la station de Cotonou, la direction du vent ( $220^{\circ}$ ) est constante sur une période assez longue (soit 18 ans sur 23) avant de subir une

légère variation. Cette direction de  $220^{\circ}$  offre donc une stabilité assez remarquable. Elle est à cet effet considérée comme la direction dominante.

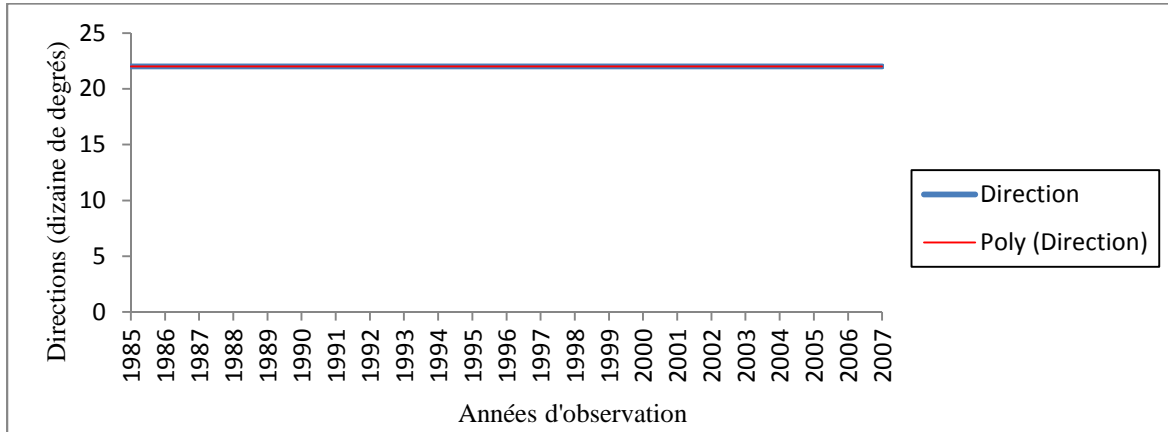


Figure 8 : Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Bohicon

Suite à l'analyse des courbes (Figure 8) la direction dominante à Bohicon est  $220^{\circ}$

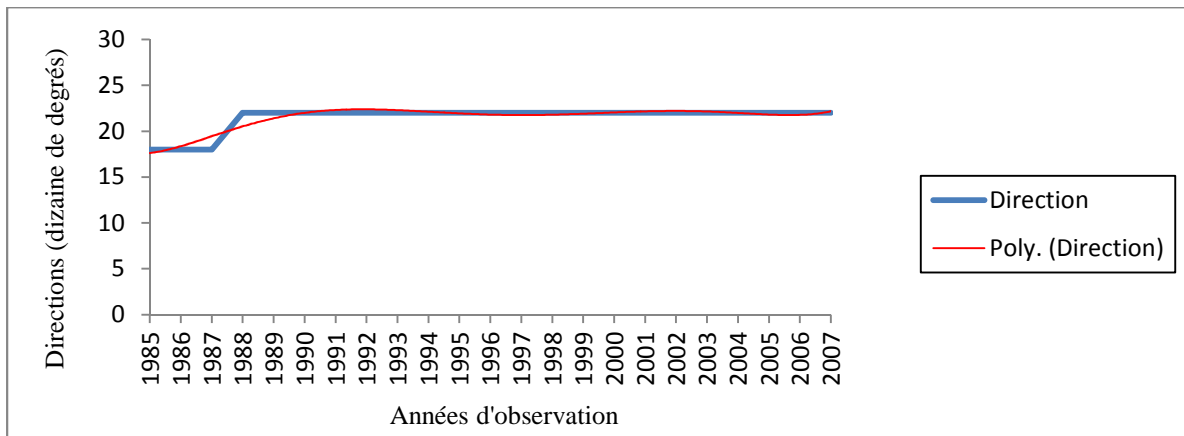


Figure 9: Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Savè  
Suite à l'analyse des courbes (Figure 9) la direction dominante à Savè est  $220^{\circ}$



Cartographie des directions dominantes des vents au Bénin : outil de conception et de dimensionnement des ouvrages.

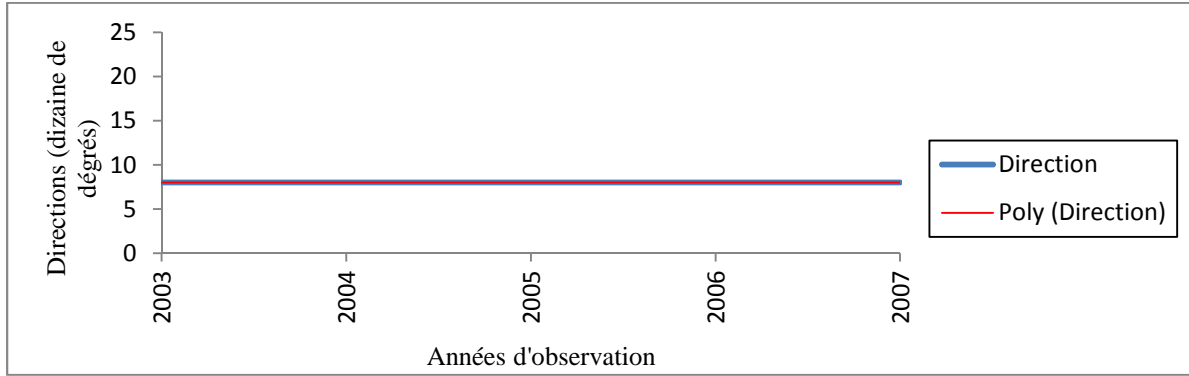


Figure 10 : Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Parakou (direction 80°)  
Suite à l'analyse des courbes (Figure10) la première direction dominante à Parakou est 80°

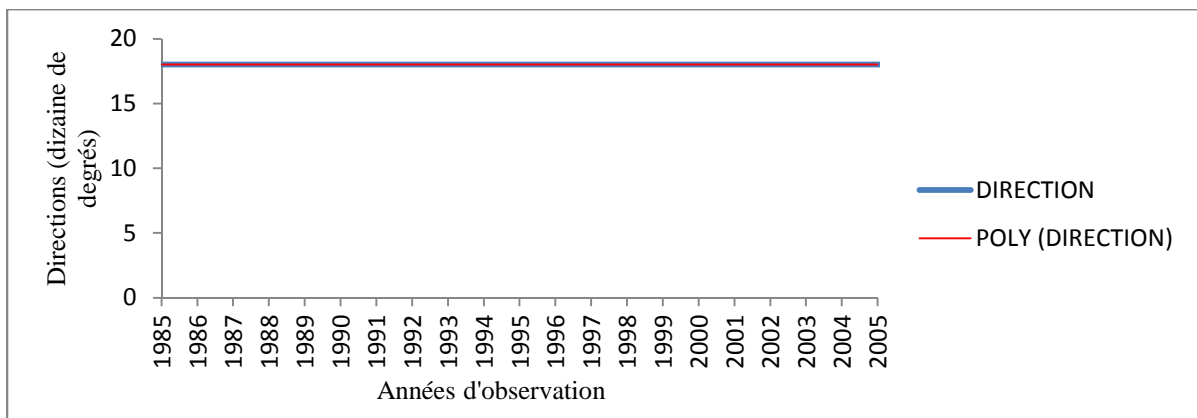


Figure 11: Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Parakou (direction 180°)  
Suite à l'analyse des courbes (Figure 11) la seconde direction dominante à Parakou est 180°

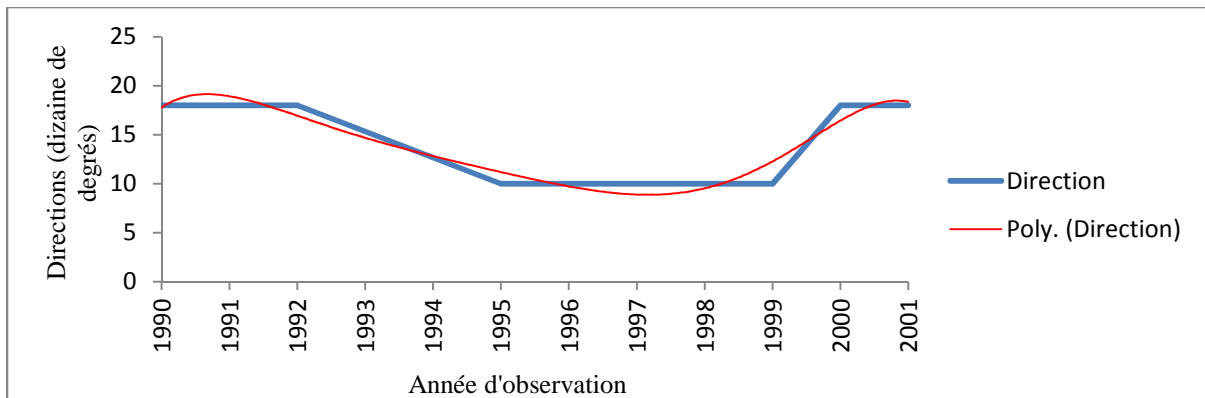


Figure 12 : Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Natitingou (direction 100°)  
Suite à l'analyse des courbes (Figure 12) la première direction dominante à Natitingou est 100°

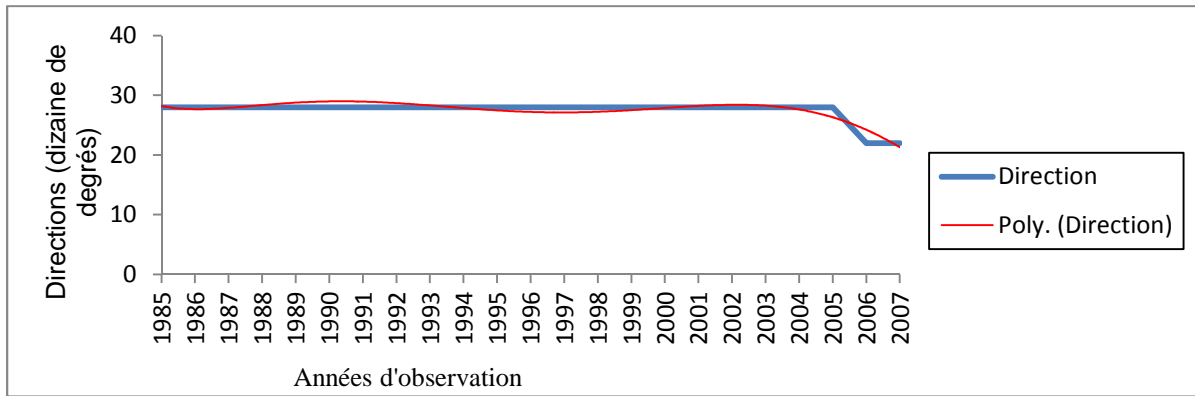


Figure 13: Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Natitingou (direction 280°)  
Suite à l'analyse des courbes (Figure 13) la seconde direction dominante à Natitingou est 280°

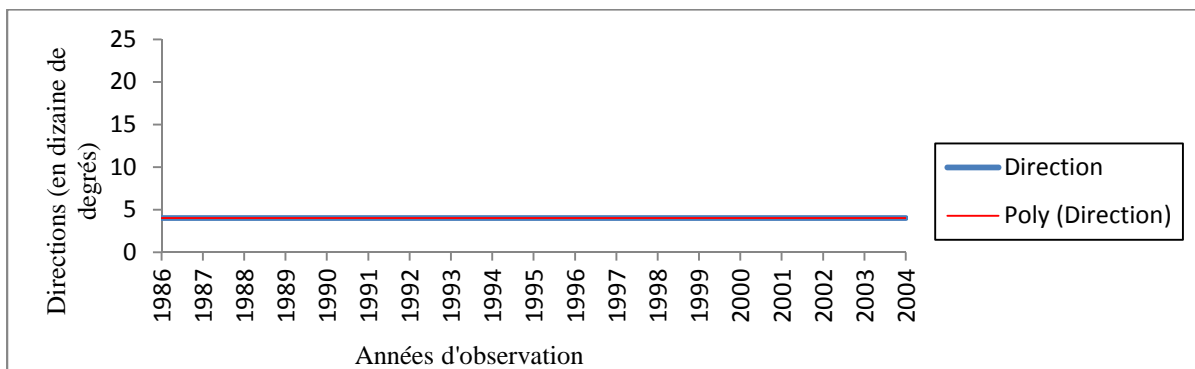


Figure 14 : Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Kandi (direction 40°)  
Suite à l'analyse des courbes (Figure 14) la première direction dominante à Kandi est 40°

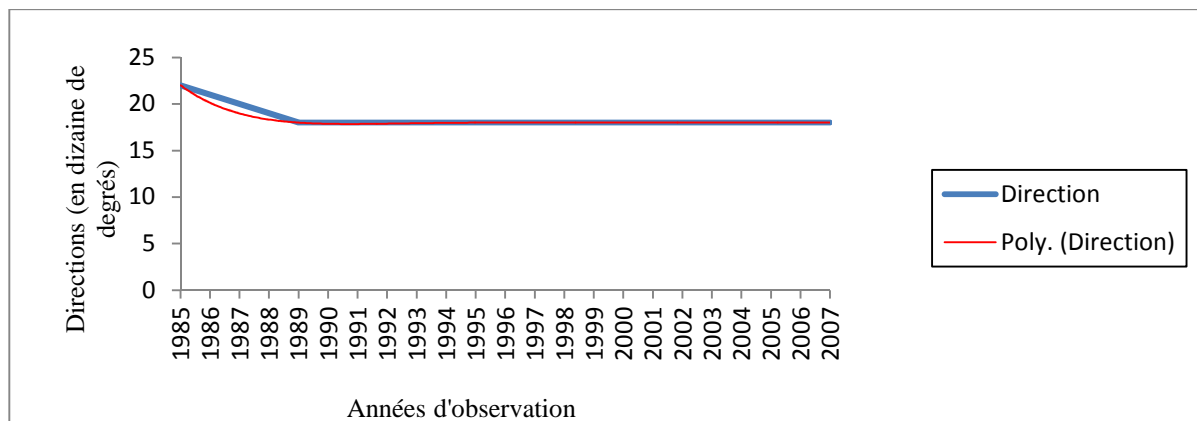


Figure 15 : Variation des directions dominantes annuelles en fonction des années à Kandi (direction 180°)  
Suite à l'analyse des courbes (Figure 15) la seconde direction dominante à Kandi est 180°

## Interprétation

L'analyse des courbes présentées ci-dessus permet de sérier l'évolution des directions en trois catégories :

- Les directions constantes observées pour les stations de Bohicon, Parakou (pour les deux directions) et Kandi (40°). Cette première catégorie de directions offre pour les stations concernées une stabilité continue. Ce sont donc les directions dominantes à retenir.
- Les directions qui suivent une variation, puis une stabilisation à l'instar de Savè et de Kandi (pour 180°). Au niveau de cette seconde catégorie on observe malgré des perturbations une stabilité finale qui n'est que l'aboutissement de l'évolution de la direction du vent. En ce qui concerne la station de Cotonou, cette variation de la direction s'observe à la fin. La direction dominante est celle dont la stabilité couvre une période assez longue.
- Les directions de la station météorologique de Natitingou (pour les deux directions) qui sont relativement variables. Aux courbes de ces cas nous avons associé les équations des courbes de tendance afin de mieux cerner l'évolution des directions. Pour cette troisième catégorie, où l'on remarque des perturbations, l'étude des équations des courbes de tendance permet d'affirmer que les directions dominantes probables de la station de Natitingou pour la direction 100° et pour la direction 280° seraient respectivement 100° et 280°. Cette affirmation étant très subjective, il faudra observer l'évolution future des directions du vent. Si les enregistrements futurs donnaient comme

directions dominantes les directions ainsi retenues, nos suppositions seraient vraisemblables. Dans le cas contraire, ce seraient les directions observées ces dernières années, si elles sont toujours observées ultérieurement, qui seraient les directions à retenir.

En résumé, on retiendra que les directions dominantes du vent au Bénin se présentent comme suit :

- ❖ 220° pour Cotonou ;
- ❖ 220° pour Bohicon ;
- ❖ 220° pour Savè ;
- ❖ 80° et 180° pour Parakou ;
- ❖ 100° et 280° pour Natitingou ;
- ❖ 40° et 180° pour Kandi.

### Établissement de la carte région-vent des directions dominantes

#### ➤ Analyse des directions dominantes du vent par rapport au relief

Le vent étant un fluide, la déviation sensible de sa trajectoire ne peut être causée que par des obstacles qui se présentent comme des écrans. Ce genre d'obstacles apparaît généralement à la limite des régions de montagnes ou de collines sous la forme de dénivellations plus ou moins importantes.

#### ➤ Présentation des directions dominantes du vent au Bénin

Le Bénin subit généralement l'influence de deux alizés que sont l'harmattan et la mousson. Le tableau IV suivant donne les directions dominantes du vent en fonction de leurs origines.

Tableau IV4 : Valeur des directions dominantes du vent au Bénin

Stations météo		Cotonou – Aéroport	Bohicon	Savè	Parakou	Natitingou	Kandi
Directions du vent (°) dues à	l'harmattan	-	-	-	80	100	40
	la mousson	220	220	220	180	280	180

Il s'agira dès lors de ressortir l'impact du relief sur l'évolution des directions du vent sur le territoire béninois.

#### ➤ Analyse du parcours des vents au Bénin

- La mousson :

Elle souffle de la mer vers le continent. Arrivant sur la côte béninoise sous la direction de 220° la mousson suit son cours normal sans obstacle majeur jusqu'aux environs :

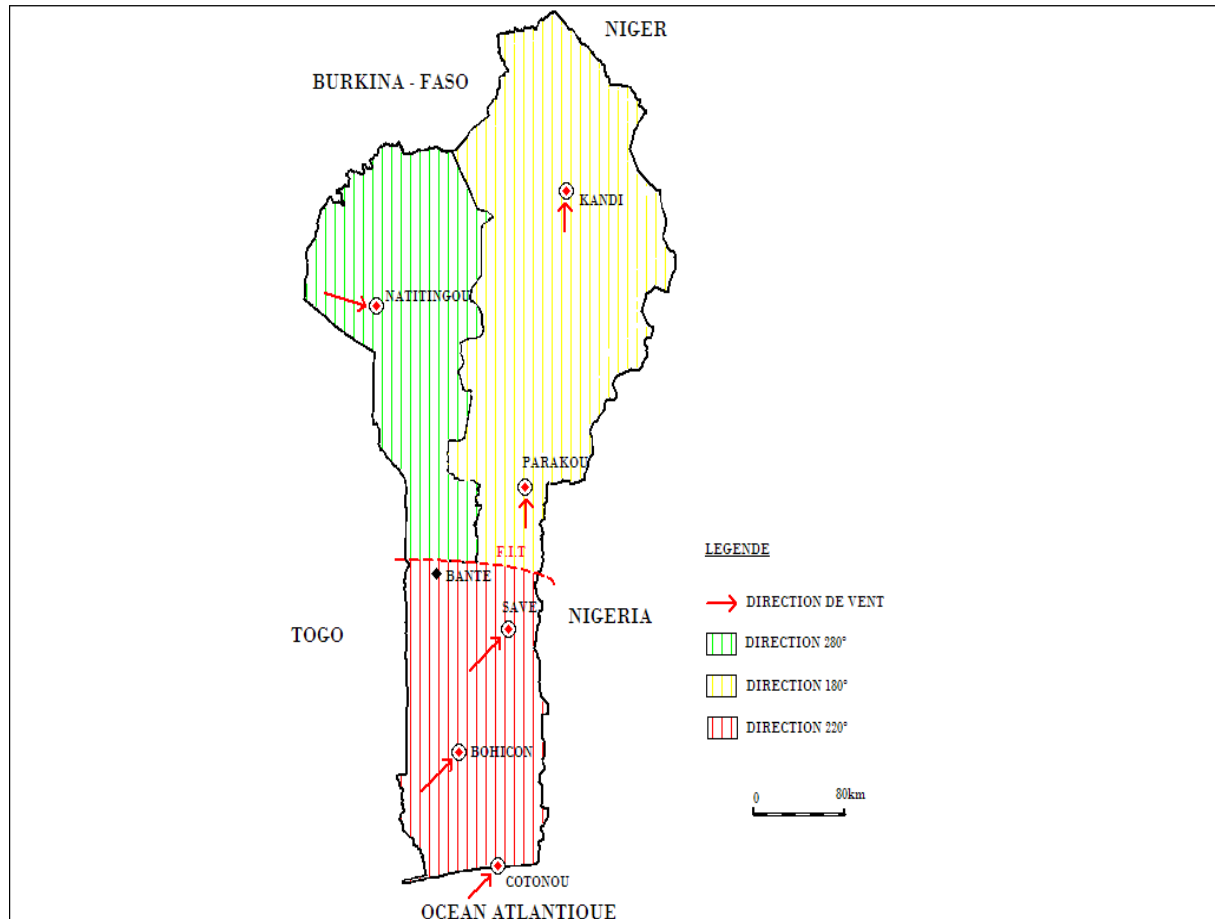
- de Savè et prend dans son évolution vers Kandi une direction de 180° (direction observée à Kandi) en passant par Parakou sous cette même direction ; celle obtenue à la station de Parakou. Ce changement de direction serait probablement dû aux obstacles rencontrés ;
- du sud de Gbadagba où elle rencontre des collines et prend dans son évolution à la sortie de Bantè la

direction 280° observée à la station de Natitingou. La figure 16 décrit les zones ainsi définies par les mouvements de la mousson.

- L'harmattan :

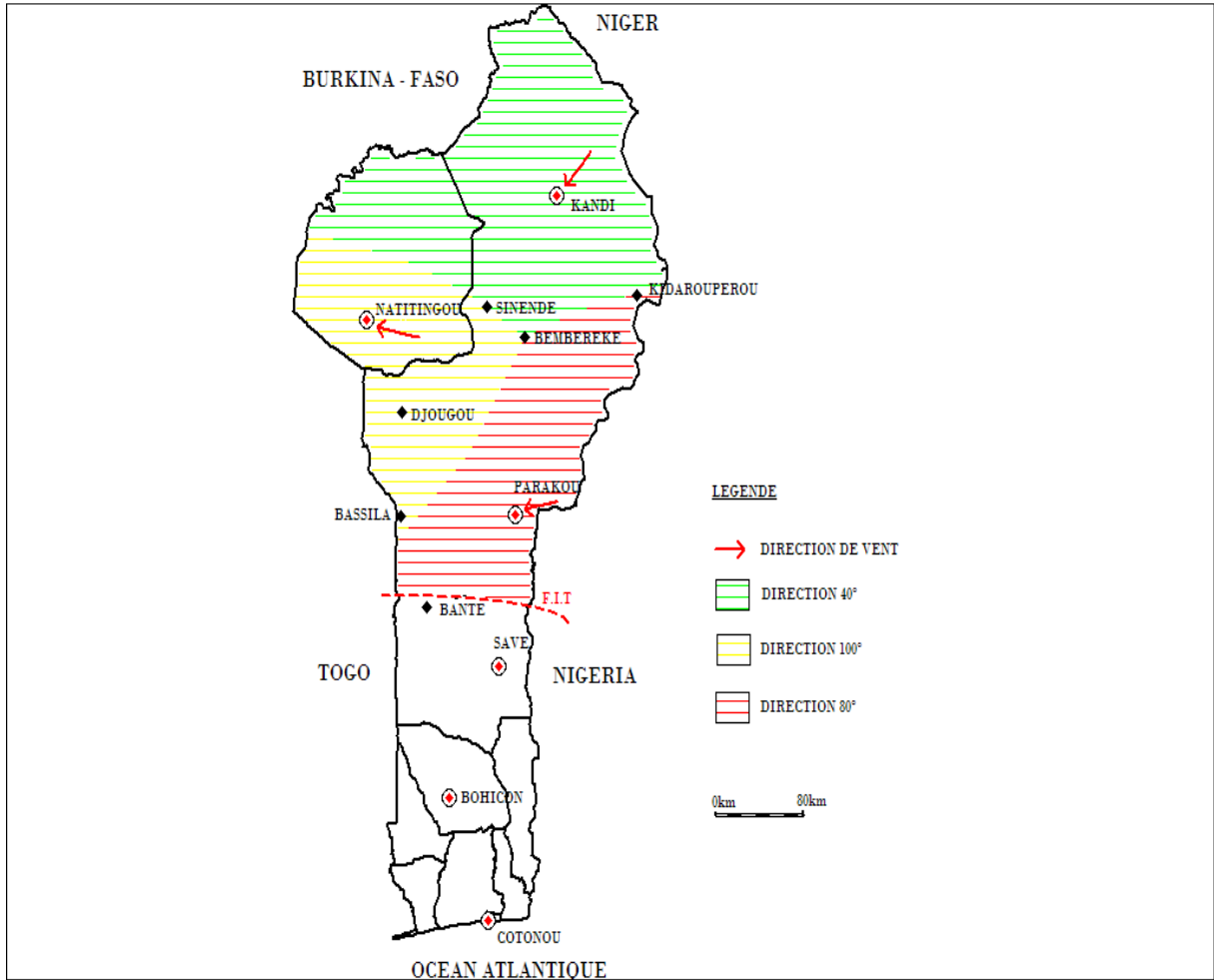
C'est un vent qui vient du Sahara. Il arrive sous la direction 40° à Kandi. Dans son évolution il heurte d'une part les collines de Sinendé où il prend la direction 100° celle observée à la station de Natitingou. D'autre part, il rencontre les collines de Kidaroupérou et de Bembèrèkè où il prend la direction 80° observée à la station de Parakou.

La zone couverte par l'harmattan ne se poursuit pas au sud d'une façon aussi remarquable. Elle s'arrête au niveau du Front Inter Tropical (F.I.T). La figure 17 donne la répartition géographique des directions de vent dues à l'harmattan.



OCEAN ATLANTIQUE

Figure 16 : Carte de la mousson



OCEAN ATLANTIQUE

Figure 17 : Carte de l'harmattan

Il ressort de tout ce qui précède, la carte des directions dominantes. (Figure 18)

Cartographie des directions dominantes des vents au Bénin : outil de conception et de dimensionnement des ouvrages.

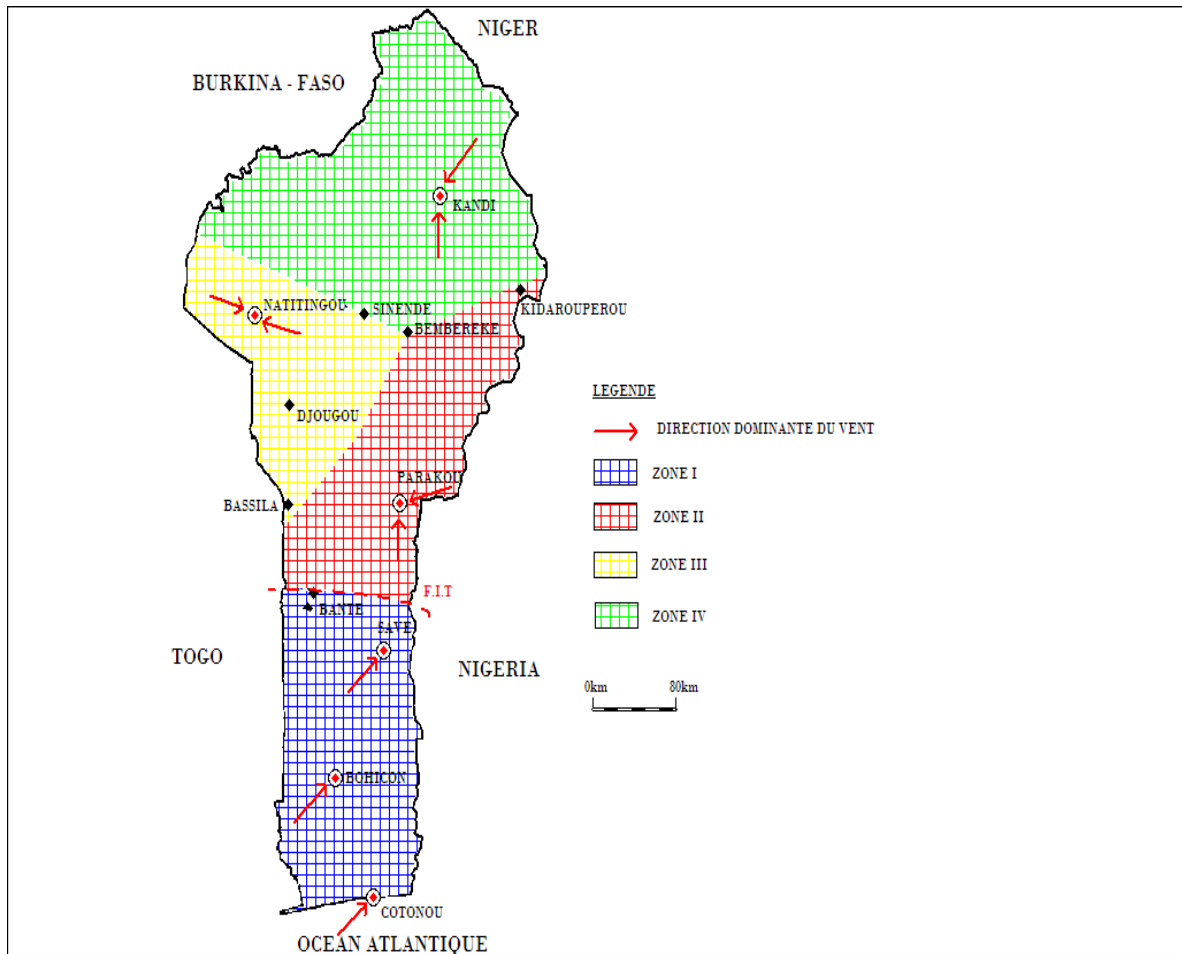


Figure 18 : Carte Directions dominantes

### CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous sommes parvenus à la détermination des directions dominantes du vent et à l'établissement des cartes région-vent du Bénin. Ces résultats constituent un outil précieux aussi bien pour les architectes que pour les ingénieurs dans le choix de l'orientation des bâtiments pour leur bonne aération

sur les sites du Bénin. Ils permettent donc de réaliser désormais les ouvrages de façon plus sécurisante et performante en prenant en compte des données plus fiables basées sur des conditions climatiques locales. Ils ouvrent désormais la voie pour l'établissement par la suite de normes propres au Bénin à l'instar de la France, du Canada, etc.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. GROUPE DE COORDINATION DES TEXTES TECHNIQUES, 1990.- *Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes*. Documents techniques Unifiés, col. UTI, éd. Eryolles, 269 p.
2. AVITY. K., 1999.- *Etude des effets du vent sur les constructions au Togo : cas des pressions dynamiques de base et des directions dominantes du vent. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en Génie Civil*. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs / Université de Lomé (Togo), 67 p.
3. MANZI M. N., 2000.- *Etude des effets du vent sur les constructions au Togo : établissement des cartes région-vent*. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en Génie Civil, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs / Université de Lomé (Togo), 88 p.
4. MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA PROTECTION DE LA NATURE (MEPN), 2008.- *Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques du Bénin* (PANA-BENIN), 81p.
5. AGBAHUNGBA G., SOKPON N. & GAOUE G. O., 2001.- *Situation des Ressources Génétiques Forestières du Bénin*. Atelier sous-régional FAO / IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998). Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Document FGR / 12F. Département des forêts, FAO, Rome, Italie, 36 p.