

RECOMMANDATION UIT-R P.836-1

**VAPEUR D'EAU: CONCENTRATION À LA SURFACE DE LA TERRE
ET CONTENU TOTAL D'UNE COLONNE D'AIR**

(Question UIT-R 201/3)

(1992-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, pour calculer les effets de réfraction et les affaiblissements dus aux gaz, des informations sur la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau sont nécessaires;
- b) que ces informations sont nécessaires pour toutes les parties de la Terre et pour toutes les saisons,

recommande

1 que l'on utilise les informations contenues dans les Annexes 1 et 2 pour les calculs sur le plan mondial des effets de propagation qui nécessitent une estimation de la concentration en vapeur d'eau à la surface de la Terre ou du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau et de leurs variations saisonnières, lorsqu'on ne dispose pas de données locales plus précises.

ANNEXE 1

1 Concentration en vapeur d'eau au niveau du sol

La vapeur d'eau et l'oxygène atmosphériques sont la cause d'une absorption des ondes millimétriques, surtout au voisinage de leurs raies d'absorption (voir la Recommandation UIT-R P.676). La proportion de l'oxygène atmosphérique est relativement constante, contrairement à celle de la vapeur d'eau.

Les Fig. 1 à 5 donnent les contours saisonniers et annuels de la concentration en vapeur d'eau, ρ (appelée également humidité absolue).

A titre de référence, la Recommandation UIT-R P.453 indique la relation entre la concentration en vapeur d'eau, la pression partielle de vapeur d'eau et l'humidité relative.

Les représentations numériques des cartes sont disponibles auprès du Bureau des radiocommunications.

FIGURE 1
Contours annuels de la concentration en vapeur d'eau
à la surface de la Terre (g/m³)

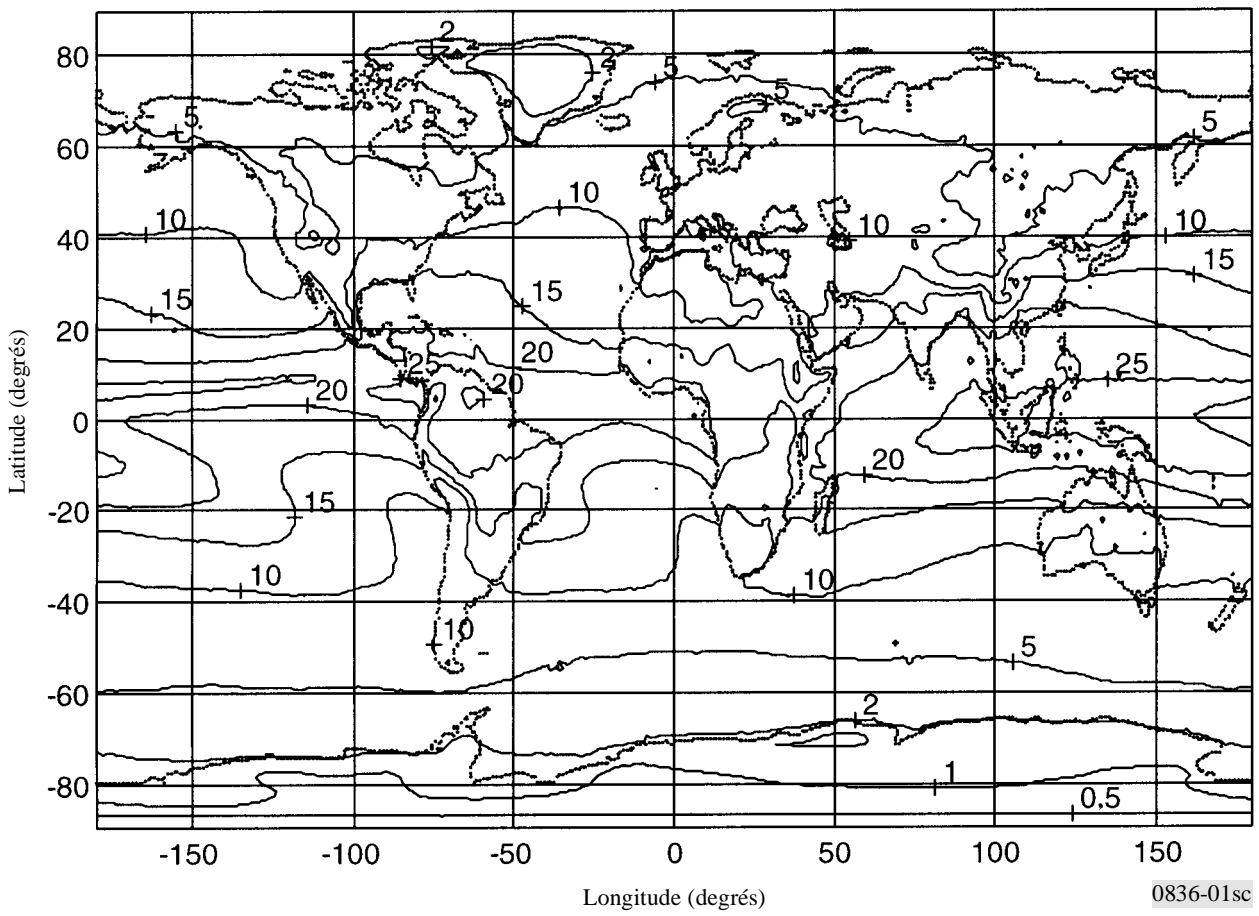
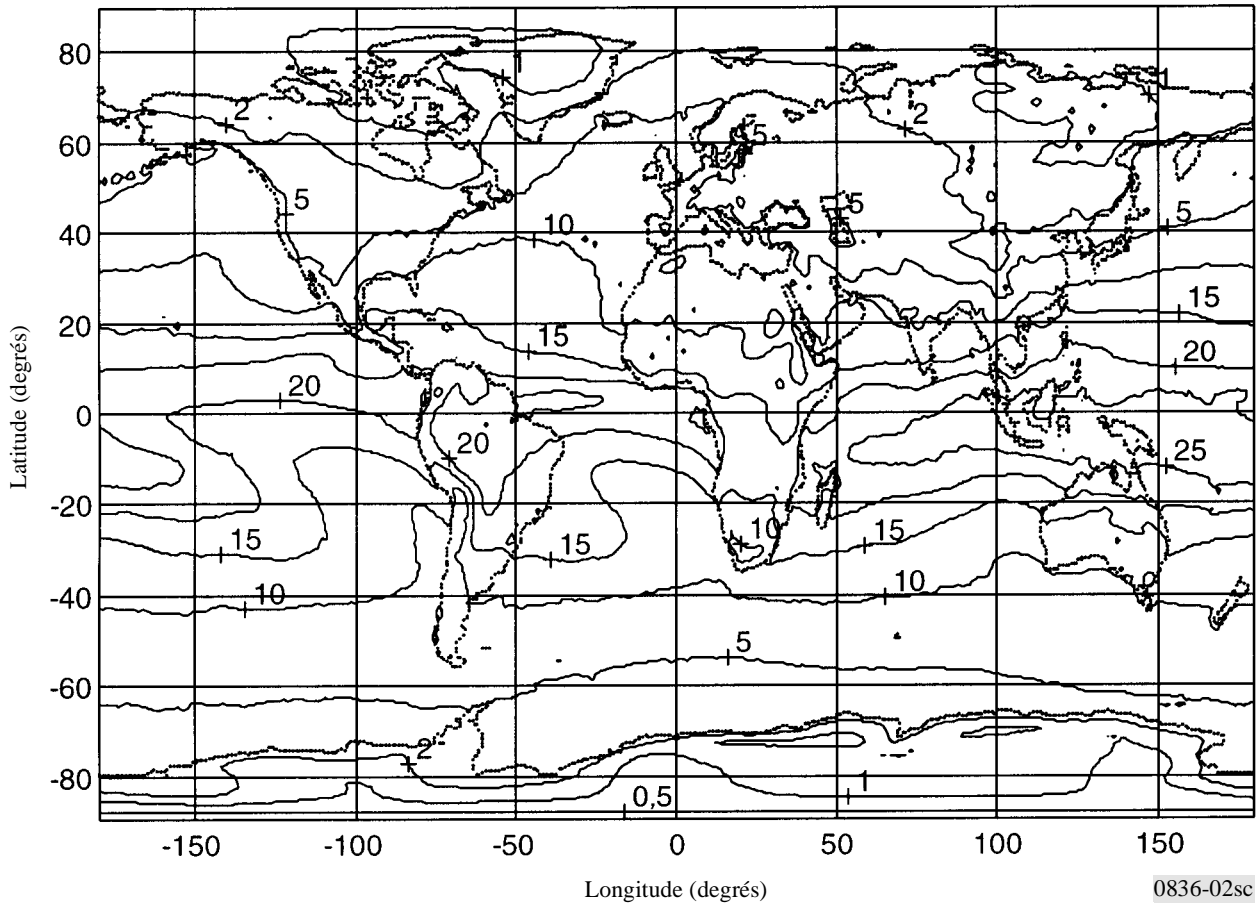
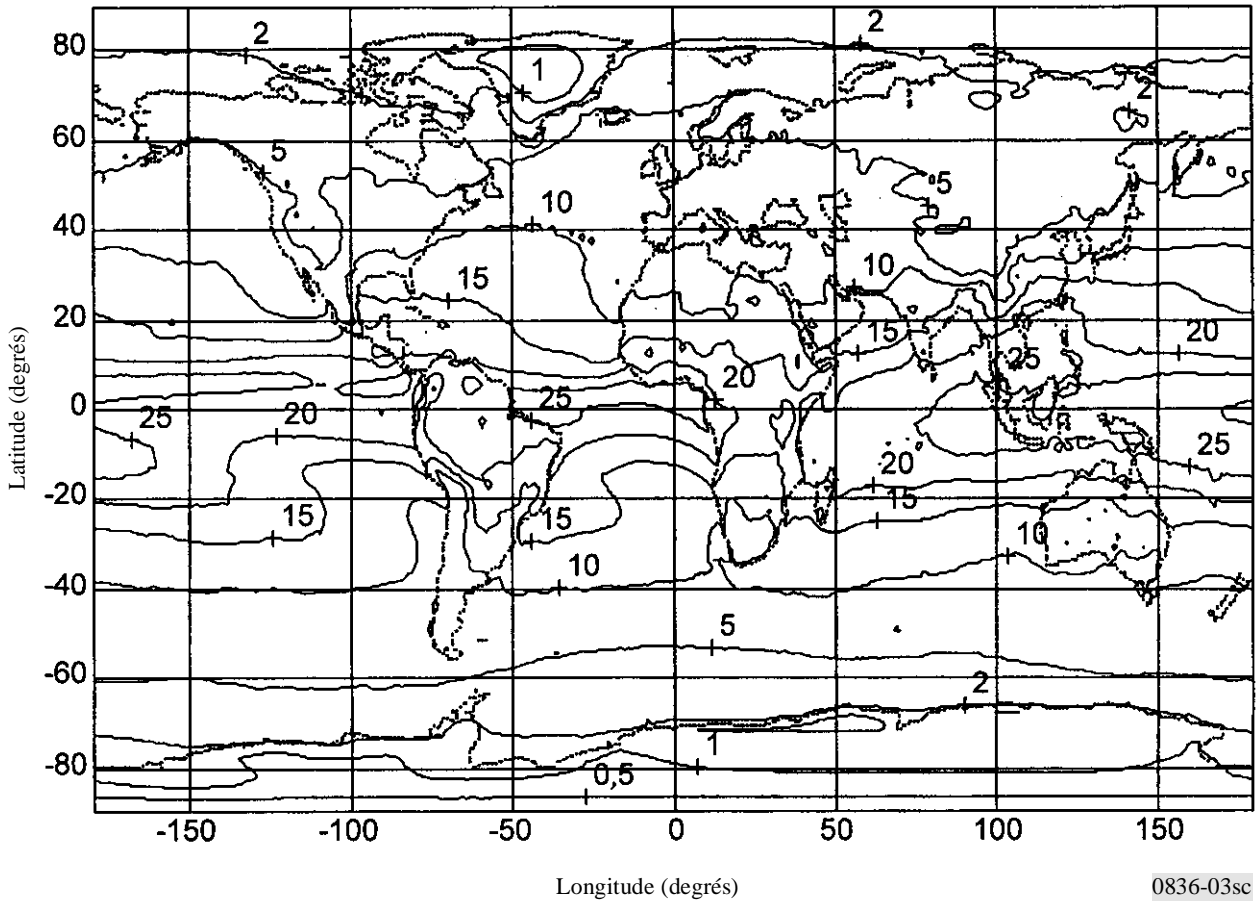


FIGURE 2
 Décembre, janvier, février: concentration en vapeur d'eau à la surface de la Terre (g/m³)



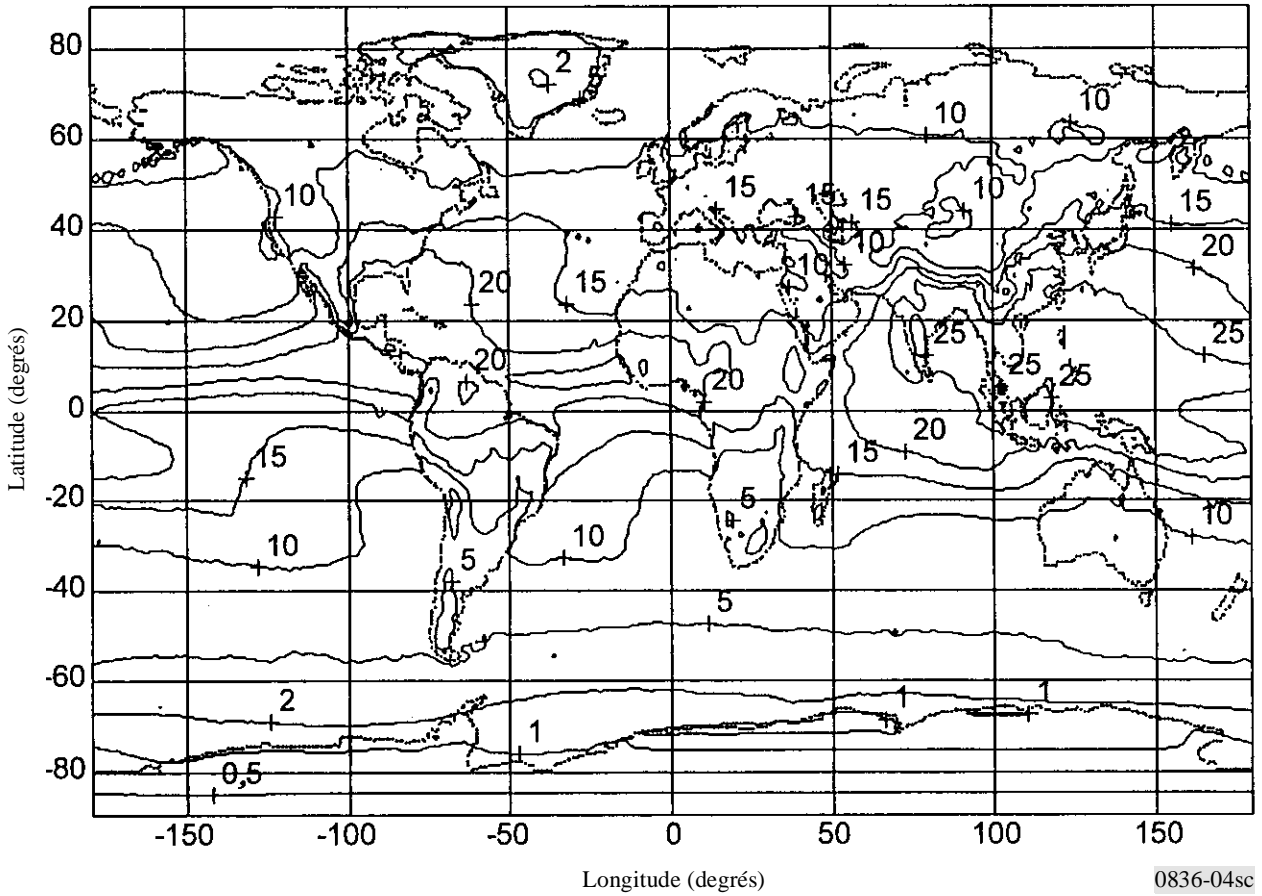
0836-02sc

FIGURE 3
Mars, avril, mai: concentration en vapeur d'eau à la surface de la Terre (g/m³)



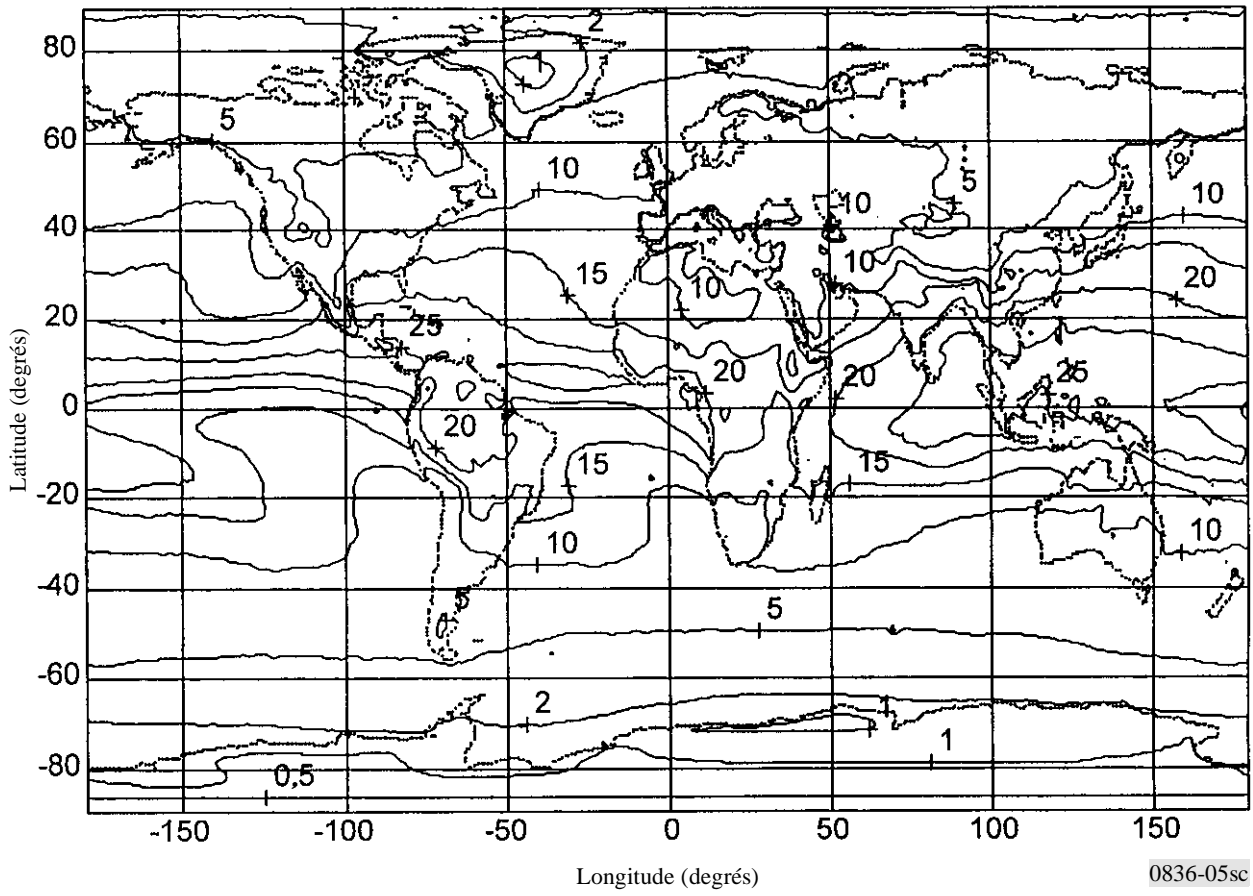
0836-03sc

FIGURE 4
Juin, juillet, août: concentration en vapeur d'eau à la surface de la Terre (g/m³)



0836-04sc

FIGURE 5
Septembre, octobre, novembre: concentration en vapeur d'eau à la surface de la Terre (g/m^3)



ANNEXE 2

Contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau

Dans certaines applications, on peut utiliser le contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau sur le trajet, notamment pour le calcul de la longueur supplémentaire du trajet et de l'affaiblissement dû à la vapeur d'eau atmosphérique, ce dernier étant supposé être proportionnel au contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, le coefficient de proportionnalité étant le coefficient d'absorption massique de la vapeur d'eau.

Le contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, exprimé en kg/m^2 ou, de manière équivalente, en mm d'eau précipitable, peut être obtenu soit à partir de données provenant de radiosondes et couvrant un grand domaine spatio-temporel, même si ces données présentent une résolution temporelle plutôt limitée et s'appliquent aux trajets en direction du zénith, soit par extraction de mesures radiométriques à des fréquences convenables, directement le long du trajet considéré.

1 Cartes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau

Les Fig. 6 à 14 donnent des cartes isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V , qui est dépassé pendant 1%, 3% et 10% du temps sur une année moyenne, calculé sur la base de données recueillies par des radiosondes pendant 10 ans et en 323 sites répartis dans le monde entier.

FIGURE 6

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 1% du temps

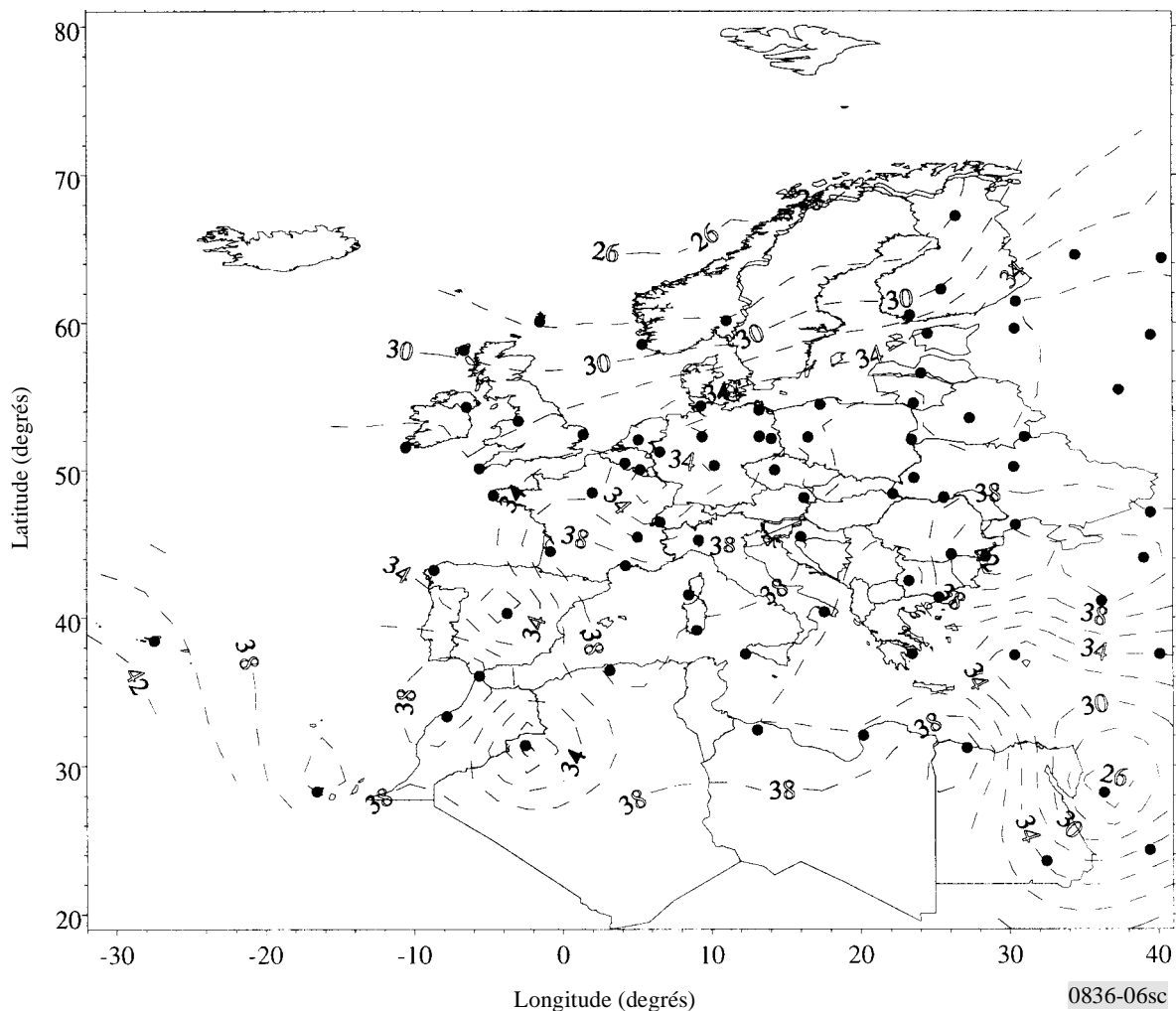


FIGURE 7

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 1% du temps

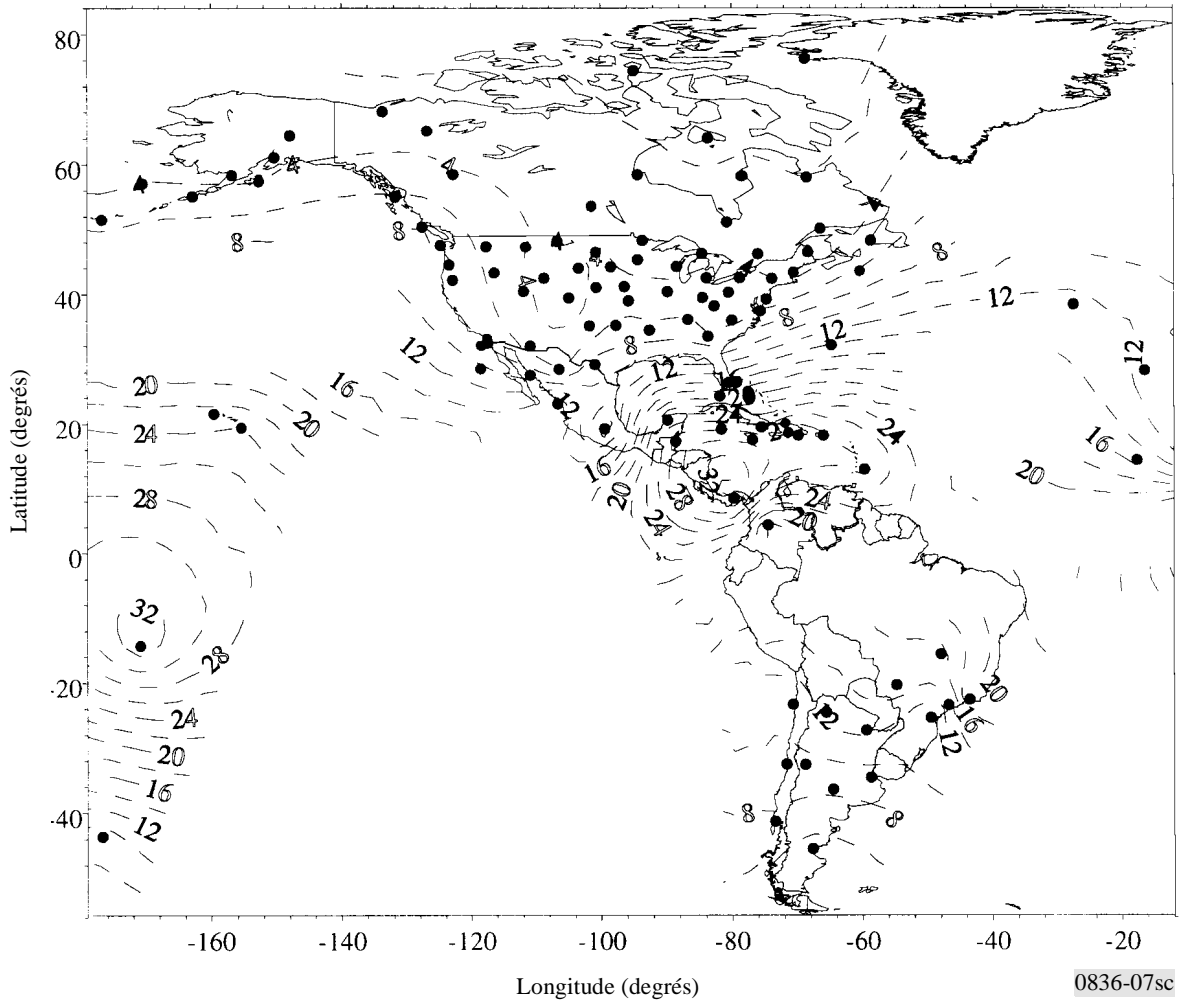


FIGURE 8

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 1% du temps

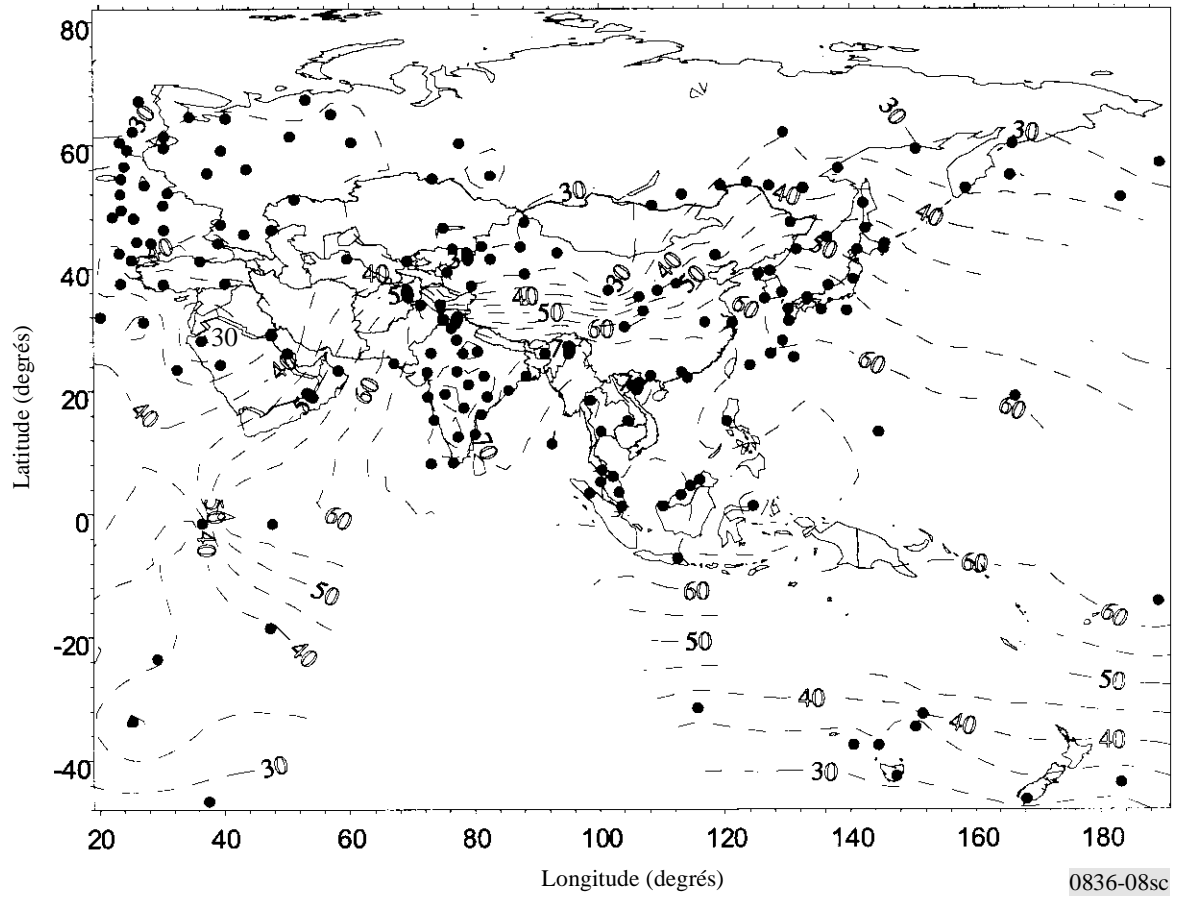


FIGURE 9

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 3% du temps

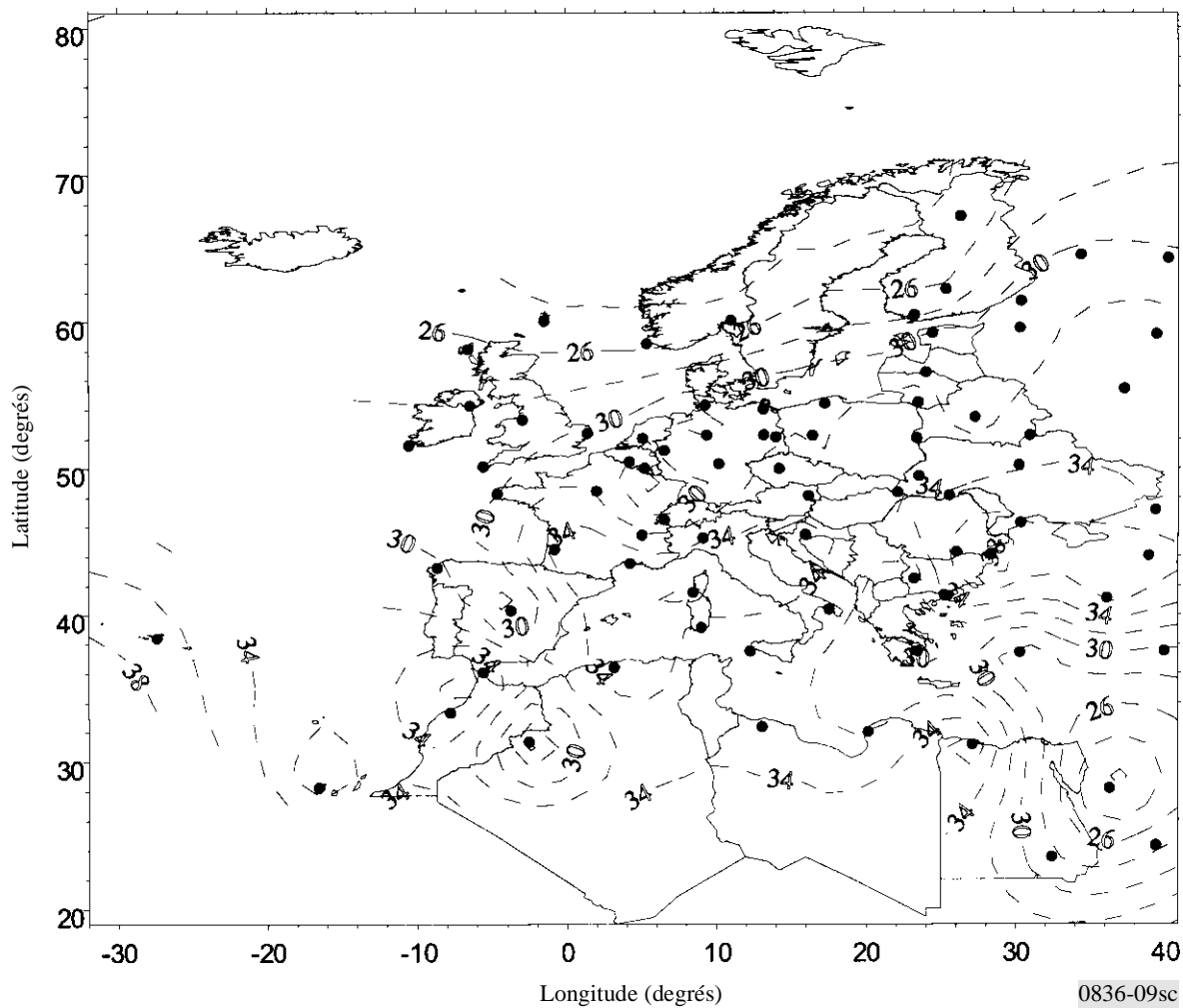


FIGURE 10

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 3% du temps

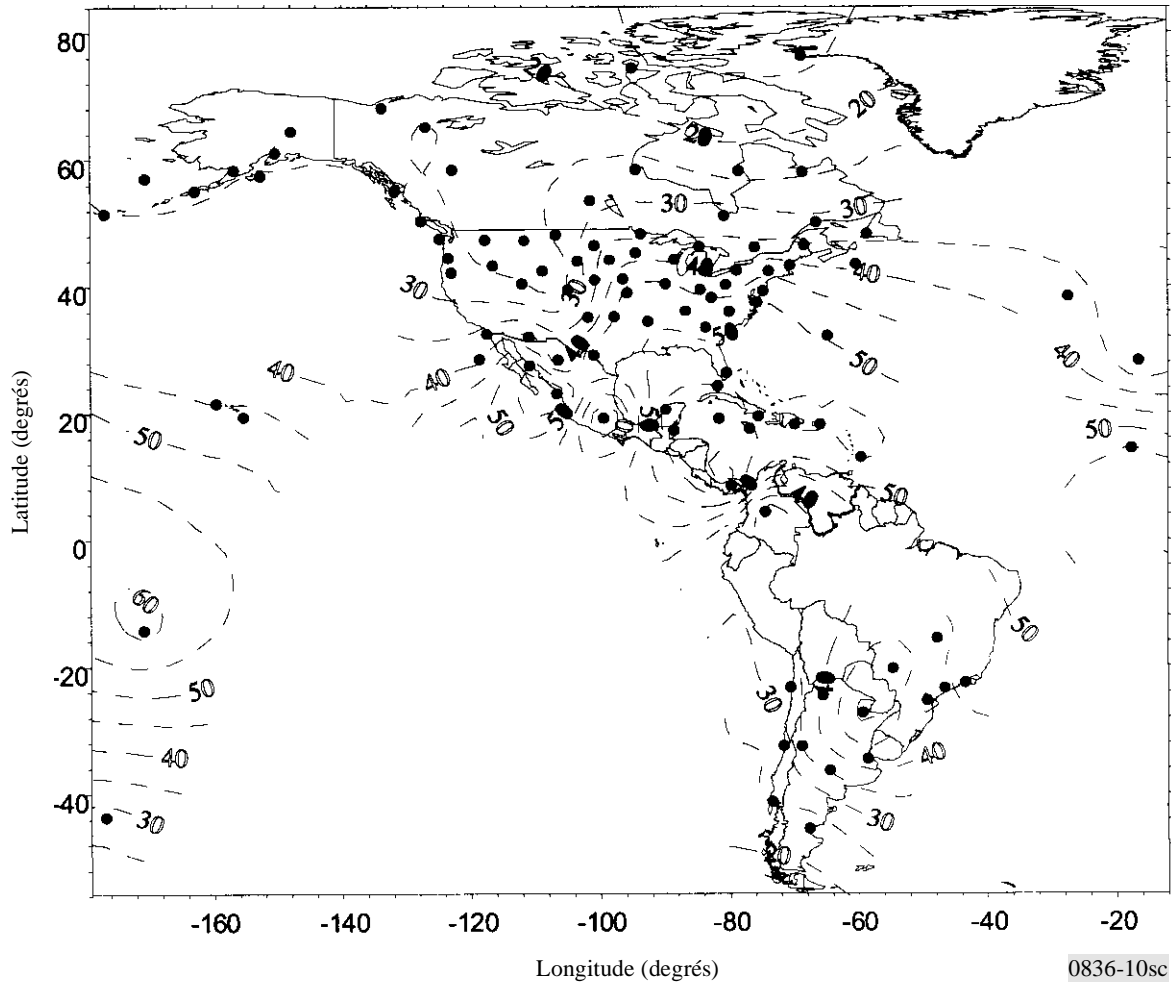


FIGURE 11

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 3% du temps

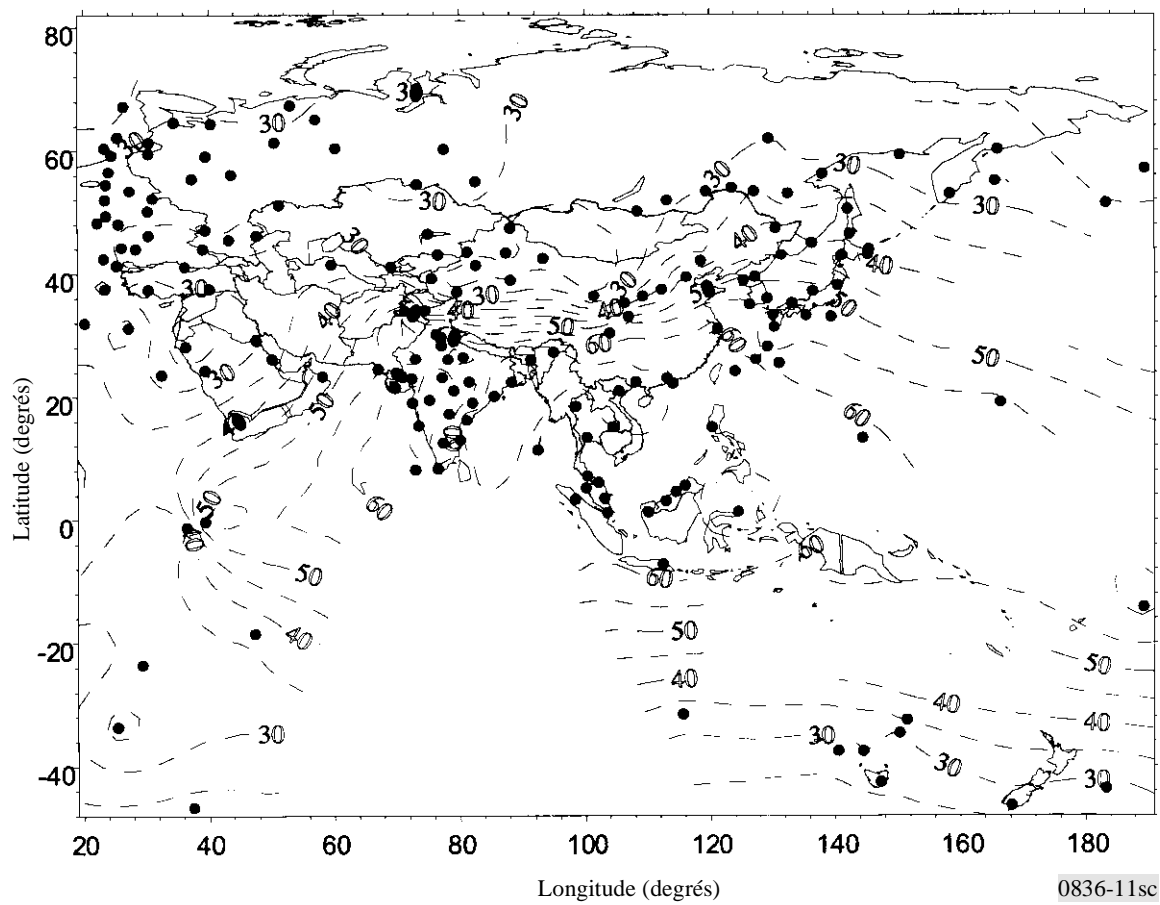


FIGURE 12
Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 10% du temps

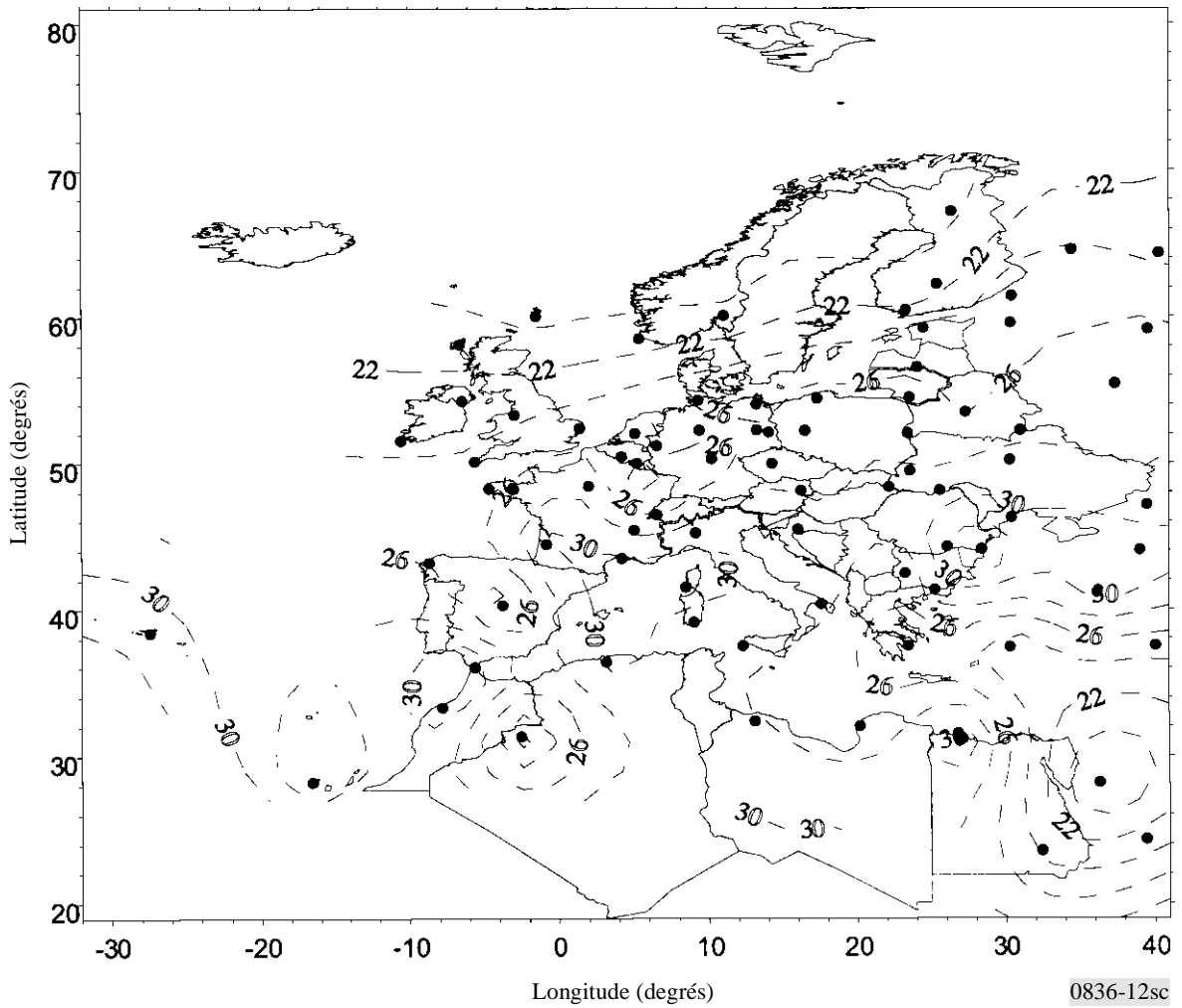


FIGURE 13

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 10% du temps

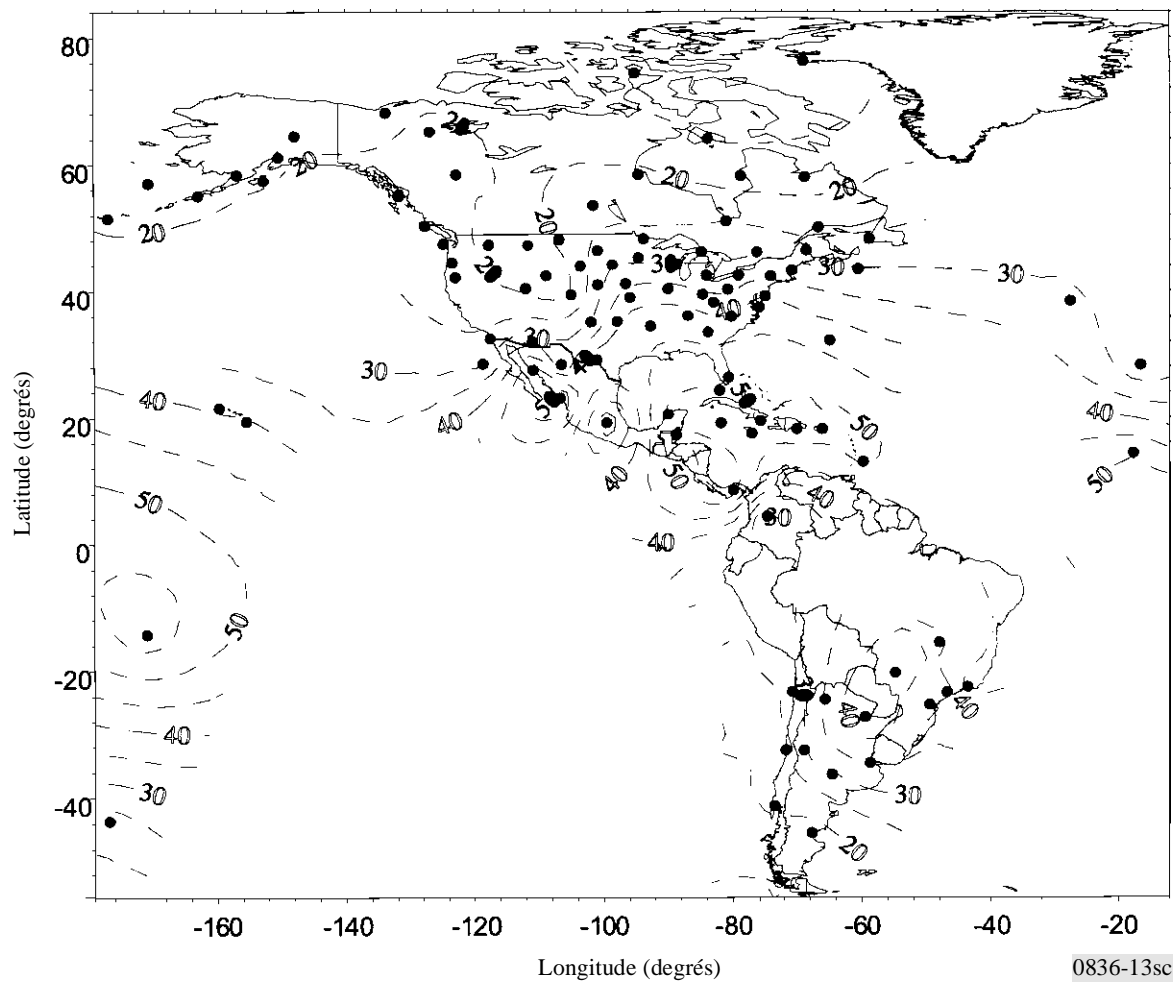
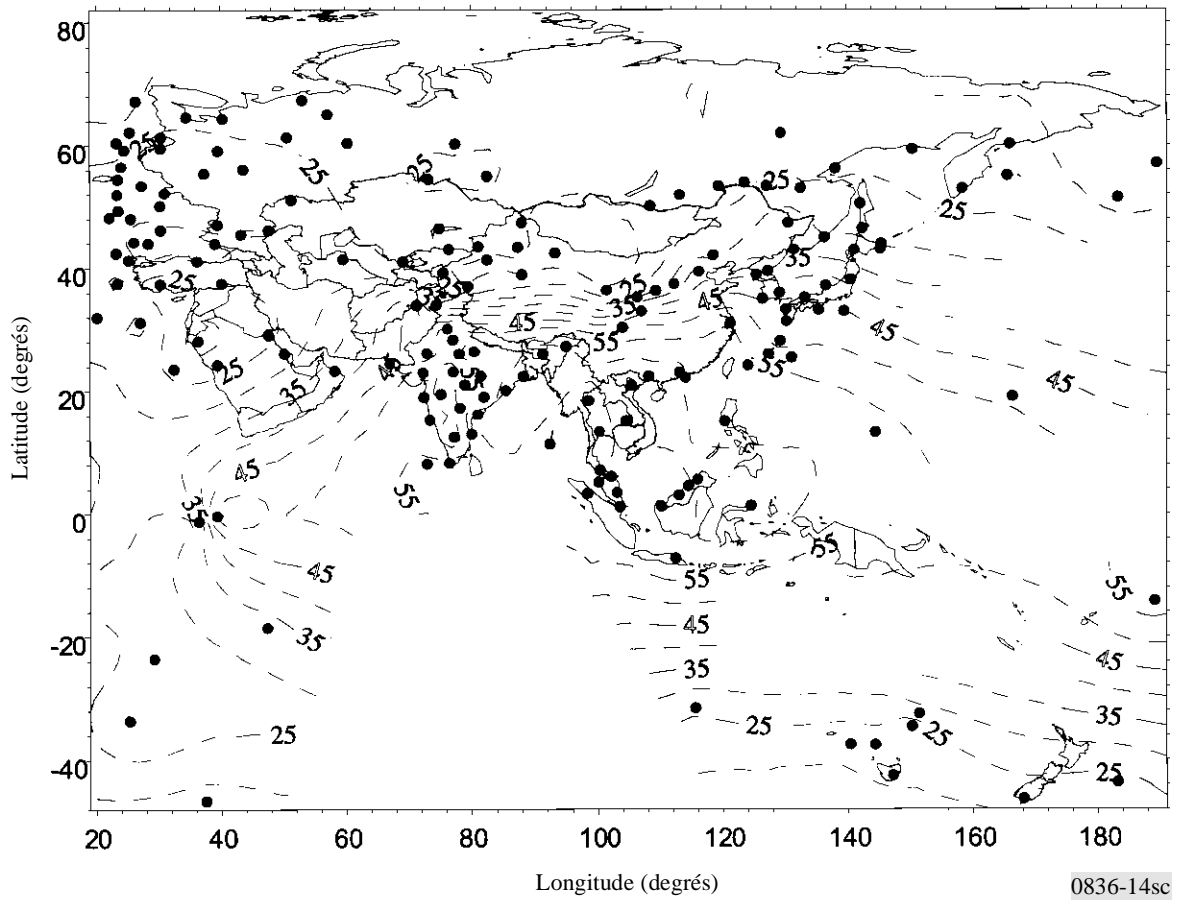


FIGURE 14

Isoplèthes du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V (kg/m^2) dépassé pendant 10% du temps



0836-14sc

2 Estimation du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau à partir de mesures radiométriques

En l'absence de pluie, on peut exprimer l'affaiblissement dû à l'atmosphère comme la somme d'un terme d'absorption par l'oxygène et de deux termes proportionnels aux contenus totaux d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V , et en eau liquide, L , les coefficients de proportionnalité étant respectivement les coefficients d'absorption massiques a_V et a_L .

Pour un radiomètre à double canal, fonctionnant aux deux fréquences f_1 et f_2 , on peut écrire le système d'équations suivant:

$$\begin{aligned} A_1 &= A_{o1} + a_{V1}V + a_{L1}L && \text{dB} \\ A_2 &= A_{o2} + a_{V2}V + a_{L2}L && \text{dB} \end{aligned} \quad (1)$$

où:

A_1 et A_2 : affaiblissements calculés à partir de mesures effectuées par le radiomètre aux deux fréquences respectives f_1 et f_2 , conformément à la procédure indiquée dans la Recommandation UIT-R P.1322

A_{oj} : affaiblissement dû à l'oxygène

V et L : contenus totaux d'une colonne d'air, respectivement, en vapeur d'eau et en eau liquide sur le trajet (mm) ou (kg/m^2)

a_{Vj} et a_{Lj} : coefficients d'absorption massiques de la vapeur d'eau et de l'eau liquide à la fréquence j .

La valeur de A_{oj} peut être calculée à partir de la Recommandation UIT-R P.676, de même que la valeur du coefficient d'absorption massique de la vapeur d'eau a_{Vj} à la fréquence choisie, qu'on peut supposer être égale à l'affaiblissement linéique dû à la vapeur d'eau γ_w donné dans la même Recommandation, divisé par la concentration en vapeur d'eau ρ (g/m^3) au niveau du sol. La valeur de a_{Lj} peut être obtenue à partir de la Fig. 1 de la Recommandation UIT-R P.840.

Il convient de choisir correctement les valeurs de f_1 et f_2 de sorte que la sensibilité à l'absorption par la vapeur d'eau et par l'eau liquide soit différente. D'une manière générale, plus cette différence est grande, meilleure est la précision de l'extraction. On choisit souvent la raie à 20,6 GHz ou à 23,8 GHz pour la fréquence inférieure, la sensibilité à l'absorption par la vapeur d'eau étant élevée à ces fréquences. La fréquence supérieure, pour laquelle c'est la sensibilité à l'absorption par l'eau liquide qui est la plus élevée, est généralement choisie dans la fenêtre de propagation 31-36 GHz.

Par la résolution du système d'équations (1), on peut alors obtenir le contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau, V . Au lieu de calculer ce contenu à partir de données obtenues par une radiosonde, la valeur de V est maintenant estimée directement le long du trajet effectif. On obtient aussi une résolution temporelle bien meilleure, ce qui permet de disposer de renseignements sur la variabilité à court terme de V .

Il convient de souligner que l'utilisation de la procédure donnée ci-dessus pour le calcul de L peut conduire à d'importantes imprécisions car le coefficient d'absorption massique a_{Lj} dépend fortement de la température.
