

DOSSIER INSTRUCTION

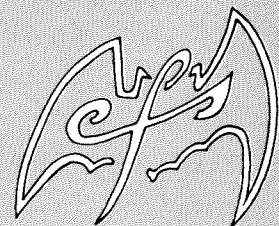
REALISATION : PASCALE LAFOSSE

METEOROLOGIE & SPELEOLOGIE

FFS

COMMISSION SCIENTIFIQUE

Ecole Française de
Spéléologie



CHAPITRE : X - 1 (DEC. 85)

T A B L E D E S M A T I E R E S

Introduction

PREMIERE PARTIE : NOTIONS DE CLIMATOLOGIE.

- I) L'atmosphère : structure verticale.
 - A. Définition.
 - B. Composition chimique
 - C. Les grandes divisions de l'atmosphère
 - 1) La troposphère
 - 2) La stratosphère
 - 3) La mésosphère et la thermosphère
- II) Mouvements latéraux de l'atmosphère
 - A. La pression
 - B. Les vents
- III) Dynamique de l'atmosphère
 - A. La circulation atmosphérique
 - B. Les masses d'air
 - C. Les fronts
 - D. Les perturbations
 - 1) Naissance
 - 2) Structure
- IV) Les nuages
 - A. Formation d'un nuage
 - B. Différents types de nuages
 - 1) Les nuages à développement vertical
 - 2) Les nuages supérieurs
 - 3) Les nuages moyens
 - 4) Les nuages inférieurs

DEUXIEME PARTIE : MESURES DU TEMPS - PREVISIONS METEOROLOGIQUES.

- I) Les instruments de mesure du temps
 - A. Le baromètre
 - B. L'anémomètre et la girouette
 - 1) La direction du vent
 - 2) La vitesse du vent
 - C. Le pluviomètre
 - D. Le thermomètre
 - E. L'hygromètre
- II) L'exploitation des résultats : la carte synoptique
 - A. Description
 - B. Interprétation
- III) Les prévisions météo
 - A. Situation actuelle et évolution
 - B. Les prévisions régionales
 - C. L'information par les médias

TROISIEME PARTIE : LE TEMPS ET SES CONSEQUENCES SUR UN MASSIF KARSTIQUE.

- I) La pénétration de l'eau dans le sol
 - A. Généralités
 - B. Rôle des saisons et du type de précipitations
 - C. Influence du couvert végétal
- II) Action des températures
- III) Connaissance des bassins d'alimentation

Conclusion

Annexe : Liste des stations météorologiques par "département karstique"

Bibliographie

INTRODUCTION

Quel spéléologue n'aura pas jeté un rapide coup d'oeil au ciel avant de pénétrer pour plusieurs heures dans un gouffre ? Même si le temps paraît sûr, la petite arrière pensée "et s'il se met à pleuvoir ?" nous accompagne tout au long de l'exploration de la cavité. Chacun sait qu'une simple "ballade" dans une rivière souterraine peut soudainement se transformer en catastrophe en cas de crue.

Cette crue, il faut être capable, sinon de la prévoir, du moins de la supposer possible et d'en envisager les conséquences. Des connaissances élémentaires en météorologie peuvent être une aide précieuse à la préparation d'une sortie en toute sécurité. C'est pourquoi nous avons jugé intéressant de consacrer ce fascicule aux problèmes du temps.

Une première partie traitera, de façon simplifiée, de climatologie, afin d'expliquer la genèse des différents types de temps. Une deuxième partie s'intéressera aux questions purement météorologiques et aux prévisions. Nous terminerons par une troisième partie appliquée au karst c'est-à-dire concernant plus directement le spéléologue.

Cette étude n'est pas une recherche scientifique mais une synthèse des connaissances en climatologie et en météorologie, naturellement très simplifiée, destinée aux amateurs de cavernes.

PREMIERE PARTIE : NOTIONS DE CLIMATOLOGIE

1) L'atmosphère : structure verticale

A. Définition

L'atmosphère est la couche gazeuse enveloppant le globe terrestre. D'une épaisseur d'environ 1000 Km, elle est constituée de plusieurs parties distinctes dans lesquelles température et pression varient. En fait, c'est seulement dans la première couche appelée troposphère que se situent les phénomènes climatiques; ceci grâce à la densité de l'atmosphère (les 3/4 de la masse atmosphérique sont traversés sur le 10 premiers km).

B. Composition chimique

Jusqu'à une altitude de 90 km, la composition chimique de l'atmosphère ne varie pratiquement pas. Nous ne citerons que les 4 gaz les plus importants :

- Azote : 78,09 %
- Oxygène : 20,95 %
- Argon : 0,93 %
- Gaz carbonique : 0,03 %

C. Les grandes divisions de l'atmosphère

(se référer au schéma p.3)

1) La troposphère

La troposphère est la couche atmosphérique en contact avec le sol. Son épaisseur moyenne est de 12 km, altitude à laquelle la température cesse de décroître (-55°C à 12000 m). Cette limite supérieure se nomme la tropopause.

Dans la structure verticale de cette première couche, il faut délimiter une zone particulière (de 0 à 3 km) dans laquelle la surface terrestre joue un rôle déterminant. Par exemple, la température et la pression varieront suivant le type de relief (montagne, plaine ou bordure maritime). Cette zone porte le nom de "couche turbulente".

Notons également que la troposphère renferme la quasi-totalité de vapeur d'eau et de gaz carbonique contenus dans l'atmosphère.

Nous sommes donc dans une couche "active", sujette aux turbulences de l'air et qui, en cela, se distingue de la stratosphère.

2) La stratosphère

Trois traits principaux caractérisent la stratosphère :

- un air très peu dense (pression très faible voire nulle)
- des mouvements d'air violents qui retentissent sur la troposphère et donc sur le climat
- une concentration maximum de l'ozone qui absorbe les rayons ultra-violet du soleil et permet la vie sur terre

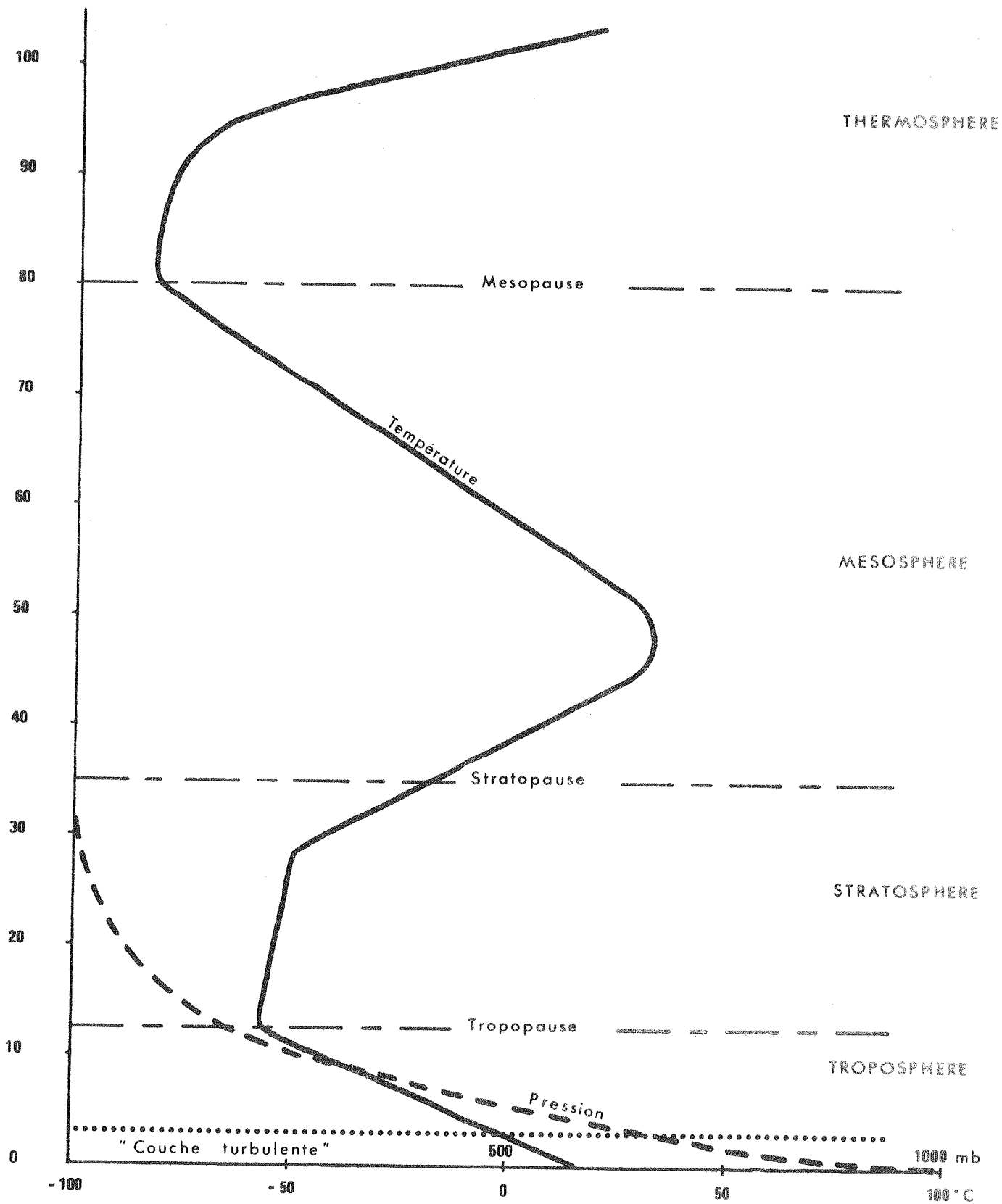
La température reste à peu près constante jusqu'à 28 km d'altitude puis augmente régulièrement jusqu'à la stratopause.

3) La mésosphère et la thermosphère

Ces deux couches suivantes ne sont caractérisées que par la température. Celle-ci décroît avec l'altitude dans le cas de la mésosphère puis croît de nouveau avec l'altitude dans le cas de la thermosphère. Cette dernière couche ne comporte pas de limite supérieure définie.

STRUCTURE VERTICALE DE L'ATMOSPHERE

Altitude (Km)



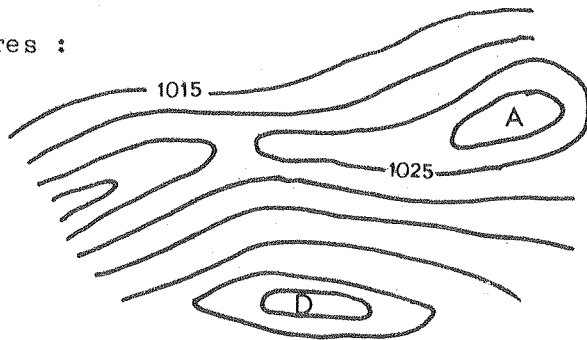
I) Mouvements latéraux de l'atmosphère.

A. La pression

La pression atmosphérique représente le poids de la colonne d'air surmontant le lieu d'observation. De ce fait, plus l'altitude augmente et plus la pression diminue (cf courbe p.3). Au sol, elle est généralement de 1013 mbar, cette valeur servant de référence.

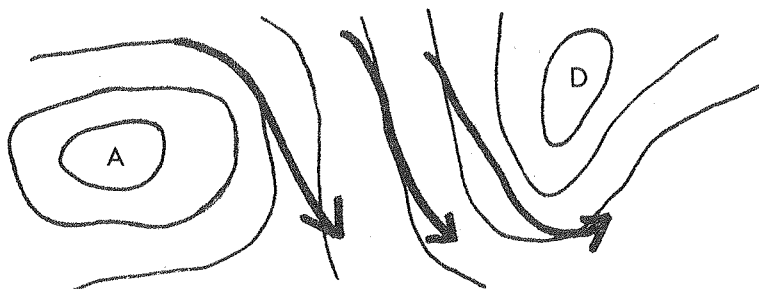
Pour cartographier les variations de pressions, il suffit de joindre par une courbe tous les points d'égale pression. On obtient alors des isobares qui vont délimiter des zones de hautes pressions (anticyclones) et de basses pressions (dépressions). La figuration est semblable à celle des courbes de niveau sur les cartes topographiques.

Exemple d'isobares :



B. Les vents

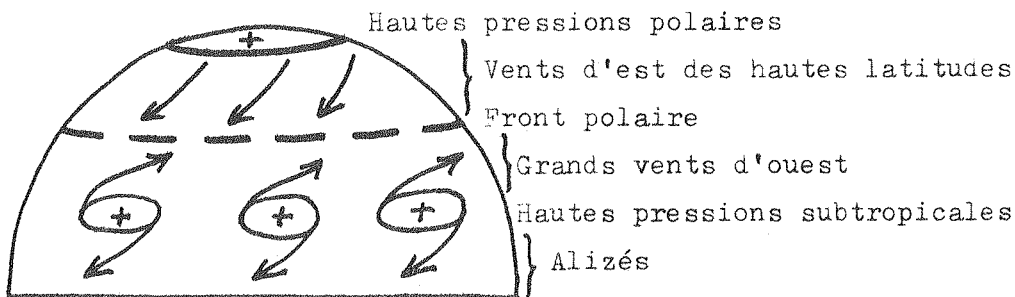
Le vent est un déplacement d'air s'opérant entre les zones de pressions différentes. Sa vitesse sera d'autant plus grande que la variation de pression par unité de distance sera importante. Sa direction, (des hautes pressions vers les basses pressions), subit l'influence de la rotation de la terre (force de Coriolis) : sens des aiguilles d'une montre pour l'anticyclone de l'hémisphère nord et sens contraire pour la dépression.



III) Dynamique de l'atmosphère

A. La circulation atmosphérique

Au niveau du globe terrestre, des bandes de hautes pressions figurent dans les basses latitudes (tropiques notamment). Les régions concernées sont alors sèches voire désertiques. Les bandes de basses pressions se situent le long de l'équateur et aux moyennes latitudes (zones arrosées du globe). Malgré le caractère variable des vents en surface, on peut déterminer des directions prédominantes selon les latitudes : d'ouest en est aux latitudes tempérées, d'est en ouest aux hautes latitudes.



Convergence
Intertropicale

La circulation atmosphérique dans l'hémisphère nord en surface (croquis simplifié)

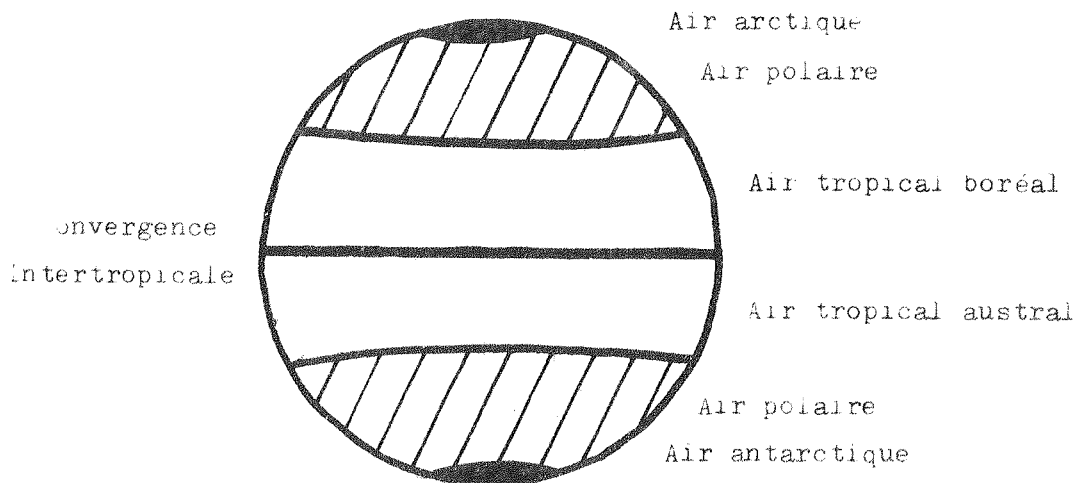
Les hautes pressions subtropicales contrôlent les alizés qui s'affrontent au niveau de la Convergence intertropicale (origine des moussons).

Les hautes pressions polaires dirigent les coulées d'air polaire qui rencontrent les grands vents d'ouest au niveau du front polaire.

B. Les masses d'air

L'atmosphère est formée de masses d'air horizontales relativement homogènes (température, humidité, densités de grandeur comparable en tous points de la masse d'air), mobiles et déformables. Seuls les milieux atmosphériques stables et cohérents ont pu permettre de telles formations ; il s'agit, par exemple du Sahara (masse d'air sèche et chaude) ou des régions polaires (masse d'air sèche et froide). Les moyennes latitudes, où l'air est constamment brassé ne sont pas favorables à l'élaboration de masses d'air homogènes qu'on pourrait qualifier de tempérées. C'est plutôt une zone d'affrontement qui met en contact air chaud et air froid.

Une organisation zonale des masses d'air du globe peut être mise en évidence :



À latitudes égales, deux masses d'air peuvent néanmoins se distinguer selon leur situation continentale ou maritime. Nous aurons par exemple, à la même latitude, un air tropical maritime au dessus de l'atlantique et un air tropical continental au dessus de la moitié sud des USA.

Comme les vents, les masses d'air sont déviées selon la loi de Coriolis.

Citons notamment l'air froid qui nous arrive de l'est en hiver et qui provient en fait directement des régions polaires.

Le temps qu'il fait est conditionné par les positions respectives des anticyclones et des dépressions qui favorisent ou réfrènt l'expansion d'une masse d'air.

C. Les fronts

Lorsqu'une masse d'air chaude rencontre une masse d'air froide, il se forme un front correspondant à la zone de contact entre ces deux masses d'air de nature différente. On parle de front froid lorsque la masse d'air froide s'insinue sous la masse d'air chaude et de front chaud lorsque l'air chaud glisse au-dessus de l'air froid.

Un front est dit stationnaire s'il ne se déplace pas. Sa présence engendre la formation de nuages libérant des précipitations abondantes.

Les fronts des moyennes latitudes, marquant la rencontre des masses d'air les plus contrastées du globe, sont les plus nets et forment une sorte de ceinture discontinue qui ondule sans cesse autour du globe. Un bon exemple est celui du front polaire qui sépare l'air polaire de l'air tropical. À noter qu'un front stationne plus volontiers sur une région en relief.

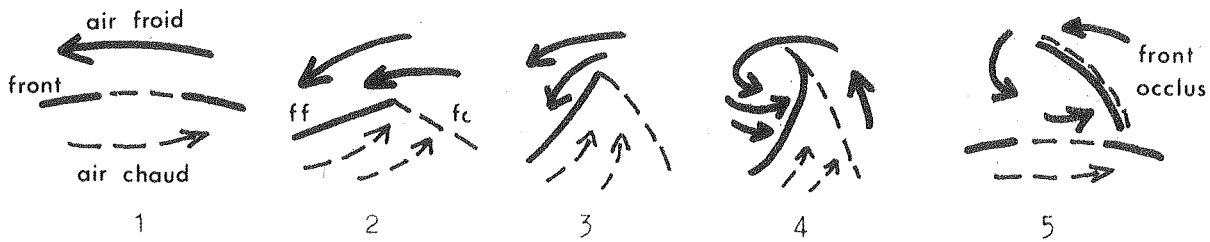
D. Naissance et structure d'une perturbation

Loin d'être régulière et uniforme, la circulation atmosphérique est affectée de troubles correspondant au jeu des masses d'air et des fronts. Ces troubles s'appellent des perturbations (et sont porteurs d'abondantes précipitations).

1) Naissance d'une perturbation

Les dépressions de nos climats se forment principalement sur le front polaire. Celui-ci subit des déformations dues à un écoulement perturbé de l'air. Un front chaud peut ainsi être rejoint par un front froid, les deux masses d'air froides tendant à se réunir.

Voici un schéma expliquant plus clairement le cycle d'une perturbation.



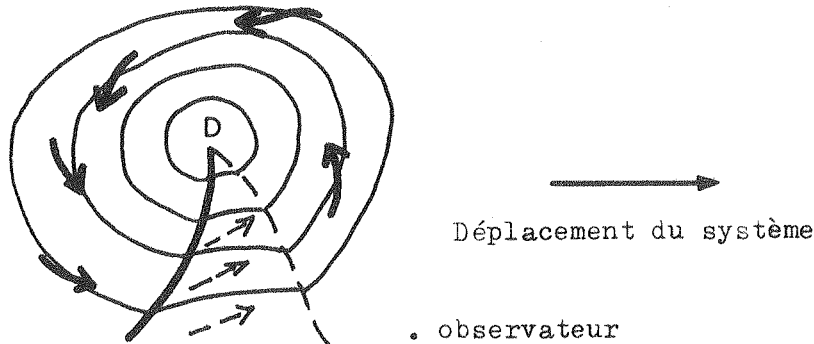
Sur le croquis n°5, le front froid se confond avec le front chaud. Les deux masses d'air froides se sont rejointes, l'air chaud ayant été expulsé en altitude. C'est la fin d'une perturbation.

2) Structure d'une perturbation

(voir schéma p.)

Imaginons ce que noterait chronologiquement un observateur en un point donné du globe au moment de l'apparition d'une perturbation cheminant d'ouest en est :

- 1 - secteur froid antérieur (masse d'air polaire) et vents faibles de sud à sud-sud-ouest.
- 2 - front chaud.
- 3 - secteur chaud (masse d'air tropicale ou polaire réchauffée); vents se renforçant et provenant du sud-ouest.
- 4 - front froid.
- 5 - secteur froid postérieur; rafraîchissement de la température; vents plus forts et plus irréguliers soufflant du nord-ouest.



Les fronts chauds et froids sont des secteurs privilégiés de condensation. Des formations nuageuses s'associent donc à chaque type de front :

- front chaud : stratus, nimbostratus, altostratus, cirrostratus.
- front froid : cumulonimbus, cumulus.

Notons pour conclure que la durée de vie d'une perturbation n'excède guère 2 à 3 jours. Par contre, elle chemine rarement en solitaire. Les perturbations se déplacent généralement en famille, la première étant la plus vieille (période d'occlusion) et la dernière la plus jeune (1er stade du développement); d'où un mauvais temps persistant, quelquefois pour plusieurs semaines.

IV) Les nuages

A. Formation d'un nuage

Rappelons tout d'abord que le taux de vapeur d'eau contenu dans l'air est proportionnel à sa température. Plus la température baisse, plus la saturation en humidité (100 %) survient rapidement.

Lorsque le seuil est atteint, l'air surchargé se transforme en fines gouttelettes d'eau : c'est la phase de condensation. Grâce aux phénomènes de convection (à l'origine des vents), l'air chaud s'élève et petit à petit se refroidit. La condensation de la vapeur d'eau au stade de saturation entraîne la formation d'un nuage. Jusqu'à l'isotherme 0°C, le nuage est constitué de gouttes d'eau; en dessous de 0°C se forment des cristaux de glace. Si l'ascendance de l'air est moins puissante que la pesanteur, le nuage libère des précipitations sous forme de pluie, de grêle ou de neige.

B. Différents types de nuages

Il existe une très grande variété de nuages; aussi nous contenterons nous de citer les plus caractéristiques d'entre eux, ceux en particulier qu'il faut être capable de reconnaître d'un seul coup d'oeil dans le ciel.

1. Les nuages à développement vertical

- Les cumulus : nuages séparés, denses, à contour net. Aspect de choux-fleur. Base sombre et horizontale. Type de temps : beau.
- les cumulus bourgeonnant : cumulus à extension verticale
- les cumulonimbus : nuages denses et puissants. Dans le quart supérieur du nuage, la forme d'enclume (dûe aux cristaux de glace) se substitue à l'aspect cotonneux. Type de temps : plutôt mauvais.

2. Les nuages supérieurs (altitude supérieur à 6 km)

- les cirrus : nuages séparés en bandes étroites. Aspect filamenteux. Type de temps : beau.
- les cirrocumulus (rare) : forme de nappe ou de couche mince. Aspect granuleux ou ridé.
- les cirrostratus : voile transparent et blanchâtre à travers lequel on distingue le soleil entouré d'un halo. Type de temps : bientôt mauvais (début d'une perturbation).

3. Les nuages moyens (altitude comprise entre 2,5 et 6 km)

- Les alto cumulus : couche de nuages blancs ou gris dont l'aspect peut être fibreux ou diffus. Type de temps : pluvieux pour peut-être plusieurs jours.
- les altostratus : couche de nuages grisâtres qui laisse néanmoins filtrer le soleil (pas de halo). Type de temps : variable et mauvais.

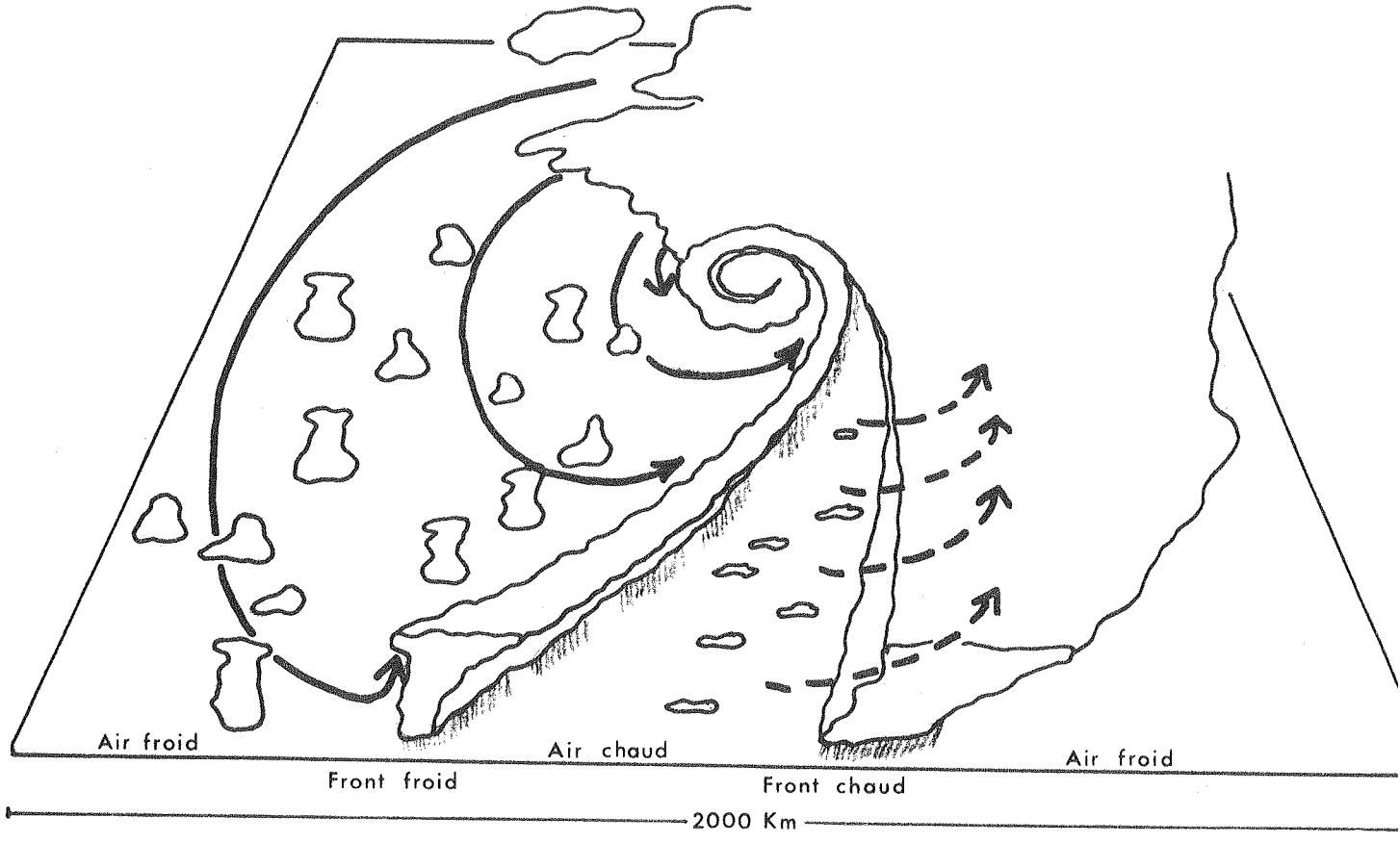
4. Les nuages inférieurs

- les nimbostratus : couche gris sombre. Le soleil est masqué. Type de temps : pleine perturbation donc temps pluvieux.
- les stratocumulus : couche ou bancs de nuages composés de "dalles", "galets" ou rouleaux". Type de temps : plutôt beau et stable.
- les stratus (très fréquents dans nos régions) : couche grise uniforme souvent génératrice de bruine. Type de temps : franchement mauvais !

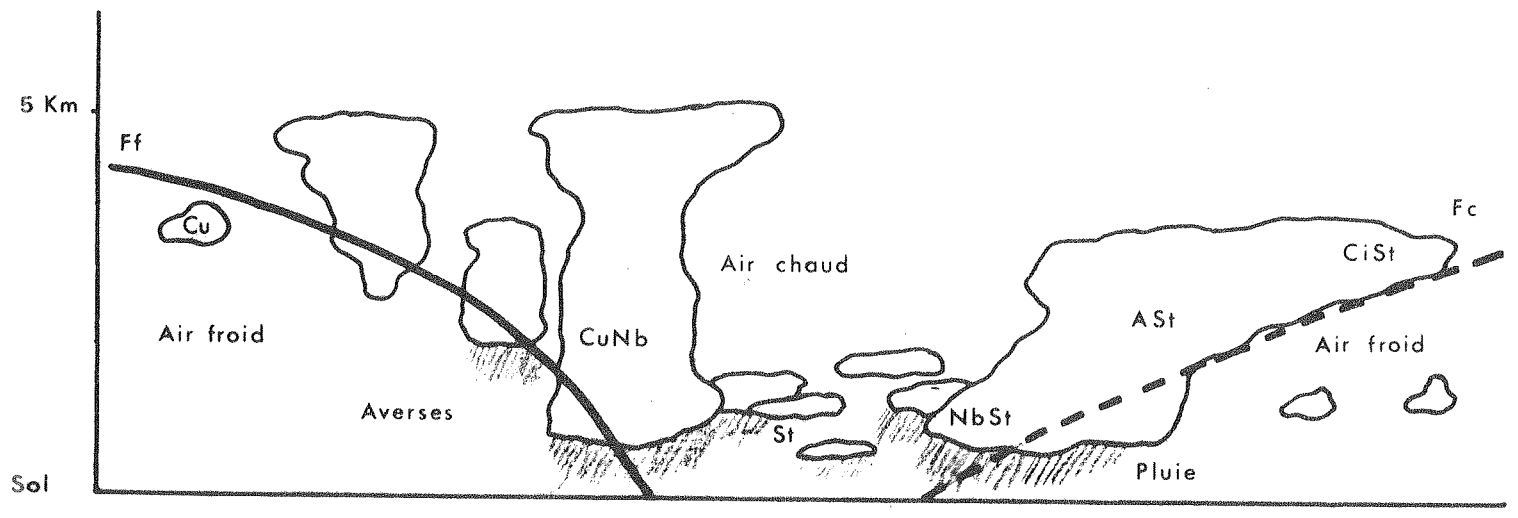
D'une manière générale, les nuages de basse altitude sont porteurs de mauvais temps, plus sûrement, en tout cas que les nuages de haute altitude (bien sûr, il y a des exceptions).

Bien que de nombreux nuages engendrent la pluie, il paraît important de ne pas associer systématiquement le nuage à un type de temps douteux, voire vraiment mauvais. Une exploration souterraine peut avoir lieu malgré un ciel partiellement couvert (et c'est d'ailleurs souvent le cas) si on a su définir le type de nuage et les caractéristiques du temps qui s'y rapporte. Dans l'optique d'une longue exploration, l'examen du ciel, seul, ne suffit pas. Il convient d'y ajouter de sérieuses prévisions météorologiques recueillies, si possible, dans les stations locales.

STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UNE PERTURBATION ET SYSTEME NUAGEUX CORRESPONDANT

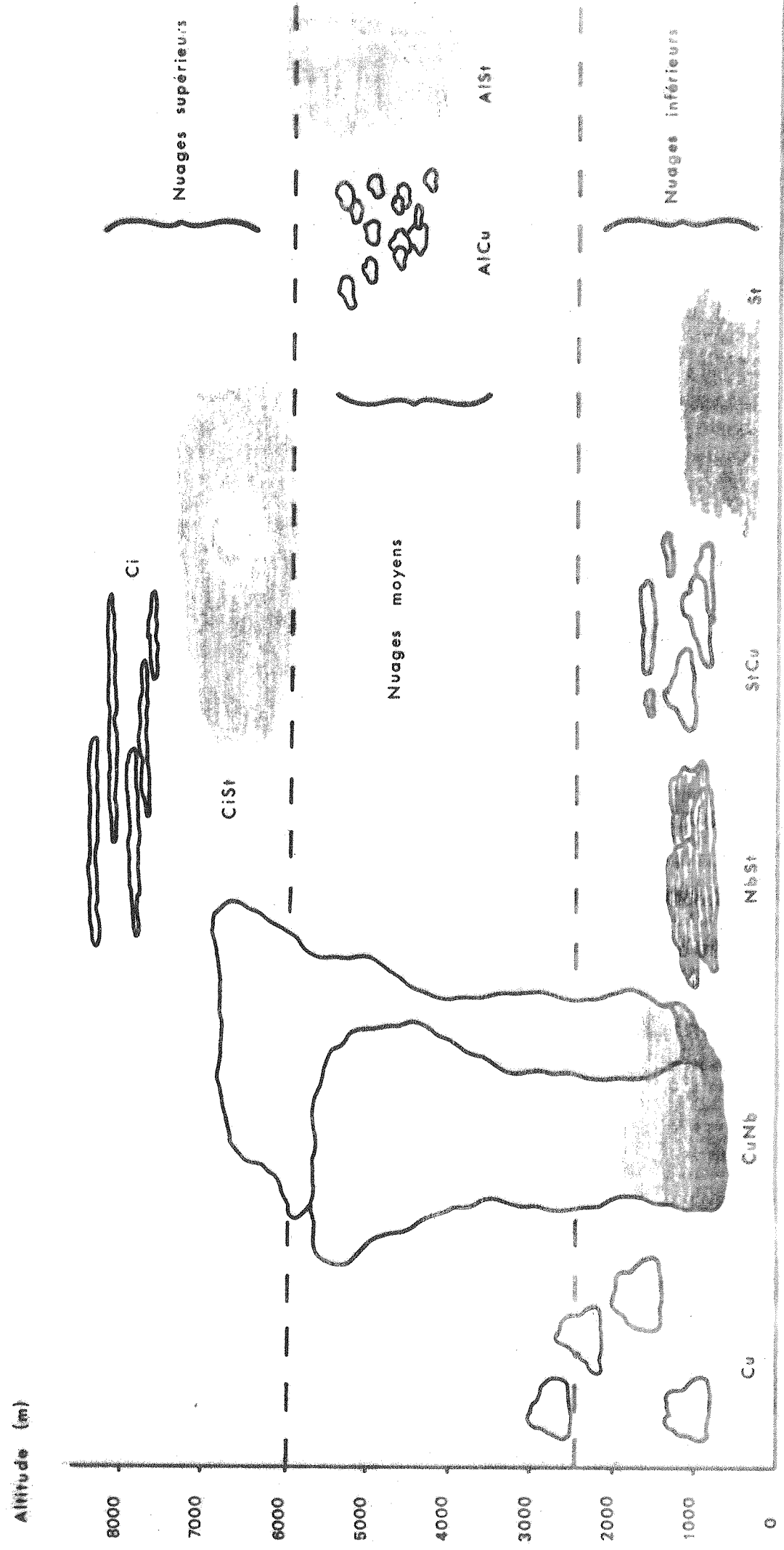


→
Sens du déplacement



Vue en coupe

PRINCIPAUX TYPES DE NUAGES



DEUXIEME PARTIE : MESURES DU TEMPS PREVISIONS METEOROLOGIQUES

Après un exposé théorique sur la climatologie, nous allons aborder une science plus concrète et plus facilement accessible à tous : la météorologie.

D'après la définition du dictionnaire, la météorologie est l'étude des phénomènes atmosphériques. Elle étudie les pressions (anticyclones, cyclones, dépressions), les courants (vents), les températures, la présence de l'eau dans l'atmosphère (nuages, précipitations : pluie, neige, brouillard).

1) Les instruments de mesure du temps

C'est seulement grâce à des mesures précises et régulièrement espacées dans le temps que le météorologue peut définir, puis prévoir un certain type de temps. Chaque phénomène atmosphérique peut être étudié de façon quantitative par l'utilisation d'instruments de mesure adaptés, généralement regroupés sous un abri météorologique (protection contre les intempéries, le soleil, les vents).

A. Le baromètre

Le baromètre sert à mesurer la pression atmosphérique, celle-ci évoluant selon le déplacement des dépressions et des anticyclones. L'important n'est pas la pression elle-même puisque sa valeur diffère selon l'altitude (et selon l'étalement plus ou moins correct du baromètre), mais la variation de la pression d'un instant donné à l'autre. Si la pression est stationnaire, le temps sera stable. Si par contre une variation significative se produit, on pourra évoquer la probabilité d'un changement de temps.

Les principales unités de pression utilisées sont le mm de mercure et le millibar (1 mbar = 0,76 mm de mercure = 10^2 Pascals).

B. L'atmosphère et la girouette

Ces deux instruments indiquent la vitesse et la direction du vent. Il est conseillé de les installer à bonne hauteur (une dizaine de mètres) du sol et loin de tous obstacles pour éviter les influences du relief, de la végétation...

1) La direction

Elle s'exprime en fonction de la rose des vents (N - E - S - W) ou en fonction des degrés d'un cercle, selon la précision désirée.

Quelle que soit l'unité de mesure employée, elle indique toujours la provenance du vent : un vent de secteur nord est un vent qui souffle du nord. La direction d'un vent est essentielle dans le relevé des observations puisqu'elle permet de déterminer le type de masse d'air qui évolue et la position de l'anticyclone (ou de la dépression) le plus proche.

2) La vitesse

La vitesse du vent est une mesure plus aléatoire (irrégularités fréquentes). Elle s'exprime en Km/h ou en noeuds (1 noeud = 1,85 Km/h).

Un vent soufflant à 10 Km/h est une brise agréable; au-delà de 70 Km/h, il est capable de casser les branches d'un arbre, c'est un vent de tempête.

C. Le pluviomètre

Le pluviomètre est un récipient gradué recueillant l'eau de pluie tombée chaque jour. Dans le cas des stations de montagne, c'est la hauteur d'eau de fusion nivale qui est mesurée. Le récipient est conçu de manière à éviter les éclaboussures et les infiltrations diverses de l'extérieur et à empêcher toute évaporation. Les hauteurs de précipitations s'expriment en mm.

Les pluviographes enregistrent les chutes d'eau à mesure qu'elles se produisent et permettent donc d'affiner les mesures.

Dans les régions montagneuses, le nombre des stations doit augmenter pour palier les variations locales de la pluviométrie (différences d'un bassin versant à l'autre, par exemple).

D. Le thermomètre

Instrument de mesure de la température, le thermomètre peut se présenter sous deux formes :

- le thermomètre simple : mesure instantanée de la température

- le thermomètre maxima/minima : il complète la mesure simple par la mesure des extrêmes.

Le relevé des températures peut être utile pour définir un type de climat très local. Il n'est pas toujours significatif à plus grande échelle. Plus que toute donnée atmosphérique, la température est soumise à de nombreuses variations. Ce sont, entre autres, les oscillations diurnes, saisonnières..., l'influence de la surface terrestre, du couvert nuageux, des grandes étendues d'eau... etc.

E. L'hygromètre

L'hygromètre est destiné à mesurer l'humidité de l'air (exprimée en %). Deux types d'appareils existent :

- l'hygromètre à cheveu, basé sur la variation de longueur du cheveu : plus le pourcentage de vapeur d'eau contenu dans l'air est important, plus le cheveu s'allonge.
- le psychromètre, composé de deux thermomètres l'un à réservoir sec, l'autre à réservoir humide que l'on fait tourner jusqu'à ce que l'eau s'évapore. Le refroidissement indiqué par ce thermomètre sera d'autant plus important que l'air est sec. Si les deux températures sont identiques, c'est que l'air est saturé (hygrométrie de 100 %). Sinon, il suffit de calculer :

$$H \text{ (hygrométrie)} = \frac{\text{Quantité de vapeur pour la température de l'air humide}}{\text{Quantité de vapeur pour la température de l'air sec}}$$

Il existe des tables de correspondance entre la température de l'air et la quantité de vapeur d'eau saturante.

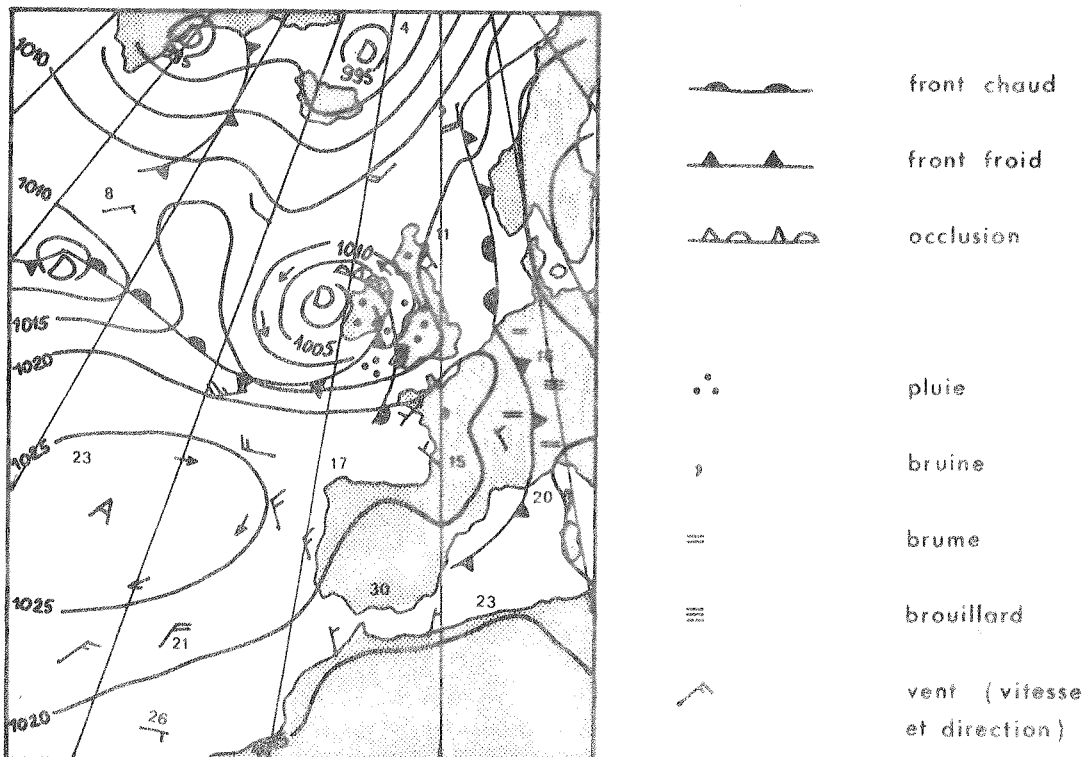
Voilà donc présentés brièvement les instruments les plus simples de la mesure des phénomènes atmosphériques. Pour une bonne analyse du temps, il faut y ajouter l'étude du ciel et plus particulièrement des nuages. Concrètement, le relevé de ces mesures est suivi d'un report sur cartes permettant l'exploitation des résultats, puis l'interprétation.

II) L'exploitation des résultats : la carte synoptique

Afin de ne pas alourdir ce paragraphe par des notions trop générales, nous proposons d'étudier la carte synoptique à partir d'un exemple précis. Le but n'est pas, en effet de connaître tous les mécanismes de fabrication des cartes, mais plutôt de les comprendre et d'en tirer des informations sur le temps à venir.

La carte synoptique est une vue d'ensemble de la situation atmosphérique à un instant donné. C'est une carte de surface qui analyse les phénomènes au sol. Sa diffusion est assurée par la Météorologie Nationale au moyen du Bulletin Quotidien de Renseignements (BQR). Le journal "Le Monde" imprime chaque jour des cartes de situation et de prévisions accompagnées d'un bref commentaire.






A. Description de la carte synoptique (exemple de la situation au 3/X/82)



A la base, on utilise un fond de carte géographique. Il s'agit ici de l'atlantique est et de l'Europe occidentale. Les méridiens et les parallèles sont représentés (abstraction volontaire des parallèles dans notre exemple pour un meilleure lecture de la carte).

Quels sont les symboles utilisés sur une carte synoptique et que signifient-ils? On observe tout d'abord des courbes plus ou moins espacées, accompagnées d'un nombre (1020, 1025 ...). Ces courbes sont des isobares délimitant des centres d'action noté A (anticyclone) ou D (dépression). Sur notre exemple, on trouve une dépression au-dessus de l'Irlande (isobare la plus faible : 1000 mbar) et un anticyclone sur l'atlantique, à la hauteur de l'Espagne (isobare la plus élevée : 1025 mbar). On remarque ensuite des fronts chauds et froids sur l'atlantique nord ainsi qu'un front occlus au centre de la dépression d'Irlande.

Cette situation atmosphérique engendre :

- des vents, matérialisés par le symbole 
- | | | |
|------------|------------------------------------|---|
| exemples : | vent d'ouest (1 à 2 noeuds) |  |
| | vent d'ouest (3 à 7 noeuds) |  |
| | vent de nord (8 à 12 noeuds) |  |
| | vent d'est (13 à 17 noeuds) ...etc |  |

- des précipitations

On observe en effet du brouillard () sur l'Allemagne, de la bruine () sur l'ouest et d'abondantes précipitations () sur l'Angleterre et l'Irlande.

Les températures figurent également sur la carte synoptique; ce sont les nombres en petits caractères (on lit, par exemple 30° au sud de l'Espagne, 21° sur les côtes méditerranéennes françaises ...).

Sur les cartes plus précises et à plus grande échelle, on trouvera des détails concernant les précipitations (pluie, neige, averse, orages...), la nébulosité, l'état du sol ...

B. Interprétation de la carte synoptique

C'est essentiellement la position des centres d'action et des fronts qui est importante. Ce sont eux qui déterminent le temps. Dans la situation qui nous intéresse, la dépression située au-dessus de l'Irlande apporte le mauvais temps sur l'Europe occidentale. On peut prévoir pour la France, à échéance de 2 ou 3 jours un temps couvert, frais et humide, correspondant au déplacement d'ouest en est de la dépression. Un vent d'ouest, puis de nord-ouest accompagnera le passage de cette zone de basses pressions. Une amélioration du temps semble illusoire puisqu'une deuxième dépression encore lointaine et peu marquée apparaît à l'ouest de la première.

L'Espagne, par contre, bénéficie des effets de l'anticyclone des Açores : il y fait beau et chaud. Le temps a des chances de rester stable.

L'idéal est de posséder deux cartes du temps à 1 jour d'intervalle et de les comparer, pour en déduire l'évolution des perturbations.

III) Les prévisions météo

A. Evolution et situation actuelle

Depuis une vingtaine d'années, la multiplication des stations d'observations (en France 184 stations principales, 7 ballon de radio-sondage, 2 navires météo), et l'usage des ordinateurs ont permis un affinement des méthodes de prévisions.

En 1960, on pouvait prévoir le temps sur 48 h.

En 1985, la prévision s'étend à 5 jours.

En 2000, on espère une prévision à 10 jours.

Il paraît toutefois utopique d'aller au-delà.

En général, les prévisions à court terme se révèlent bonnes. En ce qui concerne les prévisions à long terme, plusieurs problèmes nuisent à la qualité du travail effectué :

- le nombre des stations météo dans le monde est réparti sur les 2/10 ème de la planète (hémisphère nord essentiellement et continents); or c'est par exemple au-dessus de l'océan atlantique que naissent les grosses perturbations atteignant l'Europe.

- la collecte des mesures n'est pas complète et surtout manque de précisions. Le relief, la nature des terrains, la température des océans sont autant de facteurs qui ne sont pas pris en compte (et pour cause!) et qui, pourtant, ont une influence sensible sur le climat.

- en admettant qu'on puisse multiplier encore les données, l'ordinateur (bien que le plus puissant du monde) arriverait vite à saturation.

Actuellement, grâce au nouvel ordinateur très performant mis en place en 1984 au centre européen de prévisions météo (près de Londres), on peut publier des prévisions à 10 jours. Mais le temps ne sera pas décrit très précisément au-delà du 5 ème jour. Après le 10ème jour... méfiance !

Et même s'il est possible de faire encore des progrès dans le domaine de la prévision météo, il restera toujours des phénomènes inattendus perturbant brusquement le temps prévu; par exemple, l'influence des éruptions volcaniques, en particulier sur la température et la pluviosité, a été scientifiquement mise en évidence par les chercheurs britanniques.

Mais revenons à notre échelle, celle d'une région ou d'un massif. Après s'être inquiété des prévisions nationales, il nous faudra compléter par des informations régionales.

B. Les prévisions régionales

Au niveau national, sont établies chaque jour des cartes de prévisions à 24h, 36h... concernant tous les phénomènes atmosphériques. Elaborées par l'ordinateur, ces cartes sont directement transmises aux stations régionales qui possèdent des terminaux (visualisation immédiate des images radar et satellite). Les météorologues régionaux sont alors chargés d'interpréter selon les données physiques locales (relief, végétation, étendues d'eau...).

Bien qu'une erreur soit toujours possible, on peut, avec raison, faire confiance aux stations régionales, surtout dans le cas de prévision à court terme. Pour information, nous avons fait figurer en annexe la liste des stations météo susceptibles d'être utile aux spéléos, c'est-à-dire celles des principales régions karstiques.

C. L'information par les médias

Les prévisions météo diffusées par la télévision, si elles se révèlent souvent justes, restent malgré tout très générales et trop simplifiées pour nous être d'une quelconque utilité. Il faut savoir, en outre, que les prévisionnistes sont avant tout des journalistes. La plupart procèdent grâce à leur laboratoire personnel et ne font pas forcément référence aux bulletins de la météo nationale. A la radio par contre, on note la présence de deux professionnels, R. CHABOUD et J. KESSLER tous deux ingénieurs de la météorologie nationale et qui préparent leurs prévisions pour les auditeurs de "France-Inter". Elaborées grâce aux cartes de la météo nationale et à celles du centre de Reading (centre européen de météo) ces prévisions sont certainement les plus fiables. Dans le domaine de la presse, on cite tout d'abord le quotidien "Le Monde", qui imprime chaque jour des cartes de situation et de prévisions météo permettant à chacun de juger par lui-même. Certains quotidiens ou hebdomadaires régionaux doivent également publier des prévisions météo. Il est souhaitable alors de se renseigner sur les sources de l'information.

En conclusion, la météorologie, si elle n'est pas le jeu du hasard, n'est pas tout à fait encore une science exacte. C'est une des rares disciplines qui a le droit à l'erreur. Et devant la réaction souvent bougonne et injuste des gens face à un imprévu du temps, il faut tout de même préciser que des prévisions à 24 h se vérifient dans 85 % des cas, ce qui est un pourcentage tout à fait honorable (à 10 jours, elle ne sont vérifiés que dans 60 % des cas).

TROISIEME PARTIE : LE TEMPS ET SES CONSEQUENCES SUR UN MASSIF KARSTIQUE

Le spéléo, maintenant averti des conditions météorologiques, est apte à juger s'il n'est pas risqué de s'engager sous terre. De son estimation, dépendra le bon déroulement de l'exploration.

Trois cas se présentent généralement :

- il fait beau; le temps est stable. Il n'y a alors pas à hésiter.
- il fait franchement mauvais; une pluie persistante et abondante tombe depuis bon nombre d'heures. Là, pas d'hésitation non plus; seuls, les suicidaires ou les inconscients s'aventurent quand même.
- le temps est mitigé; pleuvra-t-il ? ne pleuvra-t-il pas ? Malgré de bonnes informations, on n'a pas forcément acquis de certitude.

C'est dans cette troisième situation (de loin la plus fréquente) qu'il faudra avoir un jugement sur les conséquences immédiates d'un réchauffement, d'un refroidissement ou d'une averse plus ou moins prévue. Savoir comment l'eau pénètre dans le sol et ce que l'on a des chances de devoir affronter sous terre est également de la compétence de tout spéléo conscient des risques encourus.

C'est pourquoi il nous a paru bon de consacrer cette troisième partie aux conséquences de certains types de temps sur une région karstique, c'est-à-dire en fait, aux facteurs de déclenchement des crues souterraines.

1) La pénétration de l'eau dans le sol

A. Généralités

L'eau de pluie, lorsqu'elle arrive au sol, se partage en trois fractions :

- Une partie s'évapore
- une partie ruisselle
- une partie s'infiltré

L'évaporation dépend de la température et du couvert végétal (on parle alors d'évapotranspiration). La vapeur d'eau se retrouve de nouveau dans l'atmosphère.

Le ruissellement est souvent très faible puisque le calcaire est une roche perméable en grand, c'est à dire que l'eau se perd rapidement dans les nombreuses fissures.

Quant à l'infiltration, c'est la fraction d'eau qui nous intéresse puisque c'est elle qui alimente les nappes souterraines. Elle représente la quasi-totalité de l'eau de pluie dans le cas des karsts de haute montagne (absence de ruissellement, évapotranspiration extrêmement faible).

Cette infiltration peut se faire sous trois formes :

- infiltration diffuse (dans le cas, par exemple d'une couverture morainique masquant le substratum rocheux)
- points d'absorption localisés : dolines, gouffres, pertes
- points d'absorption dispersés : fissures d'un lapiaz

Dans les deux derniers cas et quel que soit le type de précipitations (pluie, averses, orages), l'eau s'acheminera vers les profondeurs pratiquement sans aucun ralentissement. La réaction des écoulements souterrains sera d'autant plus rapide que le sol est mince, discontinu ou totalement absent.

Enfin, il est bien évident que le gouffre-perte (ou la grotte) est la plus dangereuse des cavités, la réaction avec la pluviosité étant immédiate.

B. Rôle des saisons et du type de précipitation

En été, des pluies faibles ne s'infiltreront que très peu; elles sont rapidement absorbées par l'évaporation et par la végétation (si elle existe). De fortes pluies séparées par des périodes de sécheresse ont également un impact très modeste. Il faut savoir, enfin, que des pluies fines et prolongées pénétreront plus facilement que des pluies d'orage (sauf pour des lapiés dénudés).

Les mêmes pluies survenant l'hiver auront d'autres conséquences, l'évaporation étant bien moindre et la végétation, diminuée, perdant beaucoup de sa vitalité (donc de ses besoins en eau). Des pluies prolongées, même de faible intensité parviendront à saturer le sol; c'est assez souvent le cas dans les régions de moyenne montagne. Il n'y a plus alors de rétention d'eau. La quantité d'eau précipitée passe directement dans les profondeurs, malgré la présence d'un sol.

Pour ce qui est de la neige plusieurs cas se présentent. Une couche de neige épaisse est une source liquide permanente, c'est-à-dire que l'eau de fusion s'infiltrera toujours quelle que soit la température extérieure. En effet, l'épaisseur de l'amas neigeux gêne la pénétration des ondes de froid, et conserve au niveau du sol une température de 0°.

Sous terre, il ne sera pas question de crue mais seulement de niveau de hautes eaux. Dans le cas d'une couche de neige trop mince pour protéger le sol, la perméabilité du terrain peut devenir nulle si la température descend en dessous de 0°C. Une période de gel prolongé peut ressembler à une période de sécheresse estivale, du moins en ce qui concerne les niveaux d'eau souterrains.

Les périodes à proscrire, en particulier en montagne, pour la pratique de la "spéléo aquatique" sont celles des mois printaniers. La fonte brutale des neiges provoque inévitablement des crues, surtout si la pluie s'en mêle. Mais l'effet de la pluie sur la neige, même s'il nous apparaît comme le pire des cas, n'est pas instantané; en effet, la neige absorbe la pluie dans la proportion maximum de 70 % de son poids. Lorsque ce seuil est atteint (on observe alors un net tassement de l'amas neigeux), la fusion se produit, brutalement et en bloc.

Vers la fin de l'hiver, lorsqu'il gèle encore la nuit, il est préférable d'organiser de courtes explorations débutant tôt le matin. On évite ainsi le risque de crue de l'après-midi due au réchauffement de l'atmosphère (hausse de la température, radiations solaires). Dans le cas d'un gouffre s'ouvrant sur un versant, il faut prendre en compte, en plus des autres données, l'exposition du versant (adret ou ubac). Un chaînon montagneux orienté ouest-est peut subir au même moment, le gel de son versant nord et le dégel de son versant sud. C'est une situation courante au printemps, plus rare en hiver (durée du rayonnement solaire bien inférieure).

C. Influence du couvert végétal

La végétation joue un rôle régulateur vis à vis des précipitations. Son absence se traduira par une pénétration rapide et totale des eaux dans les couches inférieures. Tout dépendra alors du degré de fissuration des calcaires. Les régions karstiques concernées sont essentiellement la haute montagne (Alpes, Pyrénées) mais aussi les Causses, dont la végétation, trop maigre, ne peut assumer la fonction d'absorption. En revanche, l'action de la couverture végétale a son importance dans les karsts de moyenne montagne, ou de bas plateau (Jura, préalpes...). Il faut savoir que la quantité d'eaux météoriques soustraite à l'infiltration en profondeur se répartit en deux catégories.

1) rétention par la végétation (les gouttes d'eau s'accrochent aux branches, feuilles, fleurs...) : action externe

2) attirance par les racines (eau de capillarité): action interne

C'est donc dans les régions forestières que la végétation est la plus active par rapport aux précipitations. La puissante transpiration de arbres provoque un assèchement des sols et un abaissement de la nappe phréatique. Précisons, à titre indicatif, qu'un sol forestier peut absorber jusqu'à 10 fois son poids en eau. Lorsque la couche d'humus est saturée, on a alors un drainage par gravité, de type lent et diffus.

Pratiquement, cela signifie que dans l'éventualité d'un orage ou d'une hausse brutale de la pluviosité, la crue peut survenir avec plusieurs heures de retard. Tout dépend des conditions météo antécédentes; si le temps était sec depuis quelques jours, il est probable que la végétation absorbe l'eau de pluie des premières heures. Sinon, il y a de quoi hésiter !

Terminons par la neige, que l'absence de végétation laissera se déposer en couche épaisse. Sous couvert forestier, l'interception par les branches des arbres diminuera l'épaisseur de la couche. Lors du réchauffement de l'atmosphère, cette neige fondra plus lentement, provoquant un écoulement diffus et permanent dans les fissures de la roche.

II) Action des températures

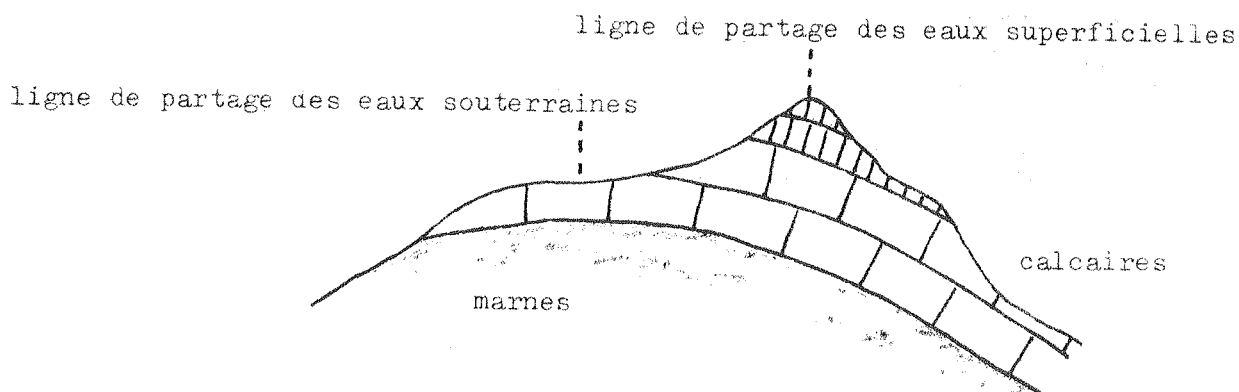
Au cours des paragraphes précédents, il a déjà plus ou moins été question du rôle des températures. En fait, il n'est pas évident de dissocier les deux agents climatiques pluie et température, leur action se trouvant souvent conjuguée. Rappelons simplement que des températures élevées favorisent l'évaporation et donc engendrent une diminution de la quantité d'eau infiltrée.

Des températures inférieures à 0°C vont provoquer le gel du sol jusqu'à une profondeur variable. Il n'y aura alors plus aucune infiltration provenant de l'extérieur. Une semaine de gel à -15°C, par exemple, pourra "figer" un sol jusqu'à 30 à 40 cm de profondeur; et il faudra attendre 24 à 48 heures, après réchauffement de l'atmosphère pour voir s'infiltrer les premières gouttes d'eau d'une pluie déjà ancienne. Dans ces conditions, un niveau de nappe phréatique (ou de rivière souterraine) peut baisser largement encore, même après déclenchement de pluie abondantes. C'est sans doute le seul cas où le spéléo peut "ignorer" de mauvaises conditions climatiques, bien qu'il ne faille tout de même pas exagérer la durée de l'exploration. Et psychologiquement, ce n'est pas très engageant ...

III) Connaissance des bassins d'alimentation

On appelle bassin d'alimentation la surface receptrice des eaux qui alimentent une nappe phréatique ou une rivière souterraine. Il est donc important, en plus des caractères géologiques et biogéographique, de connaître les limites d'un bassin d'alimentation. Le cas du massif calcaire est le plus délicat à traiter puisqu'il n'existe pas d'écoulements superficiels. La ligne de partage des eaux est donc invisible en surface. On ne peut pas non plus se fier aux formes du relief, le pendage des couches et la fracturation (failles, décrochements) ayant une influence certaine sur l'organisation du réseau hydrologique souterrain.

Exemple d'un relief non conforme à la structure géologique :



Dans l'exemple dessiné, il faudra prendre en compte les précipitations tombant sur les deux versants de la montagne; ce qui paraît peu plausible à première vue, lorsqu'on ne connaît que le relief.

Les meilleures conditions d'une parfaite connaissance d'un bassin d'alimentation (rarement toutes réunies) sont les suivantes :

- le niveau calcaire et ses limites sont connus
- toutes les sorties d'eau au niveau de la couche perméable sont contrôlées; leur débit est mesuré
- on connaît :
 - . la superficie du niveau calcaire
 - . la pluviométrie moyenne sur ce niveau

Il est alors possible d'évaluer la part des eaux infiltrées et celle des eaux condensées, par rapport aux quantités d'eau précipitées. Dans la pratique, il est naturellement bien rare de parvenir à un résultat satisfaisant. Il existe beaucoup trop de facteurs inconnus (par exemple, la présence d'une nappe souterraine à des niveaux inférieurs).

Mais, même s'il n'est pas possible de connaître parfaitement une région karstique lorsqu'on organise une sortie spéléo, il peut être tout de même judicieux de se renseigner sur quelques aspects typiques du massif (notamment dans le domaine de la géologie et du climat local).

La notion de bassin d'alimentation a son importance, surtout en ce qui concerne le volume et la durée de la crue. Et le volume des cavités n'est (hélas!) pas forcément en rapport avec l'extension géographique du bassin d'alimentation.

Avec ces quelques notions sur l'influence du climat, le spéléo devrait être en mesure d'imaginer, grosso modo, la façon dont s'organise (ou se désorganise) l'hydrographie souterraine en fonction du temps. L'intérêt est de savoir appliquer à chaque région selon ses caractéristiques, ce que l'on vient d'apprendre. Il est probable que le même type de temps n'aura pas tout à fait les mêmes conséquences sur un bas plateau jurassien que sur un karst haut-alpin. Malgré tout, il arrivera que l'on se laisse surprendre par une crue; à nous alors de juger s'il y avait erreur dans les estimations ou si le phénomène était imprévisible.

CONCLUSION

Le mauvais temps est responsable de bien des accidents sous terre.

Quelques crues tristement célèbres sont encore dans nos mémoires :

- Grotte de la Creuse (Doubs) - 1950 : 6 spéléos noyés
- Goule de Foussoubie (Ardèche) - 1963 : 2 spéléos noyés
- Traversée Bel Espoir-Diau (Savoie) - 1982 : dénouement heureux, pas de victime

En fait, la noyade est la conséquence première de la crue; mais elle n'est pas la seule. L'épuisement du spéléo qui a donné le maximum de lui-même pour s'en sortir, incombe également à la crue (rappelons, à ce sujet, l'accident survenu à la Tanne aux Enfers (Savoie) en 1965, où un des spéléos est mort d'épuisement après avoir affronté la crue; il était alors pratiquement sorti).

Outre le facteur malchance qui existe toujours vis à vis du temps, il reste des causes que nous pouvons toujours combattre. Nous ne saurions trop inciter les spéléos à quérir de sérieuses informations sur la météo, lorsqu'ils se préparent à aller sous terre. Insistons donc une dernière fois sur l'aspect prévention de la crue (car après, c'est bien souvent trop tard...). Il serait bon en effet, que chaque spéléo n'ait pas forcément fait une première expérience dans ce domaine pour devenir prudent.

Il est donc recommandé, avant l'explo de :

- choisir une période de temps relativement sec (éviter les mois réputés pluvieux, les périodes de fonte des neiges)
- se renseigner sur les prévisions météo
- avoir un minimum de connaissances sur le massif concerné

Si l'on juge le risque limité et l'explo possible, il est impératif d'emporter :

- de la nourriture
- du carbure et des piles de rechange
- une couverture de survie par personne

Il faut savoir, enfin, que les caractéristiques des crues dans leurs déclenchement et dans leurs durées) sont aussi diverses que les cavités le sont dans leurs formes.

En tout état de cause, il vaut mieux attendre les secours (de préférence au sec et dans les hauteurs) que tenter de sortir. Bon nombre d'accidents l'ont prouvé.

Si nous avons travaillé sur le thème du temps, c'est avec l'espoir de sensibiliser un maximum de spéléos aux problèmes de la crue. Puissent-ils y réfléchir avant de s'engager pour longtemps sous terre.

ANNEXE

Liste des stations météorologiques auprès desquelles vous pouvez vous renseigner. Seuls les départements à massifs calcaires sont cités.

AIN	Station météo-aérodrome	74 38 21 58	GUADELOUPE	Centre météorologique	(19 590) 82 03 72
	01500 AMBERIEUX EN BUGEY	74 38 38 77 †		Aérodrome de Raizet- BP 285	83 64 00 †
				97158 POINTE A PITRE Cedex	83 64 01 †
ALPES HTE PROVENCE	Station météo	92 64 17 33	HAUTE GARONNE	Station météo	61 71 11 32
	Aérodrome Château Arnoux	92 64 90 50 †		Aéroport Toulouse Blagnac	61 71 02 76 †
	04600 ST AUBAN S/DURANCE	92 64 90 60 †		31700 BLAGNAC	61 71 11 12 †
HAUTES ALPES	Station météo	92 21 07 91	ISERE	Station météo	61 41 11 32
	Place du Gal Eberle	92 21 01 32 †		Base aérienne 101	(poste 2207)
	05100 BRIANCON			31066 TOULOUSE Cedex	
	Station météo	92 43 10 16		Station météo	76 65 40 56
	Chemin des trois croix	92 43 09 80 †		Aérodrome Grenoble St Geoires	
	05200 EMBRUN			38590 ST ETIENNE ST GEOIRS	
ALPES MARITIMES	Station météo	93 47 20 48	MARNE	Station météo	76 54 29 63
	Bloc technique-aérodrome			Domaine universitaire BP 24	76 51 11 11 †
	06150 CANNES LA BROCA			38402 ST MARTIN D'HERES Cedex	
	Station météo	93 83 17 24		Station météo	26 47 54 19
	Aéroport Nice-Côte d'Azur	93 72 31 31 †		51090 REIMS Cedex	26 88 63 63 †
	06056 NICE Cedex	93 72 31 33 †			
AUBE	Station météo	25 74 68 86	NIEVRE	Station météo-aérodrome	86 57 33 19
	Aérodrome Troyes-Barberey	25 74 65 00 †		58000 NEVERS	86 57 03 24 †
	10600 LA CHAPELLE ST LUC				
AVEYRON	Station météo	65 60 05 33	PYRENEES ATLANTIQUES	Station météo	59 24 20 73
	Soulobres	65 60 78 99 †		Aérodrome Biarritz-Anglet	59 22 03 30 †
	12100 MILLAU			64600 ANGLET	
COTE D'OR	Station météo-aérodrome	80 91 02 82	HAUTES PYRENEES	Station météo	59 27 33 87
	21400 CHATILLON/SEINE			Aérodrome Pau-Uzetn -BP 39	59 27 50 50 †
				64016 PAU	
	Détachement météorologique	80 66 51 36		Station météo	62 34 44 18
	Dijon Air	80 66 52 00 †		Aérodrome d'Ossun -BP 6	62 34 77 77 †
	21032 DIJON Cedex			65290 JUILLAN	
DOUBS	Station météo	81 50 35 01	PYRENEES ORIENTALES	Station météo	68 61 03 38
	36 av. de l'Observatoire	81 50 47 10 †		Aérodrome Perpignan-Rivesaltes	68 61 30 52 †
	25000 BESANCON			66000 PERPIGNAN	
DROME	Station météo-aérodrome	75 01 29 27	RHONE	Centre météo régional	78 26 79 00
	26200 MONTE LIMAR	75 01 83 50 †		Aéroport Lyon-Bron	78 26 73 74 †
				69500 BRON	78 26 90 34 †
GARD	Station météo	66 92 60 01	SAVDIE	Station météo	79 07 04 36
	Mont Aigoual	66 92 62 12 †		73700 BOURG ST MAURICE	79 07 06 26 †
	30570 VALLERAUGUE				79 07 08 24 †
	Station météo	66 26 02 77		Station météo	79 63 40 20
	Aérodrome Nîmes Courbessac	66 67 08 02 †		Aérodrome Chambéry-Aix	79 61 58 55 †
	30000 NIMES	66 26 08 88 †		73420 LE VIVIERS DU LAC	

HAUTE SAVOIE	Station météo	50 53 21 41	VAUCLAUSE	Station météo	90 63 07 56
	Maison de la Montagne	50 53 03 40 †		Hameau de Serres	90 63 30 99 †
	190 place de l'église	50 53 17 11 †		84200 CARPENTRAS	
	74402 CHAMONIX				
VAR	Station météo EA/ALAT	92 60 74 84	YONNE	Station météo	86 52 17 04
	Le Cannet de Maures	(poste 317)		St Georges / Baulches	86 51 10 44 †
	B3340 LE LUC EN PROVENCE	94 73 47 47 †		89000 AUXERRE	
	Station météo	94 51 29 63	TERRITOIRE	Station météo	84 28 15 06
	B.A.N. Fréjus St Raphaël	94 53 79 20 †	DE BELFORT	Haute Perches	84 28 26 30 †
	B3700 FREJUS ST RAPHAEL			90000 BELFORT	
	Station météo	94 41 53 82			
	449 av. de la Mitre	94 41 45 59			
	B3000 TOULON	94 46 90 11 †			

† : informations enregistrées sur répondeur.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GENERAUX

- R. CLAUSSER, FACY Léolpold - 1959 - Les nuages - le Rayon de la Science
- F. DURAND-DASTES - 1969 - Géographie des airs - Coll. "Magellan" - P.U.F.
- G. ESCOURROU - 1970 - Climat et environnement-les facteurs locaux du climat - Coll. Géographie - Masson
- P. ETIENNE, a. GODARD - 1970 - Climatologie - Collection U - COLIN
- R. FRECAUT, P. PAGNEY - 1978 - La climatologie et hydrologie fluviale à la surface de la terre -
Coll. C.D.U. et SEDES
- A. HUETZ DE LEMPS - 1970 - La végétation de la terre - Ed. Masson et Cie
- J. LOUP - 1981 - Les eaux terrestres - Ed. Masson et Cie
- METEOROLOGIE NATIONALE - 1980 - La mesure météorologique au niveau de l'amateur
- P. PAGNEY - 1973 - La climatologie - Coll. "Que sais-je ?" - P.U.F.
- TRIPLET, ROCHE - 1971 - Météorologie Générale - Ed. de la Météo Nationale
- F. TROMBE - 1969 - Les eaux souterraines - Coll. "Que sais-je ?" - P.U.F.
- A. VIAUT - 1978 - La météorologie - Coll. "Que sais-je ?" - P.U.F.
- G. VIERS - 1968 - Elements de climatologie - Coll. FAC - NATHAN
- I. VIRGATCHIK - 1981 - Le guide marabout de la Météorologie et des Micro-climats - Ed. Marabout

ARTICLES DE REVUES

Ces articles ont le mérite d'être récents et compréhensibles par tout le monde.
Les progrès de la prévision météo y sont notamment abordés et actualisés.

CA M'INTERESSE - juillet 1985 - p. 37 à 48 - "Peut-on avoir confiance dans la météo ?"

GEO - décembre 1982- p. 55 à 92 - "Le temps"

SCIENCE ET VIE - août 1983 - p. 41 à 61 - "Les prévisions météo"

En ce qui concerne les diverses publications de la Météorologie Nationale, le mieux est de s'adresser
directement à son siège, 2, Avenue Rapp, 75007 PARIS