

**Mapas de riscos hidrometeorológicos para a bacia amazônica
Cartes de risques hydrométéorologiques pour le bassin amazonien
Mapas de riesgos hidrometeorológicos de la cuenca amazónica**

Maria Erondina de Lima Gomes, Emma Lira-Barthas, Gérard Verraes,
Expedito Ronald Gomes Rebello

► **To cite this version:**

Maria Erondina de Lima Gomes, Emma Lira-Barthas, Gérard Verraes, Expedito Ronald Gomes Rebello. Mapas de riscos hidrometeorológicos para a bacia amazônica Cartes de risques hydrométéorologiques pour le bassin amazonien Mapas de riesgos hidrometeorológicos de la cuenca amazónica. Pangea infos, Société Géologique de France, 2004, 41-42, pp.33-40. insu-00947035

HAL Id: insu-00947035

<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-00947035>

Submitted on 14 Feb 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mapas de riscos hidrometeorológicos para a bacia amazônica *Cartes de risques hydrométéorologiques pour le bassin amazonien* Mapas de riesgos hidrometeorológicos de la cuenca amazónica

Maria Erondina de Lima Gomes (1), Emma Lira-Barthas (1), Gérard Verraes (1),
Exedito Ronald Gomes Rebello (2)

(1) Centre d'études supérieures pour la sécurité et l'environnement minier (CESSEM), Ecole des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, 30319 Alès cedex, France.

(2) Chef de division de météorologie appliquée. DIMAP, Institut national de Météorologie du Ministère de l'Agriculture, Brasília, Brésil.

Justificativas

De todos os eventos climáticos que podem afetar a vida dos homens e suas infra-estruturas, o risco de chuvas excepcionais e as inundações que as sucedem são certamente um dos mais aterrorizantes. Não teve-se a pretensão de gerar um modelo climático, mesmo porque nós não temos nem a competência, nem os meios. Experimentou-se, com base na longa prática desses cálculos no Sul da França, criar um meio simples para que todos os profissionais que devam gerenciar esse tipo de risco possam ter a sua disposição uma ferramenta que lhes permita conhecer, para um determinado ponto dessa região, as chuvas máximas prováveis às quais eles estarão expostos.

Definição

Uma **chuva máxima provável** sobre um determinado ciclo, é a chuva que tem 100% de probabilidade de ocorrer durante esse período de tempo. Por exemplo, uma chuva centenária se repetirá seguramente dentro de um intervalo de tempo de 100 anos, mas, ela tem 1% de probabilidade de ocorrer hoje. Ela é extrapolada pelo método de Gumbel a partir de chuvas máximas sobre 24 horas, fornecidas pelas estações meteorológicas.

Um **mapa de isoietas máxima provável** é um mapa que pela interpolação geoestatística entre diferen-

Avant-propos

De tous les événements climatiques qui peuvent affecter la vie des hommes et leurs infrastructures, le risque de pluies exceptionnelles et les crues qu'il entraîne est certainement un des plus forts. Nous n'avons pas eu la prétention de réaliser un modèle climatique, ce dont nous n'avions ni les compétences ni les moyens. Simplement, en nous appuyant sur la longue pratique de ces calculs dans le Sud de la France, nous avons essayé de créer un moyen simple pour que tous les professionnels qui doivent gérer ce type de risque puissent avoir à leur disposition un outil qui leur permette de connaître, pour un point donné de cette région, les pluies maximales probables auxquelles il est exposé.

Définition

Une pluie maximale probable sur une durée donnée est la pluie qui a 100 % de risque de se produire pendant cette période de temps. Par exemple une pluie centennale se produira de manière certaine dans un intervalle de temps de 100 ans mais elle a 1 % de probabilité de se produire aujourd'hui. Elle est extrapolée par la méthode de Gumbel à partir des pluies maximales sur 24 heures fournies par les stations météorologiques.

Une carte isohyète maximale probable est une carte qui, par interpolation géostatistique entre diffé-

Prólogo

De todos los acontecimientos climáticos que pueden afectar la vida del hombre y sus infraestructuras, el riesgo de lluvias excepcionales que produce la crecida de ríos, es sin duda uno de los más fuertes. En este contexto, no tuvimos la intención de realizar un modelo climático porque no contábamos con los medios ni la capacidad necesaria. Aprovechando la gran práctica de esos cálculos en el sur de la Francia, intentamos crear una simple herramienta que pueda ser utilizada por los profesionales que trabajan con este tipo de riesgo, permitiéndoles conocer para un punto dado en esta región, las lluvias máximas probables a las cuales ese punto está expuesto.

Definición

La **lluvia máxima probable** en un tiempo dado, es aquella que tiene 100% de probabilidad de producirse durante ese período de tiempo. Por ejemplo la lluvia centenal ocurrirá de manera cierta en un intervalo de tiempo de 100 años, pero tiene 1% de probabilidad de ocurrir hoy. La lluvia se extrapola por el método de Gumbel a partir de lluvias máximas de 24 horas obtenidas de las estaciones meteorológicas.

Un **mapa de isoyetas máximas probables** es un mapa que por interpolación geoestadística entre dife-

tes pontos medidos, permite visualizar um valor, em um determinado ponto geográfico.

Uma **chuva máxima sobre 24 horas** é uma chuva medida em condições normais dentro de uma estação meteorológica oficial.

Coleta de dados

Para poder estabelecer uma boa regressão sobre um diagrama de Gumbel, é necessário ter os dados de chuvas medidas em cada estação meteorológica de uma região.

Essas chuvas são medidas continuamente com uma conduta variável em função das estações, mas só os dados relativos à 24 horas estão geralmente disponíveis.

Graças ao INMET¹ e a ANA² no Brasil e também ao IDEAM³ na Colômbia, pôde-se obter 312 séries de dados de chuvas sobre 24 horas. Essas séries representam as medidas de 10 à 50 anos por estação.

Em seguida, foi necessário extrair dessas informações uma série de chuvas máximas anuais que serviram de base para a realização dos cálculos.

Tratamento de dados

A fim de extrair as chuvas máximas prováveis por estação, as mesmas foram ordenadas por ordem decrescente de intensidade designando-se a cada uma, uma frequência de aparição segundo a fórmula empírica :

$$F = \text{posição da medida dentro da série} / \text{número de anos estudados} + 1.$$

O conjunto desses dados foi em seguida inserido em um gráfico semi-log (Fig. 1) com a frequência de chuvas projetada no eixo da abscissa e a sua intensidade no eixo da ordenada.

rentes points mesurés, permet de visualiser une valeur, en un point géographique donné.

Une pluie maximale sur 24 heures est une pluie mesurée dans des conditions normalisées dans une station météorologique officielle.

Recueil des données

Pour pouvoir établir une bonne régression sur un diagramme de Gumbel, il est nécessaire d'avoir les données des pluies mesurées dans chaque station météorologique d'une région.

Ces pluies sont mesurées en continu avec un pas variable en fonction des stations, mais seules les données sur 24 heures sont généralement disponibles.

Grâce à l'INMET¹ et à l'ANA² au Brésil et aussi à l'IDEAM³ en Colombie, nous avons pu obtenir 312 séries de données de pluies sur 24 h. Ces séries représentent des mesures sur 10 à 50 années par station.

Il a ensuite fallu extraire de ces informations une série de pluies maximales annuelles qui ont servi de base à nos calculs.

Traitement des données

Afin d'établir les pluies maximales probables par station, nous les avons classées par ordre décroissant d'intensité, en affectant à chacune une fréquence d'apparition selon la formule empirique :

$$F = \text{rang de la mesure dans la série} / \text{nombre d'années étudiées} + 1.$$

L'ensemble de ces données a ensuite été placé dans un graphique semi-log (fig. 1) avec en abscisse la fréquence de la pluie et en ordonnée son intensité.

rentes puntos, permite visualizar un valor, en un punto geográfico dado.

La **lluvia máxima de 24 horas** es una lluvia medida en condiciones normales en una estación meteorológica oficial.

Obtención de datos

Para poder establecer una buena regresión en un diagrama de Gumbel, es indispensable tener los datos de lluvias medidas en cada estación meteorológica de una región.

Estas lluvias están medidas continuamente con una frecuencia variable en función de las estaciones, pero generalmente sólo los datos de 24 horas son disponibles.

Gracias a INMET¹ y ANA² en Brasil y también a IDEAM³ en Colombia, pudimos obtener 312 series de datos de lluvias de 24 horas. Estas series representan medidas históricas entre 10 y 50 años por estación.

Luego, fue necesario extraer de esta información, una serie de lluvias máximas anuales que nos sirvieron para realizar nuestros cálculos.

Tratamiento de datos

A fin de calcular las lluvias máximas probables por estación, los datos han sido ordenados por orden decreciente de intensidad afectando a cada una, una frecuencia de aparición según la fórmula empírica :

$$F = \text{rango de la medida en la serie} / \text{número de años estudiados} + 1.$$

El conjunto de estos datos ha sido representado en un gráfico semi-log (Fig. 1) donde la abscisa es la frecuencia de lluvias y el eje de ordenada es la intensidad.

¹ Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil [<http://www.inmet.gov.br/>]

² Agência Nacional de Águas do Brasil.

³ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia [<http://www.ideam.gov.co/>]

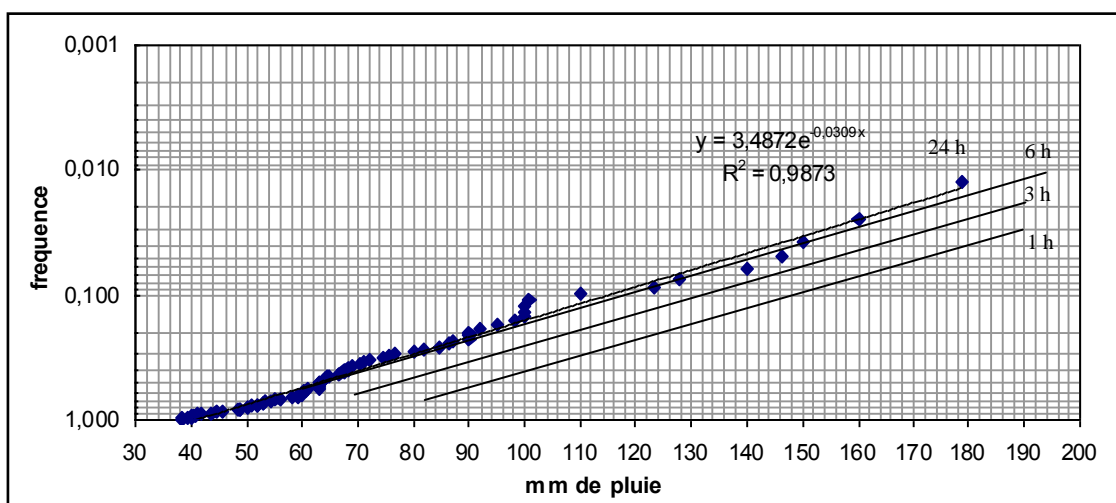


Fig. 1 – Tratamento de dados de uma região do Ceara, Brésil. (Estacion 339028, Sao Luiz do Curu).

Traitement des données en région de Ceara, Brésil.

Tratamiento de datos en la región de Ceara, Brasil.

Para cada gráfico assim definido, a reta de regressão da nuvem de pontos foi determinada pelo método dos mínimos quadrados.

Essa reta é sempre o resultado de uma função exponencial que foi igualmente calculada. (Fig. 1)

Para cada regressão obteve-se assim o coeficiente de regressão múltipla R^2 , que mede a eficiência da regressão, dando a redução do desvio padrão S do resíduo em relação ao desvio padrão inicial.

Esse coeficiente varia de 0 a 1 e é, geralmente, admitido que se ele é superior a 0,87, a regressão é confiável. Das 312 estações estudadas, somente 13 não atendem a esse critério, mas, seus dados foram utilizados mesmo assim.

Os valores das chuvas máximas prováveis sobre 24 horas de cada estação para os períodos de retorno de 10 anos, 100 anos, 1.000 anos e 10.000 anos foram em seguida obtidos de cada gráfico.

Construção dos mapas de isoietas máximas prováveis

4 mapas foram construídos para visualizar os dados assim elaborados (um por período de retorno). Para cada um desses mapas, levou-se em conta para cada estação, os valores de chuvas máximas prováveis calculadas precedentemente.

Pour chaque graphique ainsi défini, la droite de régression du nuage de points a été déterminée par la méthode des moindres carrés. Cette droite est toujours le résultat d'une fonction exponentielle qui a également été calculée. La figure 1 illustre ce mode de traitement des données.

Pour chaque régression on a obtenu aussi le coefficient de régression multiple R^2 qui chiffre l'efficacité de la régression en donnant la réduction de l'écart-type S du résidu par rapport à l'écart-type de départ.

Ce coefficient varie de 0 à 1 et il est généralement admis que s'il est supérieur à 0,87, la régression est fiable. Sur les 312 stations étudiées, seules 13 ne répondent pas à ce critère mais nous avons quand même utilisé leurs données.

Les valeurs des pluies maximales probables sur 24 h de chaque station, pour des périodes de retour de 10, 100, 1000 et 10000 ans, ont été ensuite tirées de chaque graphique.

Etablissement des cartes isohyètes maximales probables

4 cartes ont ensuite été établies pour visualiser les données ainsi élaborées (une par période de retour). Pour chacune des cartes, nous avons pris en compte, pour chaque station, les valeurs des pluies maximales probables calculées précédemment.

Para cada gráfico também hemos definido una línea de regresión, a partir del conjunto de puntos, por el método de mínimos cuadrados. Esta línea es siempre el resultado de una función exponencial que ha sido igualmente calculada. (Fig. 1)

Para cada regresión se ha calculado el coeficiente de regresión múltiple R^2 que representa la eficiencia de la regresión dando la reducción de la desviación estándar S del residuo en relación a la desviación estándar de inicio.

Este coeficiente varía de 0 a 1 y se acepta generalmente que, si es superior a 0,87 la regresión es fiable. De las 312 estaciones estudiadas sólo 13 no respondieron a este criterio, pero hemos aún así utilizado esos datos.

De cada gráfico hemos estimado los valores de lluvias máximas probables en 24 horas en cada estación para períodos de retorno de 10 años, 100 años, 1000 años y 10.000 años.

Obtención de mapas de isoyetas máximas probables

Gracias al trabajo hecho con los datos disponibles, ha sido posible obtener 4 mapas (uno por cada período de retorno). Para cada uno de ellos hemos tomado en cuenta, en cada estación, los valores de lluvias máximas probables calculados anteriormente.

O conjunto desses dados foi inserido em um sistema cartográfico e as interpolações entre os pontos foram feitas utilizando o modelo de interpolação geoestatística (krigeage).

Essa técnica – que permite também estimar as reservas dos jazimentos minerais a partir de dados de amostragem – utiliza a semi variância em função da distância para estimar os valores a utilizar; ela permite também ponderar a influência de cada um dos pontos do mapa sobre o setor estudado; enfim ela permite calcular o erro cometido traçando as isolinhas.

A ferramenta utilizada é, portanto, a melhor possível para esse tipo de trabalho, mas ela não permite levar em conta o relevo, nem os modelos climáticos.

Erros intrínsecos cometidos

Considerou-se a bacia amazônica como uma só unidade geográfica e climática e é, portanto, certo que o trabalho apresente carências locais importantes que não puderam ser abordadas no âmbito desse trabalho.

O mesmo está baseado nos picos máximos de chuvas registrados nas estações meteorológicas, e, é provável que esses dados tenham também uma incerteza em sua representatividade, comparando-os à região dentro da qual eles se encontram.

Não havia mais que 312 estações meteorológicas de interesse, distribuídas sobre um território de cerca de 5 milhões de km², que representa uma média de uma estação por cada 16.000 km² (seja um quadrado equivalente a 126 km de lado); é contudo evidente que com essa malha de amostragem pode-se esperar uma confiabilidade de isolinhas em torno de 126 km aproximadamente. À título de comparação, essa malha corresponderia a 5 estações sobre o conjunto do território francês.

Utilizou-se as chuvas sobre 24 horas, mas, elas representam verdadeiramente as chuvas sobre um período de tempo mais curto (4 a 5 h) em função do clima dessa zona.

L'ensemble de ces données a été introduit dans un système de cartographie et les interpolations entre les points ont été faites en utilisant le modèle d'interpolation géostatistique (krigeage).

Cette technique – qui permet aussi d'estimer les réserves des gisements miniers à partir des données d'échantillonnage – utilise la semi-variance en fonction de la distance pour estimer les valeurs à utiliser; elle permet aussi de pondérer l'influence de chacun des points de la carte sur le secteur étudié; enfin elle permet de calculer l'erreur commise en traçant les isolignes.

L'outil utilisé est donc le meilleur possible pour ce type de travail mais il ne permet pas de prendre en compte le relief ni les modèles climatiques.

Erreurs intrinsèques commises

Nous avons été amenés à considérer le bassin amazonien comme une seule unité géographique et climatique: il est donc certain qu'il présente des carences locales importantes qui ne peuvent être prises en compte dans le cadre de ce travail.

Ce travail est basé sur des relevés de pluies des stations météorologiques, et il est probable que ces données elles aussi ont une incertitude dans leur représentativité vis-à-vis de la région dans laquelle elles se trouvent.

Il n'y a que 312 stations météorologiques réparties sur un territoire d'environ 5 millions de km², ce qui représente une moyenne d'une station pour 16 000 km² (soit un carré équivalent de 126 km de côté); il est donc évident qu'avec cette maille d'échantillonnage, on peut s'attendre à une fiabilité de l'isoligne à environ 126 km près. A titre de comparaison, cette maille correspondrait à 5 stations sur l'ensemble du territoire français.

Nous avons utilisé les pluies sur 24h mais elles représentent vraisemblablement des pluies sur une période beaucoup plus courte (4 à 5 h) en fonction du climat de cette zone.

El conjunto de estos datos ha sido introducido en un sistema de cartografía y las interpolaciones entre los puntos han sido halladas utilizando el modelo de interpolación geoestatística (kriging).

Esta técnica – que también permite calcular las reservas de mineral a partir de datos de muestreo – utiliza la semi-varianza en función de la distancia para estimar los valores a utilizar; permite además ponderar la influencia de cada uno de los puntos del mapa sobre el sector estudiado; permite finalmente calcular el error encontrado trazando las isolíneas.

La herramienta utilizada es la mejor técnica disponible para este tipo de trabajo pero no permite tomar en cuenta ni el relieve ni los modelos climáticos.

Errores intrínsecos cometidos

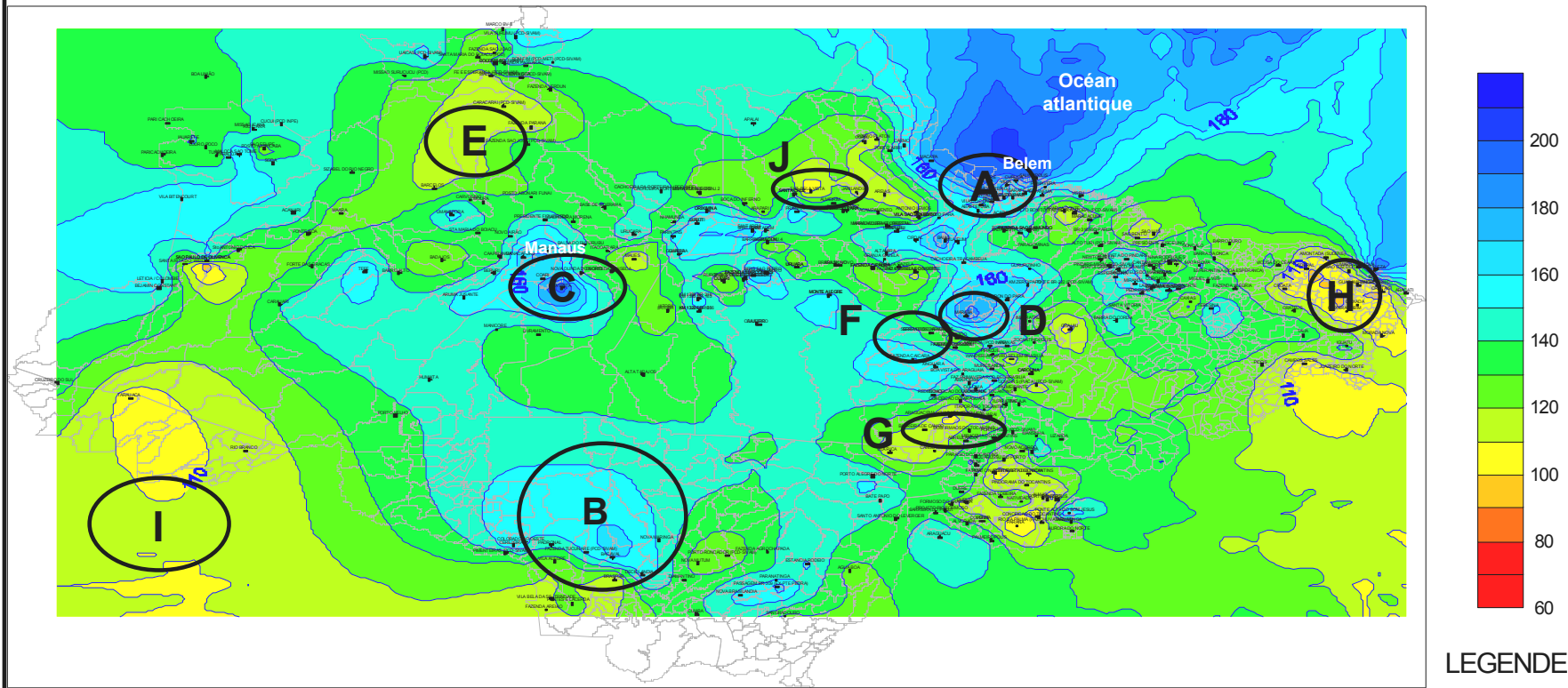
En todo este trabajo se ha considerado la cuenca amazónica como una sola unidad geográfica y climática, por lo tanto es cierto que presenta carencias locales importantes que no pueden ser tomadas en cuenta a esta escala.

Este trabajo se basa en medidas de lluvias de estaciones meteorológicas, y es probable que estos datos también tengan una incertidumbre en su representatividad visto la región en la cual se encuentran.

Existen 312 estaciones meteorológicas distribuídas en un territorio de más de 5 millones de km², que representan una media de una estación por cada 16.000 km² (sea un cuadrado equivalente de 126 km de lado); es entonces evidente que con esta malha de muestreo podemos esperar una fiabilidad de isolínea de aproximadamente cerca de 126 km. A título de comparación esta malha correspondería a 5 estaciones para el conjunto del territorio francés.

Utilizamos las lluvias de 24 horas, pero representan verdaderamente las lluvias sobre un período mucho más corto (4 a 5 horas) en función del clima de esta zona.

CARTE D'ISOHYETES MAXIMALES PROBABLES DECENNALES



| | | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| A – Delta de l'Amazonie | C – Zone de Manaus | E – Sud Vénézuéla | G – Zone de Tocantins | I – Cordillère des Andes |
| B – Marais du Mato Grosso | D – Zone de Marabá | F – Plateau de Carajás | H – Désert de Ceará | J – Projet Jari |

Fig. 2 – Definição de zonas de interesse da Bacia amazônica
 Localisation des zones d'intérêt dans le bassin amazonien.
 Ubicación de zonas de interés en la cuenca amazónica

Comentário sobre os mapas

Avaliando os resultados do trabalho, verifica-se que ressaltam do mapa zonas particulares (Fig. 2) com valores mais fracos que são :

- a zona árida do nordeste brasileiro (H),
- a cordilheira (I),
- os altos platôs fronteiriços com a Venezuela (E),
- o projeto Jari (J) : zona revegetada para atender a indústria de papel.

Se os três primeiros (H, I, E) parecem ligados ao relevo, o último (J) parece fortemente relacionado à modificação da vegetação trazida pelo implantação do projeto Jari (substituição da floresta primária por uma floresta de eucálptos).

Os valores mais altos se localizam :

- na zona do delta (A),
- na zona do pantanal (B),
- na zona de Manaus (C),
- na zona de Marabá (D).

Eles parecem associados, seja às zonas de extensão da floresta nativa (B, C, D), seja à presença de massas de águas quentes (A).

Os valores de chuvas distribuem-se da seguinte forma:

- 110 à 180 mm em 24 h para as chuvas decenais,
- 140 à 300 mm em 24 h para as chuvas centenárias,
- 200 à 420 mm em 24 h para a chuva milenar,
- 270 à 570 mm em 24 h para a chuva decamilenar.

Esses valores podem parecer, à primeira vista, irrealistas e, portanto, eles são muito inferiores aos valores obtidos (e medidos) no Sudeste da França (1.000 mm em 24 h para a chuva milenar).

A grande diferença é que na região Amazônica, essa chuva de 24 horas desaba geralmente em 4 ou 5 horas, o que faz com que sua intensidade instantânea seja muito mais forte.

Utilização dos mapas

Esses mapas são destinados a todos os profissionais que realizam trabalhos na região em estudo. Po-

Commentaire sur les cartes

En étudiant les résultats du travail, on a pu mettre en évidence des zones particulières (fig. 2) avec des valeurs plus faibles qui sont :

- *le désert (H) ou sertao,*
- *la cordillère (I),*
- *les hauts plateaux frontaliers avec le Venezuela (E),*
- *le projet Jari (J), zone d'extraction de cellulose pour l'industrie du papier.*

Si les trois premières semblent liées au relief, la dernière semble, quant à elle, très en relation avec le changement de végétation apporté par ce projet (remplacement de la forêt primaire par une forêt d'eucalyptus).

Les valeurs les plus fortes se localisent :

- *dans la zone du delta (A),*
- *dans la zone de marais (B),*
- *dans la zone de Manaus (C),*
- *dans la zone de Marabá (D).*

Elles semblent liées soit aux zones d'extension de la forêt native (B, C, D), soit à la présence de masses d'eaux chaudes (A).

Les valeurs des pluies se répartissent comme suit :

- *110 à 180 mm en 24 h pour les pluies décennales,*
- *140 à 300 mm en 24 h pour les pluies centenales,*
- *200 à 420 mm en 24 h pour la pluie millénale,*
- *270 à 570 mm en 24 h pour la pluie decamilénale.*

Ces valeurs peuvent sembler à première vue, irréalistes et pourtant elles sont très inférieures aux valeurs obtenues (et mesurées) dans le Sud-Est de la France (1000 mm en 24 h pour la pluie millénale).

La grande différence est que dans la région amazonienne, cette pluie de 24 h tombe généralement en 4 ou 5 heures, ce qui fait que son intensité instantanée y est beaucoup plus forte.

Utilisation des cartes

Ces cartes sont destinées à toutes les professions qui font des travaux dans la région concernée.

Comentarios sobre los mapas

Estudiando los resultados del trabajo podemos poner en evidencia las zonas particulares (Fig. 2) con valores mas confiables que son:

- el desierto (H) o sertao,
- la cordillera (I),
- los altos llanos fronterizos con Venezuela (E),
- y el proyecto Jari (J): zona de extracción de celulosa para la industria de papel.

Si los 3 primeros (H, I, E) parecen estar ligados a un relieve, el último (J) parece que tiene bastante relación con el cambio de vegetación en este proyecto (explotación de la selva primaria y plantación de eucaliptos).

Los valores mas fuertes se localizan:

- en la zona del delta (A),
- en la zona de pantanos (B),
- en la zona de Manaus (C),
- en la zona de Marabá (D).

Ellos parecen estar ligados sea a la selva nativa (B, C, D) o sea a la presencia de masas de aguas calientes (A).

Los valores estan comprendidos entre:

- 110 a 180 mm en 24 horas para las lluvias decenales,
- 140 a 300 mm en 24 horas para las lluvias centenales,
- 200 a 420 mm en 24 horas para la lluvia milenar,
- 270 a 570 mm en 24 horas para la lluvia decamilenar.

Estos valores pueden parecer irrealistas y por lo tanto son inferiores a varios valores obtenidos (y medidos) en la región sureste de Francia (1000 mm en 24 horas para la lluvia milenar).

La gran diferencia es que en la región amazónica, esta lluvia de 24 horas cae generalmente de 4 o 5 horas; esto hace que la intensidad instantánea de la lluvia sea mucho más fuerte.

Utilización de los mapas

Estos mapas son destinados a todos los profesionales que trabajan en la región estudiada.

dem tratar-se de urbanistas (cálculo de rede de drenagem de evacuação, ...), de engenheiros civis (cálculo de pontes, fossas, vertedouro de barragens, ...), ou de funcionários da indústria mineral (estudo de estabilidade das barragens de rejeito, ...).

Para os utilizar nessa região, se considerará que a chuva máxima provável lida sobre cada um dos mapas cairá em 5 h sobre a bacia versante da zona estudada, então será necessário conhecer a topografia e a superfície. As chuvas máximas prováveis de 4 h, 3 h, 2 h, 1 h e 30 minutos serão em seguida extraídas do diagrama apresentado na Fig. 1, a menos que se disponha no local de medidas permitindo informar esse diagrama.

Para obter desse estudo as vazões instantâneas máximas, é necessário recorrer à fórmula de Ventura que considera o tempo de concentração, o tipo de solo, a cobertura vegetal e os aclives e delives topográficos.

Conclusão

Nesse estudo, procurou-se criar uma ferramenta que permita a todos os usuários conhecer de maneira relativamente precisa o risco pluviométrico de uma determinada zona na bacia amazônica sem ter que procurar os dados meteorológicos. Constatou-se que esse risco era raramente levado em conta ou, quando o era, era feito de maneira empírica e minimalista. Isso conduz à catástrofes tanto nas vilas (inundações), sobre as redes rodoviárias (rodovias arrancadas), ou nas minas e outras indústrias (afundamentos, rompimentos de barragens, escorregamento de taludes de diques de estéril, poluições, ...).

Os mapas apresentados são aproximativos, mas, eles são utilizáveis diretamente para minimizar os riscos, em virtude de darem uma ordem de grandeza verdadeira dos eventos que já ocorreram, ou que têm 1 chance sobre 10, sobre 100, sobre 1.000, sobre 10.000 de ocorrer amanhã. Esses eventos podem ainda trazer perdas consideráveis, tanto do ponto de vista financeiro como de

Il peut s'agir d'urbanistes (calcul des réseaux d'évacuation), d'ingénieurs civils (calcul des ponts, fossés, déversoirs de barrages, ...), ou de cadres de l'industrie minière (étude de stabilité des barrages de rejets, ...).

Pour les utiliser dans cette région, on comptera que la pluie maximale probable lue sur chacune des cartes tombera en 5 h sur le bassin versant de la zone étudiée dont on devra connaître la topographie et la surface. Les pluies maximales probables de 4 h, 3 h, 2 h, 1 h et 30 minutes seront ensuite tirées du diagramme présenté en figure 1, à moins que l'on dispose sur place de mesures permettant d'informer ce diagramme.

Pour tirer de cette étude des débits instantanés maximums, il faudra se reporter à la formule de Ventura qui prend en compte le temps de concentration, le type de sol, le couvert végétal et la pente.

Conclusion

Dans cette étude, nous avons cherché à créer un outil qui permette à tous les utilisateurs de connaître de manière relativement précise le risque pluviométrique d'une zone donnée dans le bassin amazonien sans avoir à se procurer les données météorologiques. On a en effet constaté que ce risque était rarement pris en compte ou, quand il l'était, c'était souvent de manière empirique et très minimaliste. Cela conduit à des catastrophes tant dans les villes (inondations), que sur les réseaux routiers (routes emportées), ou dans les mines et autres industries (effondrements, écoulement de digues de stériles, pollutions, ...).

Les cartes que nous présentons sont approximatives mais elles sont utilisables directement pour minimiser les risques car elles donnent un ordre de grandeur vrai des événements qui se sont déjà produits ou qui ont une probabilité sur 10, sur 100, sur 1000, sur 10 000 de se produire demain. Ces événements peuvent de plus entraîner des pertes considérables tant du point de vue

Puede tratarse de urbanistas (cálculos de redes de desagüe), de ingenieros civiles (cálculos de puentes, fossas, presas, ...) o de minas (estudios de estabilidad de diques, ...).

Para utilizarlos en esta región, se tomara en cuenta que el valor de la lluvia máxima probable, en el mapa, corresponde a una lluvia caída en 5 horas sobre la cuenca de la zona estudiada; entonces se deberá conocer la topografía y la superficie. Las lluvias máximas probables de 4, 3, 2, 1 h y 30 minutos serán obtenidas inmediatamente con el diagrama presentado en la figura 1, a menos que se disponga *in situ* de medidas permitiendo informar el diagrama.

Para calcular, a partir de este estudio los caudales instantáneos máximos, es necesario volver a la fórmula Ventura que toma en cuenta el tiempo de concentración, el tipo de suelo, la cobertura vegetal y la pendiente.

Conclusión

En todo este estudio hemos tratado de crear una herramienta que permita a todos los utilizadores conocer de manera relativamente precisa el riesgo pluviométrico de una zona dada sin tener que disponer de datos meteorológicos. Hemos constatado que este riesgo es raramente tomado en cuenta, o cuando lo es, es casi siempre de una manera empírica y bastante minimalista. Esto produce catástrofes tanto en las ciudades (inundaciones), como en la red de carreteras (carreteras deterioradas), en las minas y otras industrias (hundimientos, deslizamiento de diques de estériles, contaminación, ...).

Los mapas que presentamos están lejos de ser perfectos pero son utilizados directamente para minimizar los riesgos, porque dan un verdadero orden de grandeza de los eventos que se han producido o que tienen una probabilidad de 1 a 10, una probabilidad de 1 a 100, a 1000, a 10 000 de producirse mañana. Estos eventos pueden además ocasionar pérdidas considerables tanto desde el

vidas humanas e, degradação ao meio ambiente. É então de extrema importância considerar e praticar políticas de prevenção. □

financier qu'en vies humaines et en dégradation de l'environnement. Il est donc très important de les prendre en compte et de mettre en place des politiques de prévention. □

punto de vista financiero como humano y ambiental. Es entonces muy importante tomarlos en cuenta y poner en práctica políticas de prevención. □

Références bibliographiques

- Aguirre R.U.C. (1999) – Qué es “ El Niño ”. – Centro de Investigación Científica de Educación Superior de Ensenada, 2 p.
- BID AMERIQUE (2001) – Nouveaux Projets. Tourisme Vert pour l'Amazonie (Brésil).
- Comissão Mundial de Barragens (2000).
- DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) – www.dnpm.gov.br
- Droulers Martine (1995) – L'Amazonie. – Editions Nathan-Université, collection Géographie d'aujourd'hui, Paris, 190 p.
- Dubrana Didier (1989) – Le crime suicidaire des mange-forêts. – Science & Vie, n° 859.
- Encyclopédie Yahoo.
- Geoffre M. (2003) – Calculs de crue appliqués aux barrages. – Centre d'Études Supérieures pour la Sécurité et l'Environnement Miniers (CESSEM), École des Mines d'Alès, 23 p.
- Gratton Y. (2002) – Articles de l'Institut d'Analyse Géographique. – www.iag.asso.fr
- INPA (Instituto de Pesquisa da Amazônia) – www.inpa.gov.br
- INPE, Programme RODES. – www.dpi.inpe.br/Amazonie, p. 121.
- Lewino Frédéric (2001) – Haro sur les barrages. – Le Point, n° 1521, 09/11/2001, p. 88.
- Lima D.M. (2001) – Ethique et politique environnementale en Amazonie contemporaine. – Lusotopie, p. 13-23.
- Molion L.C.B. (1991) – Climate variability and its effects on Amazonia hydrology. – in Braga B.P.F. & C. Fernandez-Jauregui (eds), Water Management of the Amazon Basin. Publ. Unesco-Rostlac, Montevideo, p. 261-274.
- Roucou P. (1997) – Impact des températures de surface océanique d'échelle globale sur la dynamique de l'atmosphère et les précipitations tropicales en Amérique du Sud à l'est des Andes : diagnostic et simulations numériques. – Thèse doct. géogr., Univ. Bourgogne, Dijon, 199 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) del Perú, 2002, 2 p.
- www.aubresil.lesexpeditions.fr/amazonie
- www.msc-smc.ec.gc.ca/natchem/precip/others_f.html
- www.webencyclo.com/Base/GA/03/GA03PM00