

INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES SUR LA PROBABILITE
D'OBTENTION D'UNE IMAGE SATELLITE SPOT OU THEMATIC MAPPER

Etude sur le site de Quito, Equateur

Quito Septembre 1987

Problématique:

- Quelle est la probabilité d'obtenir une image pour un mois déterminé, en admettant une quantité maximum de nébulosité? En ce qui concerne SPOT, on prendra en compte les différents angles de visée possibles.

- Quelle est l'importance d'autres facteurs météorologiques? (vitesse du vent, précipitations). Ces facteurs interviennent-ils de façon significative pendant les périodes où la nébulosité est minimum?

- Existe-t-il des mois qui thématiquement sont prépondérants ou indispensables? La thématique urbaine est-elle compatible avec la météorologie?

INTRODUCTION

Site et climat de Quito

Quito se situe au pied et pour partie sur les flancs orientaux du volcan Pichincha (4794m d'altitude) et domine la vallée andine sur sa partie est.

"Le climat quiténien est de type mésothermique équatorial semi-humide" (1). L'existence d'un fort gradient pluviométrique du Nord (800 mm) vers le Sud (plus de 1400 mm) sur une distance d'environ 35 km induit une forte différenciation entre la végétation que l'on rencontre au Nord (sèche) et au Sud (activité chlorophyllienne plus intense) de la ville. Ce phénomène est essentiellement imputable au volcan Pichincha qui protège le Nord de la ville des vents humides provenant du Sud-Est (2).

Thématique et météorologie

En milieu urbain, l'espace intersticiel végétal, dont la prise en compte est indispensable pour discriminer les différents types d'espaces bâtis, est sensible aux changements induits par certains facteurs météorologiques. Certaines périodes de l'année apparaissent donc comme privilégiées. Lors du passage du satellite, l'importance de la nébulosité ambiante est le facteur essentiel qui détermine la proportion d'image utilisable. Cependant, de multiples impératifs inhérents à l'avancement d'un programme fixent une date à ne pas dépasser pour obtenir une image. Il importe donc de concilier ces considérations, ce qui nous amène à exprimer le problème dans les termes suivants: quelle est la probabilité pour un mois arrêté thématiquement intéressant (ou indispensable) d'obtenir une image comportant une quantité de nuages inférieure à un maximum donné? Une telle probabilité doit tenir compte des caractéristiques propres de chacun des satellites (répétitivité et heures de passage pour SPOT et thematic mapper, possibilité de visée oblique pour SPOT).

La connaissance et le traitement des données météorologiques

I.3. Période et fréquence des données

Nous avons recueilli les différentes données sur une période de 10 ans, de septembre 1977 à août 1987, afin de tenir compte des phénomènes décennaux très importants en météorologie. Les différents traitements réalisés consistent à élaborer des fréquences (nébulosité et précipitations) ainsi que des statistiques descriptives, moyennes et extréma (précipitations et vitesse du vent). Les données ont été relevées tous les trois jours, fréquence conciliant à la fois un nombre raisonnable de renseignements et assurant un bon suivi des phénomènes météorologiques qui nous concernent. Il en résulte donc un total de 8 variables par jour (3 concernant la vitesse du vent à 9h, 10h et 11h, 3 traitant de la nébulosité aux mêmes heures et 2 ayant trait aux précipitations). Sur la période de 10 ans considérée, nous avons donc à notre disposition 100 données pour chacune de nos 8 variables pendant les 12 mois de l'année.

II. TRAITEMENTS DES DONNEES METEOROLOGIQUES

II.1. Fréquence relative de la nébulosité par mois (figures 3,4 et 5)

Les heures de passage des satellites au-dessus de Quito ne correspondent pas aux heures des relevés de nébulosité. Nous avons donc effectué une interpolation entre les données recueillies à 9h et celles recueillies à 10h pour évaluer la nébulosité à 9h30. Nous avons estimé, suivant le même principe, la nébulosité à 10h30.

La comparaison pour un même mois aux heures différentes de passage des deux satellites nous livre une première information intéressante: les fréquences de faible nébulosité (de 0/8 à 2/8) sont plus importantes à 9h30 qu'une heure plus tard, et ce quel que soit le mois considéré, à l'exception toutefois du mois de mars dont la nébulosité est de toute façon trop forte pour pouvoir être retenue. Les histogrammes de la figure 6 renforcent cette opinion. L'idée communément exprimée affirmant que SPOT "passe" trop tard se trouve donc confirmée.

Quito se situe immédiatement à l'est des flancs du Pichincha. Des collines de moindre importance s'élèvent à l'Est. Tous ces sommets se situent dans le champ visuel de l'observateur; de ce fait, lorsque la nébulosité est inférieure ou égale à 2/8, on peut considérer que la plupart des nuages se concentrent sur ces hauteurs et laissent la quasi-totalité de la ville sous un ciel bleu.

Soit une nébulosité inférieure ou égale à 2/8. Les mois pendant lesquels la fréquence des jours qui vérifient cette condition est la plus forte sont les suivants (tableaux 1 et 2):

* à 9h30: juillet (43%), août et septembre (36%) et novembre (35%)

* à 10h30: juillet (36%), août (35%), novembre (30%) et juin (29%).

Ce qui, exprimé plus pratiquement: 43% des jours de juillet ne présentent quasiment pas de nuage au-dessus de Quito à 9h30. Nous

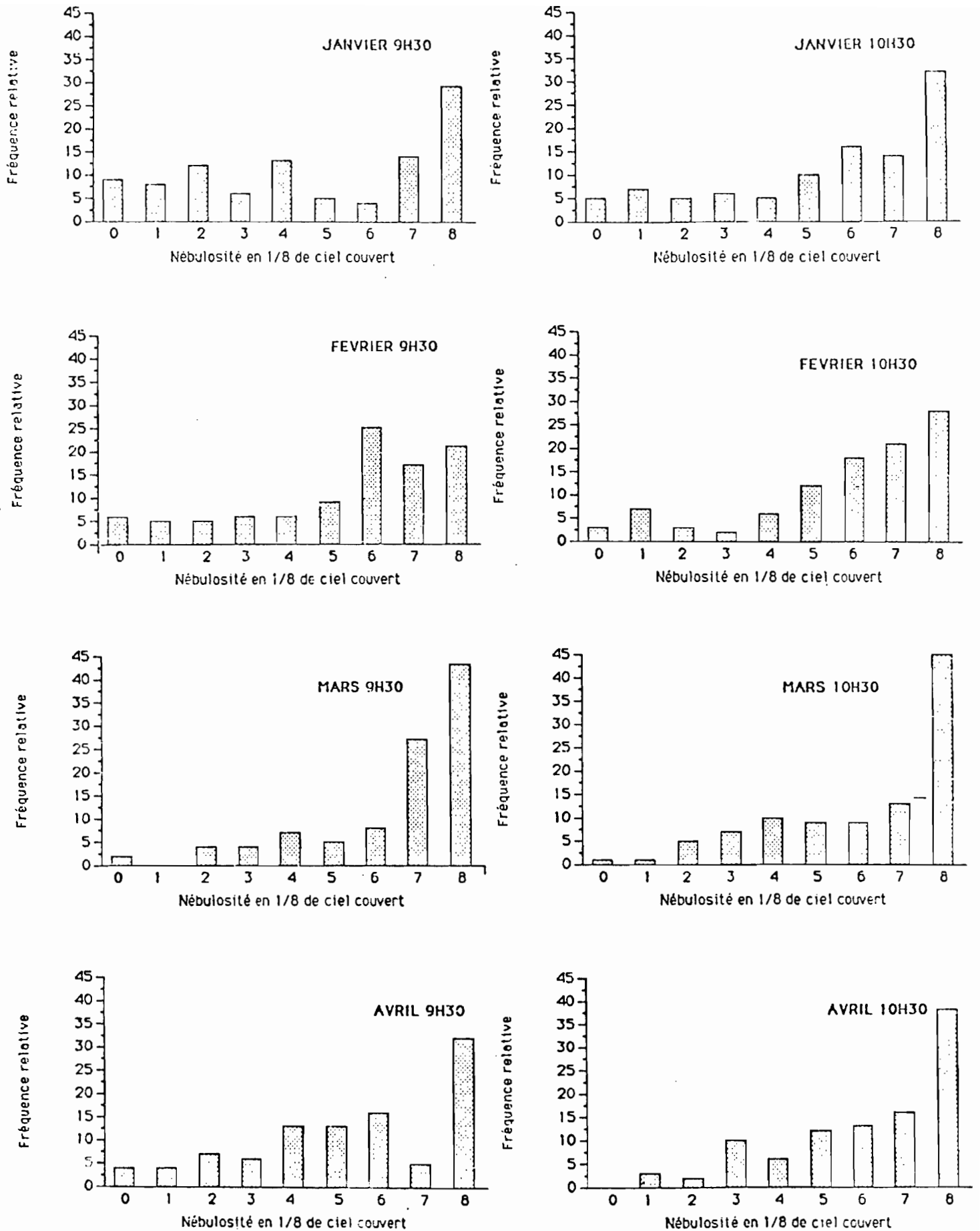


Figure 3 - Histogrammes des fréquences de nébulosité à 9h30 et 10h30 (Janvier - Avril)

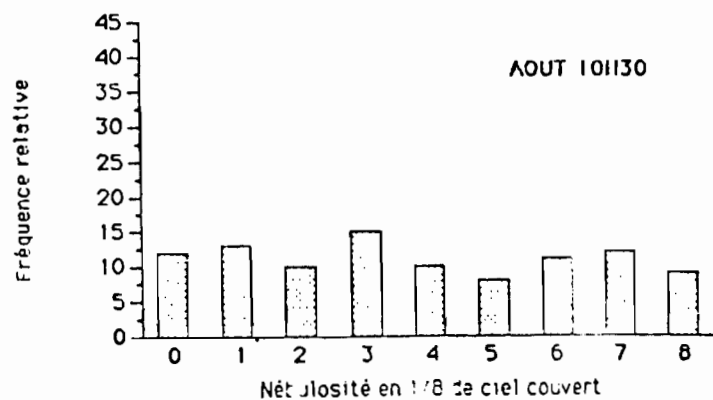
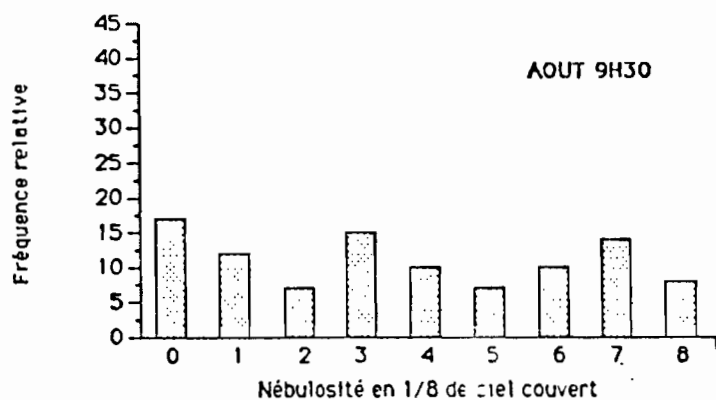
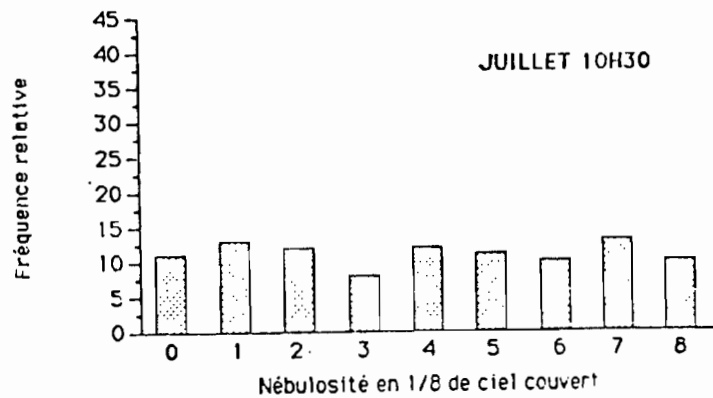
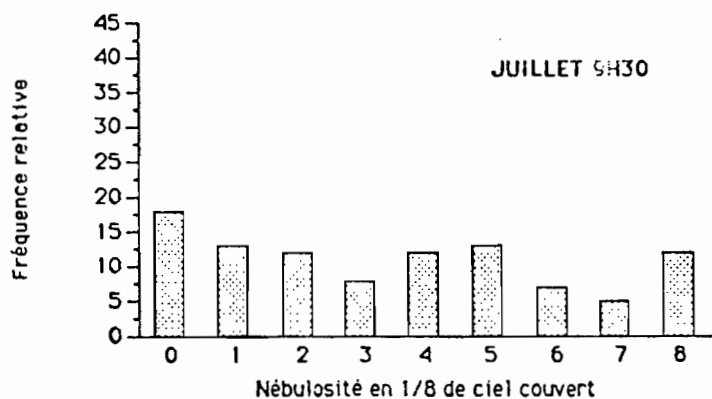
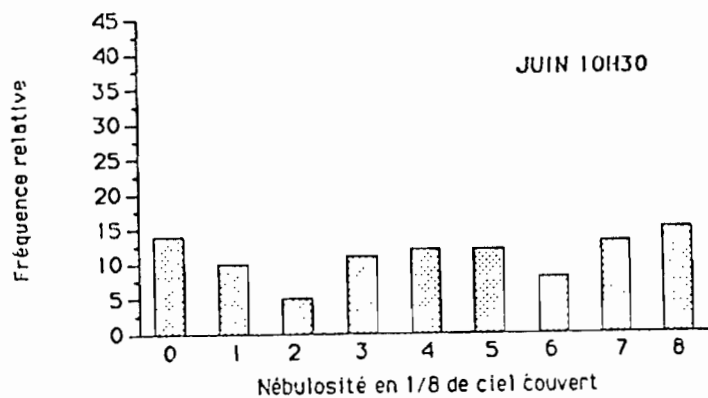
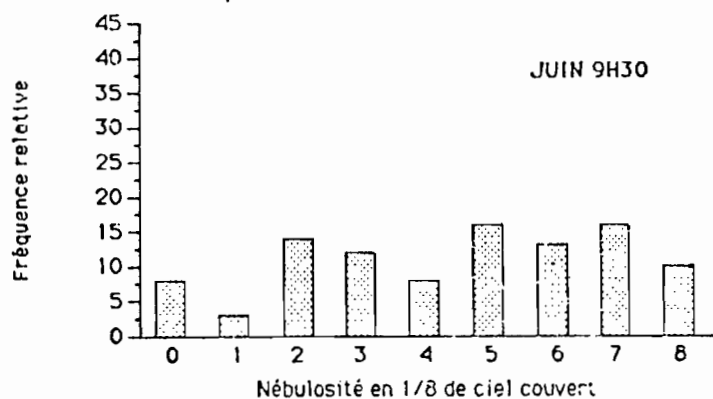
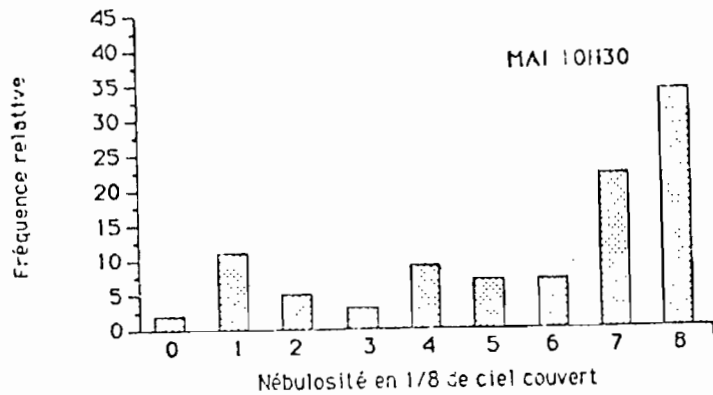
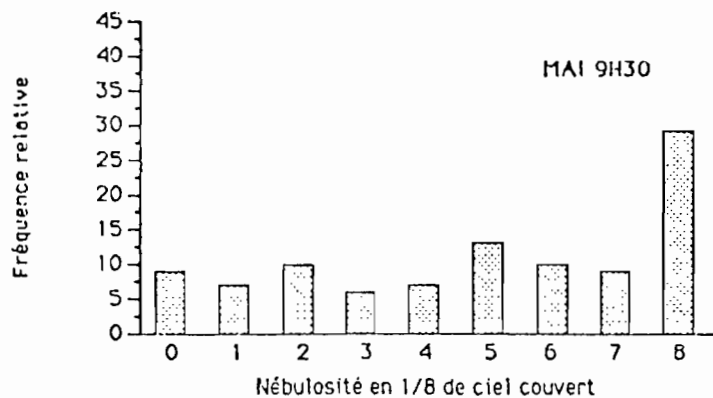


Figura 4 - Histogrammes des fréquences de nébulosité à 9h30 et 10h30 (Mai- Août)

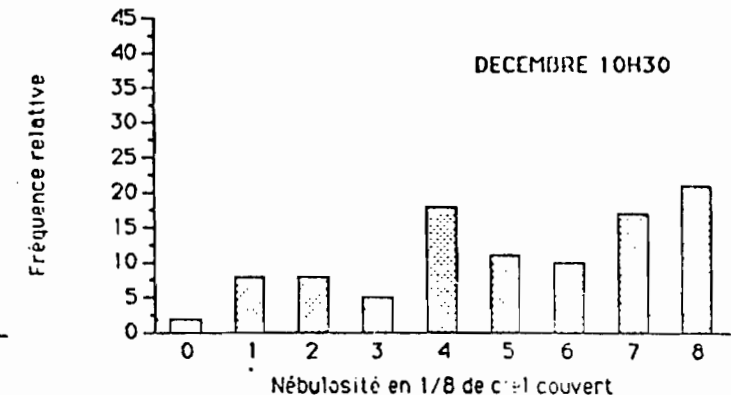
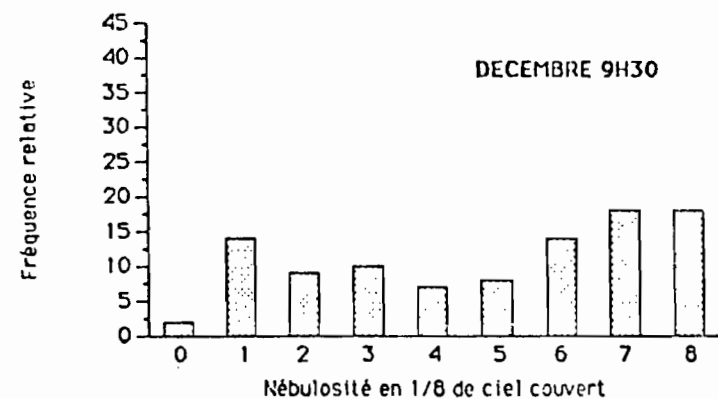
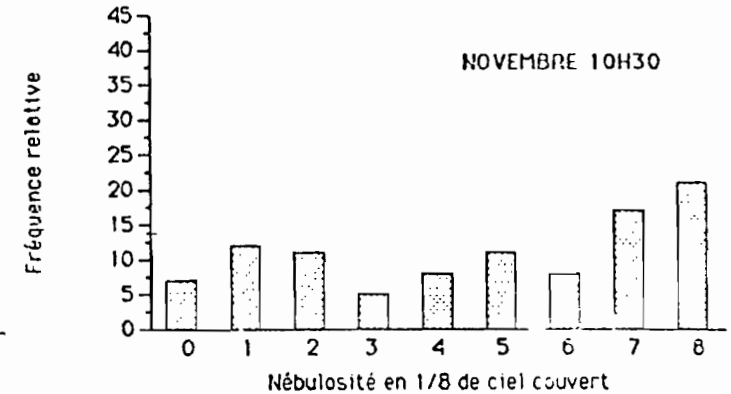
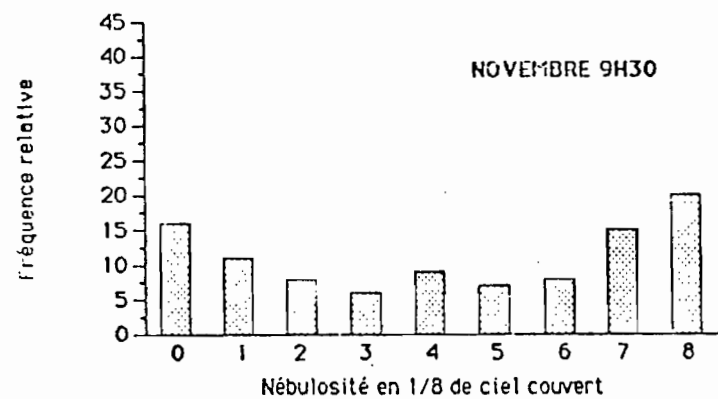
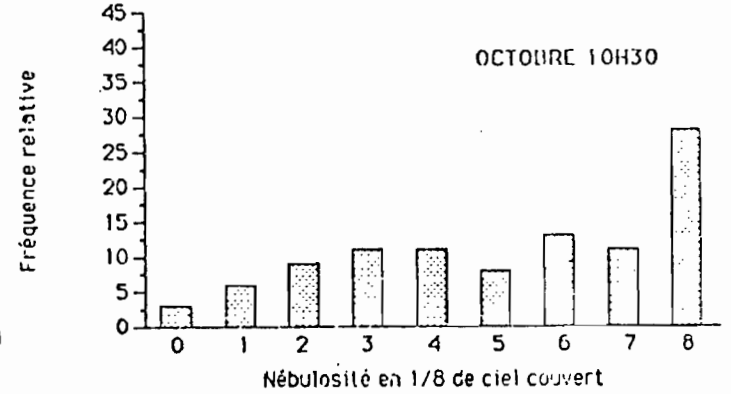
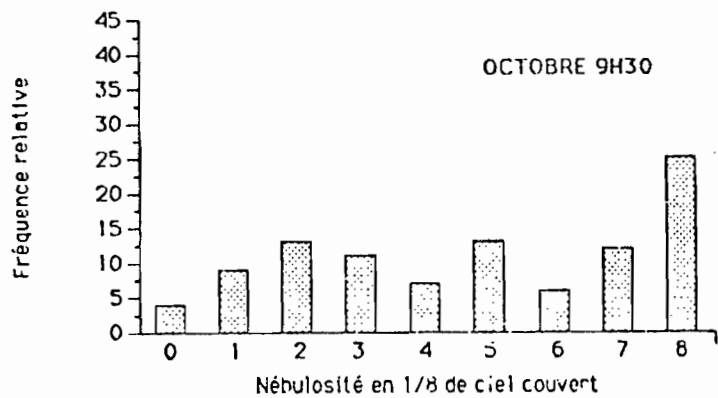
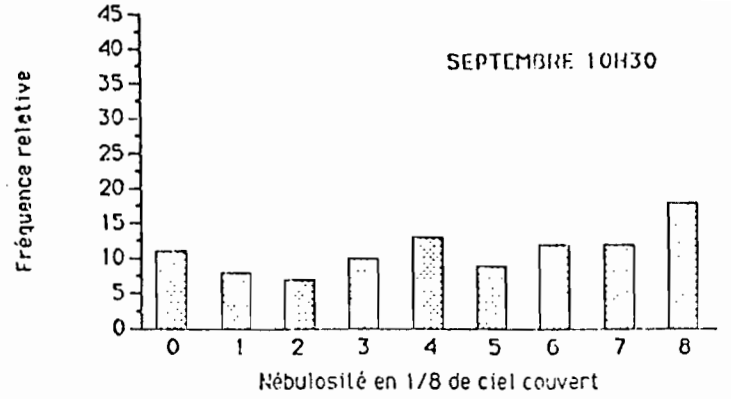
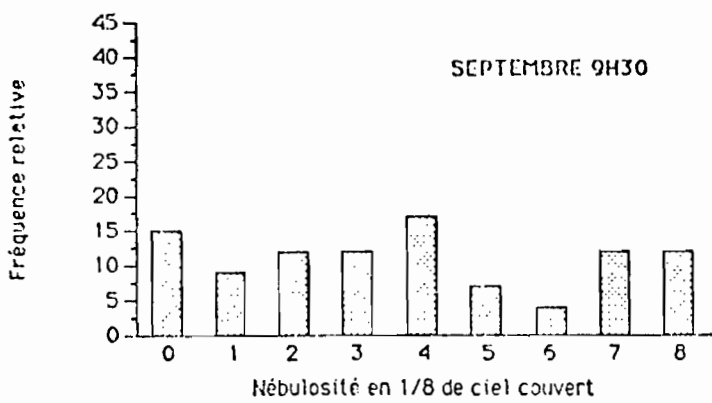


Figure 5 - Histogrammes des fréquences de nébulosité à 9h30 et 10h30 (Septembre - Décembre)

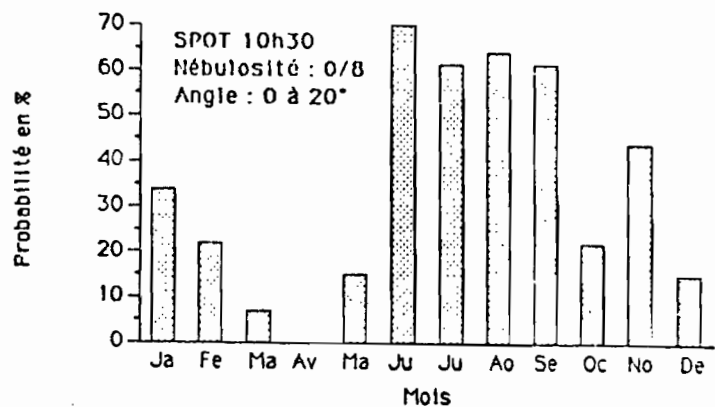
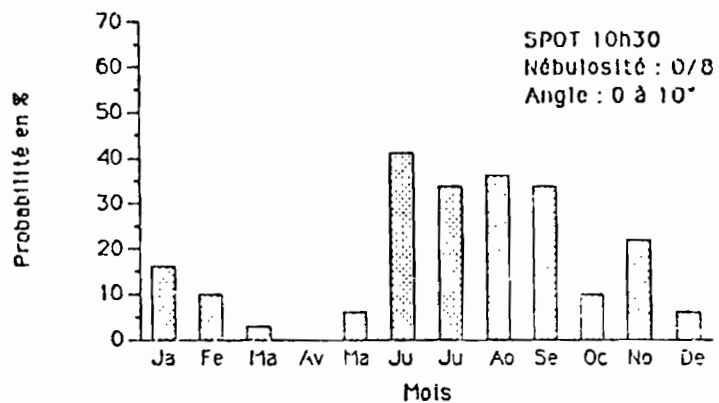
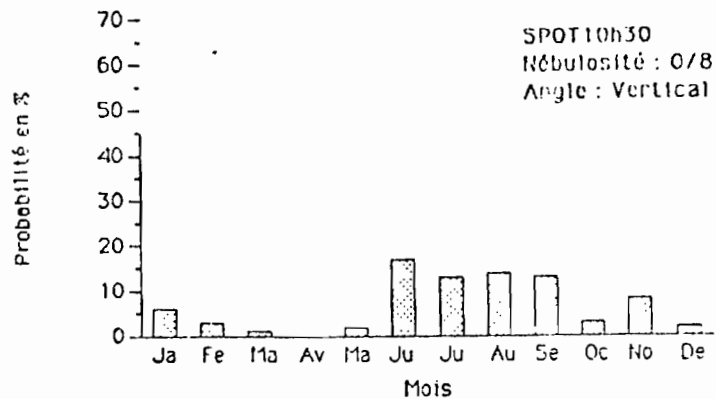
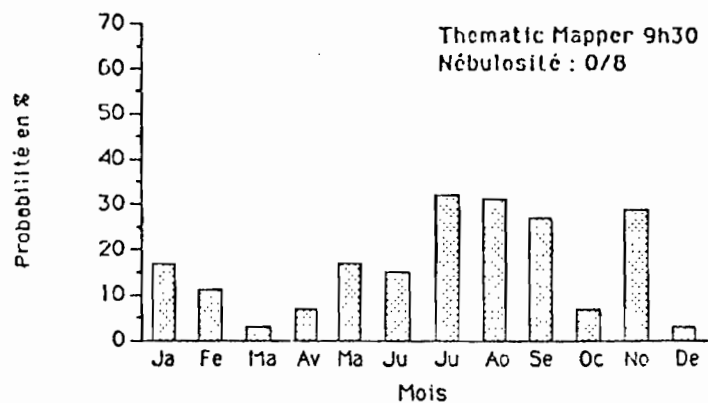


Figure 7 - Probabilité en pourcentage d'obtention d'une image de 0/8 de ciel couvert.
Comparaison SPOT / Thematic Mapper -

PROBABILITE (en %) D'OBTENIR AU MOINS UNE IMAGE POUR UNE NEBULOSITE MAXIMUM DONNEE									
NEBULOSITE en 1/8 de ciel couvert	0	1	2	3	4	5	6	7	8
JANVIER	17	31	49	57	72	77	81	91	100
FEBVIER	11	20	29	39	48	60	65	95	100
MARS	3	3	11	19	31	39	51	81	100
AVRIL	7	15	27	37	56	71	86	89	100
MAI	17	29	45	53	62	76	85	91	100
JUIN	15	20	43	60	69	84	93	99	100
JUILLET	32	52	67	75	86	94	97	98	100
AOUT	31	49	59	75	84	89	95	99	100
SEPTEMBRE	27	42	59	72	87	92	94	98	100
OCTOBRE	7	24	45	60	68	81	86	93	100
NOVEMBRE	29	46	57	65	75	81	87	96	100
DECEMBRE	3	29	43	57	66	75	87	96	100

Tableau 3 - Probabilité (en pourcentage) d'obtenir une image Thematic Mapper pour une nébulosité maximum donnée -

PROBABILITE (en %) D'OBTENIR AU MOINS UNE IMAGE POUR UNE NEBULOSITE MAXIMUM ET UN ANGLE DE VISEE MAXIMUM DONNE									
Nébulosité en 1/8 de ciel couvert	0			1			2		
	VERTICAL	1 A 10°	> 10°	VERTICAL	1 A 10°	> 10°	VERTICAL	1 A 10°	> 10°
JANVIER	6	16	34	14	35	64	20	48	78
FEBVIER	3	10	22	12	31	57	15	39	67
MARS	1	3	7	2	6	15	8	22	44
AVRIL	0	0	0	3	10	22	6	16	34
MAI	2	6	15	15	39	67	21	50	79
JUIN	17	41	70	29	62	89	34	70	91
JUILLET	13	34	61	29	62	89	42	79	97
AOUT	14	35	64	30	64	90	41	78	97
SEPTEMBRE	13	34	61	23	53	82	31	66	96
OCTOBRE	3	10	22	11	28	53	21	50	78
NOVEMBRE	8	22	44	23	53	82	35	72	96
DECEMBRE	2	6	15	12	31	57	21	50	78

> 10°	3			4			5		
	VERTICAL	1 A 10°	> 10°	VERTICAL	1 A 10°	> 10°	VERTICAL	1 A 10°	> 10°
78	27	60	85	33	69	93	44	81	97
67	18	44	73	25	57	85	39	76	96
44	17	41	70	29	62	89	39	76	96
34	18	44	73	25	57	85	39	76	96
80	25	57	85	35	72	94	43	80	97
93	47	83	98	60	92	99	72	97	99
97	51	87	99	64	94	99	74	98	99
97	57	91	99	68	96	99	75	98	99
91	42	79	97	56	91	99	66	95	99
80	34	70	93	47	83	98	55	90	99
94	41	78	97	50	86	98	62	93	99
80	27	60	88	48	84	98	60	92	99

6			7			8		
VERTICAL	1 A 10°	> 10°	VERTICAL	1 A 10°	> 10°	VERTICAL	1 A 10°	> 10°
62	93	99	75	98	99	100	100	100
59	92	99	79	98	99	100	100	100
49	85	98	63	94	99	100	100	100
53	89	99	70	96	99	100	100	100
51	87	99	74	97	99	100	100	100
79	98	99	90	99	99	100	100	100
84	99	99	94	99	99	100	100	100
85	99	99	95	99	99	100	100	100
77	98	99	88	99	99	100	100	100
69	96	99	79	98	99	100	100	100
70	96	99	85	99	99	100	100	100
70	96	99	85	99	99	100	100	100

Tableau 4 - Probabilité (en pourcentage) d'obtenir une image SPOT pour une nébulosité maximum donnée -

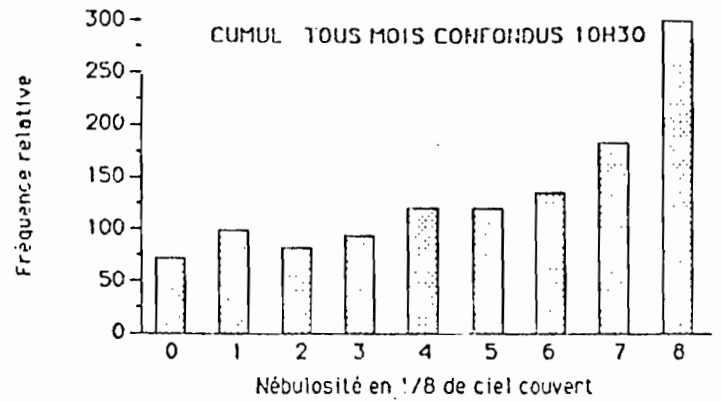
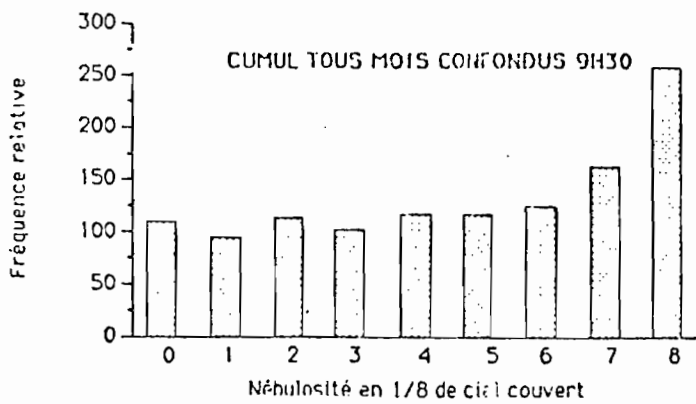


Figure 6 - Somme sur 10 ans tous mois confondus de la nébulosité 9h30 et 10h30 -

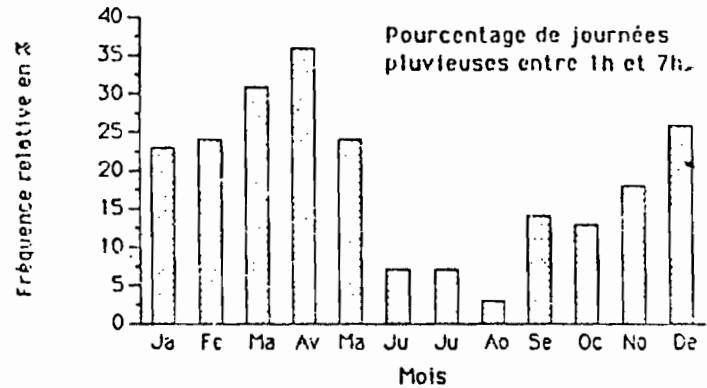
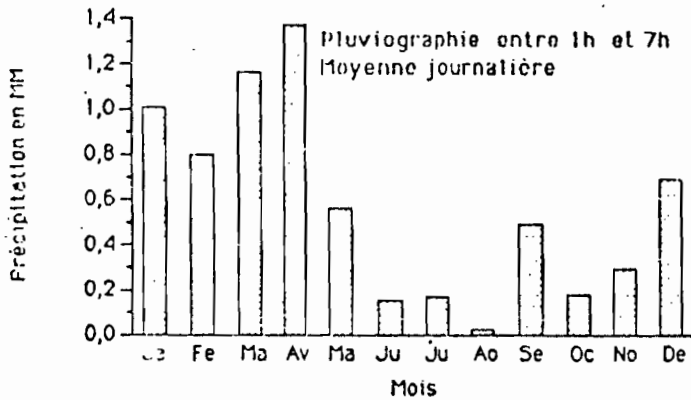


Figure 8 - Moyenne et fréquence de la pluviographie quotidienne par mois -

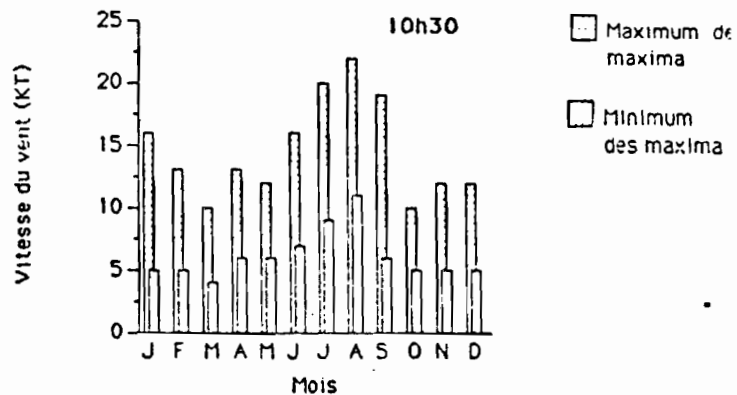
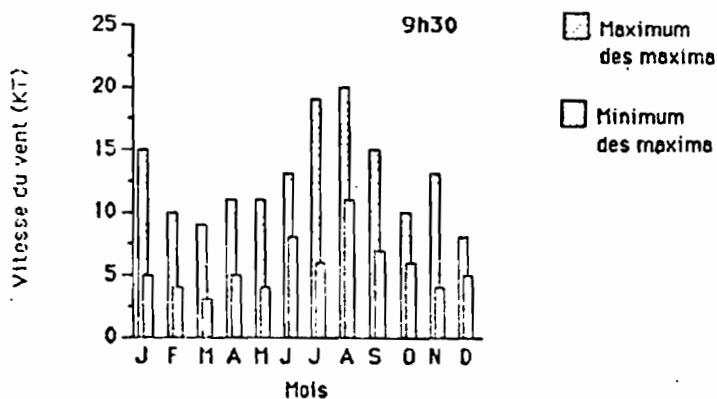


Figure 9 - Vitesse du vent, maximum et minimum des maxima par mois -

remarquons que ce sont les mêmes mois qui apparaissent les moins nuageux à 9h30 et à 10h30, mise à part une permutation des mois de septembre et juin. A l'inverse, les mois les plus défavorables du point de vue nébulosité sont:

* à 9h30: mars (6%)

* à 10h30: avril (5%) et Mars (7%).

Tableau 1.- Fréquence mensuelle accumulée de la nébulosité à 9h30

9:30	NEBULOSITE (1/8 du ciel couvert)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
JANVIER	9	17	29	35	48	53	57	71	100
FEVRIER	6	11	16	22	28	37	62	79	100
MARS	2	2	6	10	17	22	30	57	100
AVRIL	4	8	15	21	34	47	63	68	100
MAI	9	16	26	32	39	52	62	71	100
JUIN	8	11	25	37	45	61	74	90	100
JUILLET	18	31	43	51	63	76	83	88	100
AOUT	17	29	36	51	61	68	78	92	100
SEPTEMBRE	15	24	36	48	65	72	76	88	100
OCTOBRE	4	13	26	37	44	57	63	75	100
NOVEMBRE	16	27	35	41	50	57	65	80	100
DECEMBRE	2	16	25	35	42	50	64	82	100

Tableau 2.-Fréquence mensuelle accumulée de la nébulosité à 10h30

10:30	NEBULOSITE (1/8 du ciel couvert)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
JANVIER	5	12	17	23	28	38	54	68	100
FEVRIER	3	10	13	15	21	33	51	72	100
MARS	1	2	7	14	24	33	42	55	100
AVRIL	0	3	5	15	21	33	46	62	100
MAI	2	13	18	21	30	37	44	66	100
JUIN	14	24	29	40	52	64	72	85	100
JUILLET	11	24	36	44	56	67	77	90	100
AOUT	12	25	35	50	60	68	79	91	100
SEPTEMBRE	11	19	26	36	49	58	70	82	100
OCTOBRE	3	9	18	29	40	48	61	72	100
NOVEMBRE	7	19	30	35	43	54	62	79	100
DECEMBRE	2	10	18	23	41	52	62	79	100

II.2. Probabilité d'obtenir une image

Nous avons calculé différentes probabilités correspondant à une nébulosité maximum donnée, et en ce qui concerne SPOT à un angle de visée latérale maximum.

Nous considérons que la probabilité d'avoir une image peut être obtenue par la fréquence calculée pour un mois donné pour laquelle une condition de nébulosité est vérifiée (inférieure ou égale à X/8, X variant de 0 à 8). Nous considérons de même que les différents passages du satellite constituent des événements indépendants. Alors, la probabilité d'obtenir une image pour un mois donné, pour une nébulosité maximum donnée et pour un angle

de visée maximum fixé est:

$$1 - \frac{n}{100}^p$$

n: somme du nombre de jours ne vérifiant pas la condition de nébulosité, n/100 représente alors la fréquence du phénomène.

p: nombre moyen de passages mensuels du satellite pour un angle maximum fixé. P prend comme valeur:

TM		2.00
SPOT	angle 0°	1.25
	angle < 10°	3.58
	angle > 10°	8.17

Ce mode de calcul s'apparente donc à un tirage avec remise: la probabilité d'obtenir un ciel sans nuage étant considérée comme constante entre le premier et le dernier passage du satellite, dans un mois considéré.

Les tableaux 3 et 4 expriment cette probabilité en pourcentage. Pour une tolérance maximum de 2/8 de ciel couvert, la probabilité maximum d'obtenir une image est:

- * pour Thematic Mapper: 67% en juillet
- * pour SPOT: 42% en juillet en visée verticale
79% en juillet avec un angle inférieur à 10°
97% en juillet et en août avec un angle de visée quelconque.

Comme nous l'indique la figure 7, les probabilités d'obtention d'une image SPOT et Thematic Mapper sans aucune nébulosité sont du même ordre si l'on accepte un angle de visée au plus égal à 10°. Cette affirmation peut être maintenue quelle que soit la nébulosité maximum tolérée.

En ce qui concerne les images verticales (4), SPOT est à la fois pénalisé par sa périodicité plus faible (tous les 26 jours contre tous les 16 jours pour Thematic Mapper) et dans une moindre mesure par son heure de passage plus tardive.

En revanche, les possibilités de visée oblique font entre autres, de SPOT un satellite permettant un suivi plus fréquent de l'observation de la terre. Cet avantage indéniable n'est cependant pas déterminant en milieu urbain, espace où les évolutions demeurent relativement lentes. Par ailleurs, cette capacité de dépointage est à retenir pour tester la faisabilité et la précision d'une évaluation de la hauteur des bâtiments.

II.3. Les précipitations

Les diagrammes en barres de la figure 8 nous indiquent les mois les plus défavorables à l'enregistrement d'une image. Cette indication est fondée à la fois sur la moyenne journalière des précipitations exprimées en mm et sur le pourcentage des journées pluvieuses, et ceci pour chacun des mois de l'année. La période considérée, entre 1h et 7h, se situe juste avant les heures de passage des satellites.

Les mois les plus favorables sont donc dans l'ordre août, juin et juillet. Ce sont, sans surprise, les mêmes que ceux déterminés par la nébulosité. En revanche, les mois de septembre et novembre à la nébulosité généralement faible doivent être considérés avec plus de précautions compte tenu des précipitations importantes tant en quantité qu'en fréquence.

II.4. Les vents

La période la plus ventée s'étend de juin à septembre. La figure 9 présente 2 diagrammes en barres correspondant aux heures de passage des satellites. Nous avons relevé, pour chacun des mois des 10 années pour lesquelles nous avons recueilli des données, la vitesse maximale des vents. Ces diagrammes illustrent donc la fourchette (minima et maxima) des vitesses maximales du vent. La période la plus ventée affecte donc malheureusement les mois les plus favorables pour l'enregistrement des images. Cependant, si ces vitesses semblent importantes et donc paraissent pouvoir occasionner des nuages de poussière susceptibles de bruite le signal lors de l'enregistrement des images, il convient de relativiser ce phénomène en rappelant qu'il s'agit de maxima: l'apparition de vents soufflant à ces vitesses demeure peu fréquente.

CONCLUSION

De nombreux traitements d'image sont indispensables pour parvenir à discriminer les différents types morphologiques d'espaces qui constituent une cité comme Quito. Ces traitements requièrent des images, panchromatiques ou multispectrales, enregistrées à des dates déterminées par le type de traitement désiré:

- un indicateur de végétation, apte à rendre compte de l'intensité de l'activité chlorophyllienne est précieux pour séparer les quartiers populaires situés sur les franges urbaines des quartiers résidentiels; une même densité de verdure caractérise ces deux types, seul les différencie l'état des "espaces verts" en période sèche: constamment arrosés dans les quartiers aisés, ils sont laissés en l'état ailleurs. La discrimination de ces deux types d'espace exige donc au moins 2 images multispectrales, une pendant la phase humide durant laquelle peuvent être repérés tous les espaces non minéraux (novembre semble le mois le plus approprié), une autre en saison plus sèche (août ou juillet sont satisfaisants) pour opérer une distinction à l'intérieur de l'espace végétal (état de la végétation basse et arborée),

- un indicateur de la densité de l'espace bâti est sensible à la densité de végétation; une période à forte activité photosynthétique est donc privilégiée,

- une extraction automatique de voirie, une caractérisation de la structure ou de la texture réclame une image en mode panchromatique (résolution spatiale 0m) enregistrée avec un angle de visée proche de la verticale.

Les différentes probabilités d'obtention d'image calculées indiquent que la conjonction de la thématique et de la

météorologie est favorable pendant l'époque sèche. En période humide, seul le mois de novembre paraît praticable; la nébulosité des autres mois paraît trop forte pour espérer obtenir une image correcte dans un délai raisonnable.

(1) CAUJOLLES A., 1988 - Etude d'une formation volcanique originale des andes équatoriennes: La Cangahua. Caractérisation et possibilités de valorisation pour l'agriculture-. Thèse de doctorat en Géographie, Clermont-Ferrand, FNSH, en cours.

(2) DE NONI et G.; et FERNANDEZ M.A., PELTRE P., 1986 - Accidentes climáticos y gestión de las quebradas de Quito-. Paisajes geográficos, No 17, pp. 25-44.

(3) Ces nombres ont été calculés en divisant le nombre de passages annuels par 12. Tous les mois sont affectés d'un coefficient identique, il n'est donc pas tenu compte de la différence de leur nombre de jours.

(4) En milieu urbain, et pour des applications spécifiques comme l'extraction automatique de la voirie, il est quasi-nécessaire d'acquérir une image dont l'angle de prise de vue se rapproche le plus possible de la verticale.

(page 67 in verso)

Département **S**ociété, **D**éveloppement, **U**rbanisation
(**S. D. U.**)

ATLAS INFORMATISE DE QUITO

- PRESENTATION ET PREMIERS RESULTATS -

Documents de Travail

ORSTOM

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

1. L'Atlas Informatisé de Quito (AIQ) : les objectifs généraux

1.1. Bref historique du programme Atlas

Informatisé de Quito (AIQ) H.R. GODARD

1.2. Atlas Informatisé de Quito (AIQ) :

termes de référence scientifiques et

techniques Equipe AIQ

1.3. L'Atlas Informatisé de Quito (AIQ) :

production de connaissance et dévelop-

pement de méthodologies et d'outils Equipe AQI

1.4. L'Atlas Informatisé de Quito (AIQ) :

un outil au service de la gestion et de

la planification urbaine H.R. GODARD

M. SOURIS

2. L'AIQ : de nouveaux outils et de nouvelles méthodologies au service de la gestion urbaine

2.1. Configuration du matériel informatique

MATRA-SUN M. SOURIS

2.2. La constitution de la base de données

urbaines sur Quito : premières données et

organisation de la saisie graphique M. SOURIS

- 2.3. L'utilisation de la télédétection pour
l'observation des populations urbaines :
un programme du Département SDU en
cours à Quito
- F. DUREAU
B.LORTIC
- 2.4. Développement d'une méthode de
sondage démographique etc...
- A. MICHEL
M. SOURIS
- 2.5. Influence des facteurs météorologiques
sur la probabilité d'obtention d'une image
satellite SPOT ou THEMATIC MAPPER
- A. MICHEL
3. L'AIQ : premiers axes de réflexion, premiers documents de
travail
- 3.1. Quito et ses limites : problèmes de
définition et zone d'étude AIQ
- R. VALLEJO
- 3.2. La croissance spatiale de Quito à
partir des plans historiques (1760, 1888,
1921, 1946)
- H.R. GODARD
J.VEGA
- 3.3. Micro-zonification des dommages
occasionnés à Quito lors du séisme du
5 mars 1987
- M.A de CASTRO
- 3.4. L'évolution spatiale du réseau
bancaire
- H.R.GODARD
J. VEGA
- 3.5. Structure et dynamique des centres
de Quito et de Guayaquil
- H.R. GODARD

3.6. Composition et évolution du salaire

minimum mensuel salariés du secteur

public et travailleurs en général

(1970-1987)

H.R. GODARD
CI.de MIRAS