

« Depuis longtemps, les hommes se considèrent à la fois surpris et horrifiés quand la nature se met en colère et menace une ville, une terre,...

Celle-ci une fois balayée, nous oublions pour connaître à nouveau la surprise et l'horreur quand une nouvelle catastrophe se produit. »

- Exposition conçue et réalisée par :
 - Centre•Sciences, CCSTI de la région Centre-Val de Loire
 - Association des Étudiants médiateurs scientifiques de l'IUT de Tours
- Avec le concours scientifique de :
 - Météo-France région Centre
 - LPC2E-CNRS/Université d'Orléans
- Avec le soutien du Conseil régional Centre-Val de Loire
- Graphisme Zinzoline - Orléans
- Impression API - Saint Denis en Val
- Maquettes Centre•Sciences et Caroline Bourlier - Orléans



LES CAPRICES du ciel



• Canal Vapeur d'eau

Image METEOSAT du 4 avril 2013 à 18h00 TU. Ces données sont représentatives de la couche de l'atmosphère comprise entre 200 et 500 hPa. Plus une zone est foncée, plus l'air est sec. Hélène Veremes, Laboratoire LACY.



La pression atmosphérique est un des paramètres utilisés par les météorologistes pour caractériser le temps qu'il fait. Elle est exprimée en hectopascal.

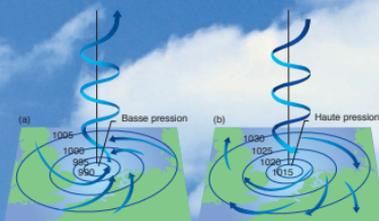
Une dépression est une zone de basses pressions. Plus on s'approche de son centre, plus la pression diminue. Elle correspond à des courants ascendants favorisant la formation de nuages et de précipitations. Elle est souvent accompagnée de vent et s'étend sur plusieurs centaines de kilomètres.

Les anticyclones sont des zones de hautes pressions. Plus on s'approche de leur centre, plus la pression augmente. Ils se caractérisent par une descente d'air froid vers le sol qui augmente la pression et empêche la formation de nuages. Ils sont accompagnés d'un temps stable, généralement beau en été ou froid et parfois nuageux en hiver.

• La force de Coriolis

Autour des anticyclones de l'hémisphère Nord, les vents tournent dans le sens des aiguilles d'une montre.

Les dépressions tournent en sens inverse. Sous l'action de la force de Coriolis, due à la rotation de la Terre, ces vents tournent en sens inverses dans chacun des hémisphères.



ANTICYCLONE ou dépression ?

Des précipitations surviennent quand les millions les minuscules gouttes d'eau ou de cristaux de glace qui constituent un nuage deviennent trop gros et tombent vers le sol sous l'action de la gravité.

On distingue deux grands types d'inondations :

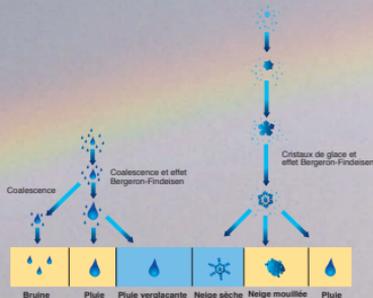
Les crues éclair :

elles se produisent lorsque des pluies intenses et brèves ne parviennent pas à se disperser par infiltration, ruissellement, écoulement. La cause la plus fréquente est un orage qui se déplace lentement. Les crues éclair se produisent souvent dans les vallées et les gorges.

Les inondations étendues :

elles sont associées à une zone de basses pressions qui donnent des pluies durables sur une vaste surface. Ces inondations prennent souvent naissance près d'un cours d'eau qui sort alors de son lit et recouvre les terres alentour.

• **Le ciel nous tombe sur la tête**
L'eau, la grêle, la neige,... arrivent sur le sol en fonction de la température de l'air traversé. Les gouttes de pluie varient des fines gouttelettes de la brume aux grosses gouttes des orages tropicaux.



LA GOUTTE d'eau...

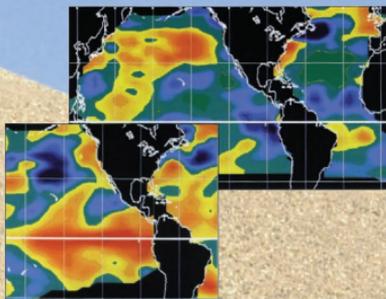
C'est un terme fondé sur la quantité moyenne de pluie pour une zone donnée à un moment de l'année. Ce phénomène naturel est aujourd'hui accentué par l'activité humaine.

En France, on dit qu'il y a sécheresse quand moins de 0,2 mm de pluie tombe sur une période d'au moins quinze jours. La sécheresse peut envahir une grande partie d'un continent et durer plusieurs années. Ses effets peuvent être catastrophiques. La pénurie d'eau décime les cultures et le bétail, la végétation sèche et devient inflammable.

La sécheresse a un caractère cyclique. Grâce à l'étude de l'évolution des grands courants océaniques comme El Niño, les météorologistes parviennent à prévoir l'apparition de ces périodes de sécheresse.

• **L'effet El Niño**

Températures des eaux de surface lors d'une année « El Niño » (en bas, 1987) et d'une année sans (en haut, 1985). En bleu-vert les températures inférieures à la moyenne et supérieures en jaune-orangé-rouge. Le courant chaud El Niño provoque une anomalie thermique importante.



AVIS

de sécheresse !

Les vents sont des phénomènes météorologistes que l'on trouve jusqu'à 20 kilomètres d'altitude, dans la troposphère. Ces déplacements d'air sont créés par la rotation de la Terre et par les différences de pression et de température entre les régions du globe.

Les vents sont déviés d'Est en Ouest dans l'hémisphère Nord et dans l'autre sens dans l'hémisphère Sud. Les jets et les alizés sont des vents réguliers. La mousson présente un caractère saisonnier.

À petite échelle, le mistral, le libecciu, la tramontane, l'autan, le foehn, le sirocco sont des vents particuliers modulés par le relief.



• Le front froid

L'arrivée d'une masse d'air froid provoque toujours des coups de vent et chasse vers le haut les masses d'air chaud : c'est le front froid qui annonce souvent l'arrivée de la pluie.



QUI SÈME le vent...

• La force des tornades

L'échelle de Fujita permet de classer les tornades selon la gravité des dégâts.

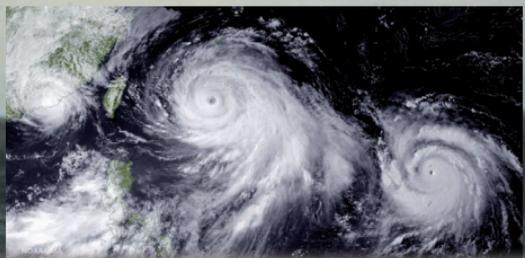
| Force | Vitesse du vent | Dégâts |
|--------|------------------|------------------|
| 0 | 60 à 120 km/h | Légers |
| 1 | 121 à 180 km/h | Modérés |
| 2 | 181 à 250 km/h | Importants |
| 3 | 251 à 330 km/h | Considérables |
| 4 | 331 à 420 km/h | Dévastateurs |
| 5 | 420 à 510 km/h | Incroyables |
| 6 à 12 | plus de 510 km/h | Incommensurables |

Les tornades sont de violents tourbillons atmosphériques, d'axes verticaux, d'un diamètre compris entre 10 et 100 km, dans lesquels soufflent des vents intenses de 100 à 500 km/h. Les tornades se forment sous la base des gros nuages d'orage. Leur passage entraîne de fortes pluies. La violence des vents et leur force d'aspiration vers le haut provoquent des dégâts énormes. 1000 tornades s'abattent aux États-Unis chaque année, 180 en France.

Les cyclones sont des dépressions d'un diamètre compris entre 30 et 100 km qui se forment au-dessus des océans chauds des tropiques par évaporation intense. Ils sont mis en rotation par la force de Coriolis. Les vents peuvent souffler à 300 km/h. Au centre, le vent est affaibli et le ciel dégagé : c'est l'œil du cyclone. Le passage d'un cyclone provoque des pluies torrentielles et des dégâts très importants. Il se forme environ 100 cyclones par an. Les météorologistes parviennent à prévoir leur trajectoire.

• Un peu de vocabulaire

Cyclones, ouragans, typhons, recouvrent tous le même phénomène dépressionnaire. La désignation dépend principalement du lieu sur Terre où se produit le phénomène. Le cyclone ou cyclone tropical est réservé à l'océan Indien et au Pacifique Sud. On parle d'ouragan (hurricane) en Atlantique Nord et dans le Pacifique Nord-Est et enfin de typhon dans le Pacifique Nord-Ouest.



AVIS

de tempête !

Tropopause



Cirrus

Cirrocumulus

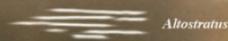
5000 m



Cirrostratus

Altocumulus

2000 m



Altostratus



Stratocumulus



Stratus



Cumulus



Cumulonimbus

Niveau de la mer



Cirrus



Altostratus



Cumulus

Formes blanches et duveteuses comme du coton, les nuages peuvent prendre de nombreuses formes que l'on classe en deux types :

- les cumuliformes, bourgeonnants et boursoufflés, ils indiquent des conditions instables,
- les stratiformes, plats et stratifiés, ils indiquent une atmosphère stable.

Les nuages se classent aussi en fonction de l'altitude où se trouve leur base :

Au dessus de 5 000 mètres, les cirrus : ces nuages qui s'effilochent peuvent signaler l'arrivée d'un front.

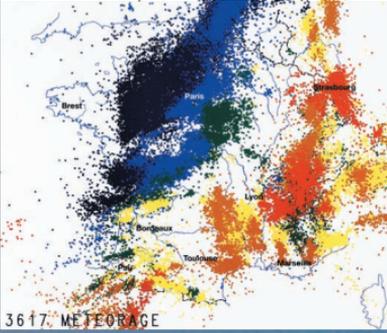
Entre 5 000 à 2000 mètres, les altocumulus : leur texture cumuliforme annonce l'approche d'un front. Les altostratus : minces voiles blancs, uniformes et très étendus, ils peuvent donner de la pluie et parfois de la neige.

En dessous de 2000 mètres, les cumulonimbus : masses imposantes montant jusqu'en 10 000 m, ils donnent toujours des averses et des vents forts, parfois des orages. Les cumulus : nuages bas, isolés, aux contours bien définis, ils sont signe de temps calme. En été, ils peuvent évoluer en cumulonimbus. Les stratus : très fréquents sur les littoraux et en montagne, ils donnent de faibles pluies, de la bruine ou de la neige fine.

LE SPECTACLE du ciel

• Les orages

Ici, sur 24 heures, les impacts de foudre traversent la France de Dunkerque à Marseille, leur nombre diminuant jusqu'à disparaître en Corse.



Chaque jour, environ 500 000 orages éclatent dans le monde.

Il faut trois principaux ingrédients pour qu'un nuage d'orage (cumulonimbus) se forme : humidité, instabilité et courants ascendants.

Les courants ascendants et descendants de l'air activent la création de charges électriques opposées : les cristaux de glace présents dans le haut du nuage sont chargés positivement alors que les gouttelettes, en bas du nuage, sont chargées négativement. Une zone de charges positives se forme à proximité du sol, sous le nuage. Les différences de potentiel entraînent la production de décharges électriques : les éclairs éclatent.

Quand l'éclair est formé, sa chaleur dilate l'air et crée une onde acoustique et le tonnerre résonne.

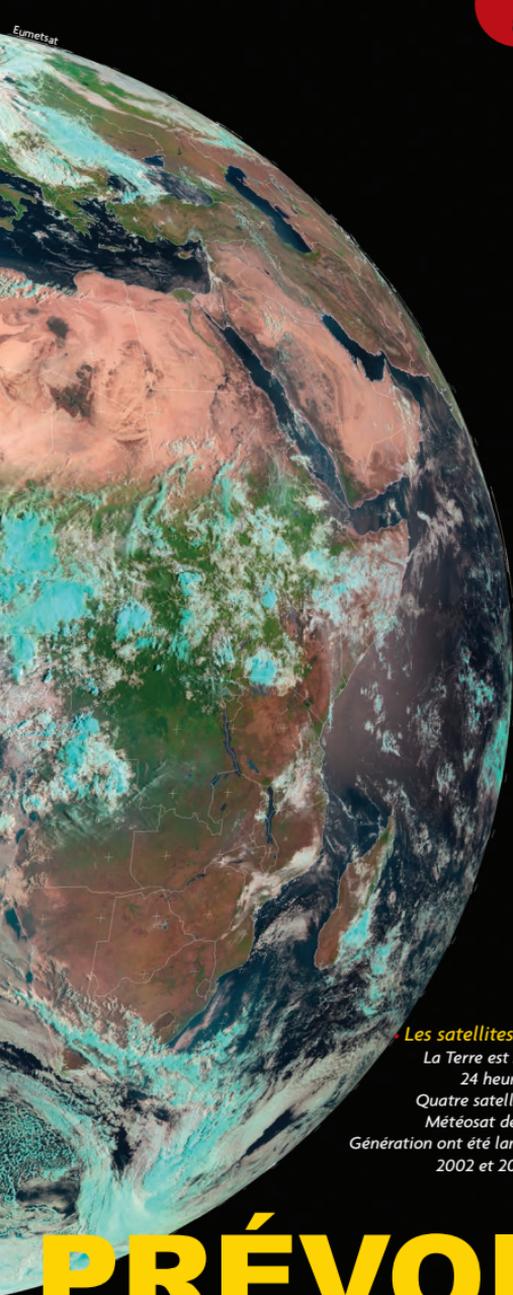
• La foudre

Les types de coups de foudre dépendent de la répartition des charges électriques positives et négatives dans le nuage, au sol et autour du nuage.



ORAGE,

Ô...



La météorologie a progressé à grands pas grâce au développement des instruments de mesure et aux modèles mathématiques. Les prévisions à 24 heures sont fiables à 85 %, les tendances à 5 ou 6 jours ont une assez bonne précision. Des données sont acquises par un ensemble de systèmes et stations de mesure qui donnent la pression, la température, l'humidité, la direction et vitesse du vent, les précipitations, les conditions nuageuses, etc, au sol, ainsi qu'en altitude :

- des bouées fixes ou dérivantes ainsi que les observations des navires,
- des ballons sondes emportent de nombreux capteurs électroniques qui s'élèvent jusqu'à 30 km d'altitude et transmettent leurs mesures à des stations au sol,
- des équipements radars sont utilisés pour déterminer la quantité et la nature des précipitations,
- les satellites météo, en orbite autour de la Terre, fournissent des images dans le visible et l'infrarouge. Certains sont équipés de radars et radiomètres qui permettent de mesurer diverses propriétés de l'atmosphère et du sol : température, taux d'humidité et bientôt vitesse des vents.

• **Les satellites veillent**

La Terre est surveillée
24 heures sur 24.
Quatre satellites MSG,
Météosat de Seconde
Génération ont été lancés entre
2002 et 2015. © ESA



PRÉVOIR

le temps !



En France, le centre de météorologie spatiale de Lannion en Bretagne reçoit les images satellites et les traite. Le service central d'exploitation à Toulouse traite en permanence par informatique des milliers de données en provenance du monde entier (température, pression, direction et force des vents, humidité...).

Le modèle de simulation numérique ARPEGE permet d'élaborer des cartes que les prévisionnistes peuvent analyser pour établir les bulletins nationaux et régionaux.

Les centres régionaux de météorologie reçoivent les prévisions et les affinent avec leurs données locales. Dans ces centres, des météorologistes sont chargés de recueillir les données sur place, d'affiner les prévisions d'ARPEGE et de les traduire en termes observables : températures maximales et minimales, intensité et durée des précipitations, force des vents...

Les médias reçoivent les bulletins et transmettent les prévisions à la population. Il ne s'écoule que quelques heures entre les mesures initiales et la diffusion des prévisions. Si un phénomène menaçant est en vue, les services de sécurité sont mis en alerte.

Classification nuageuse METEOSAT-10

| | |
|-------|-----------|
| 0 | 0-10 |
| 1 | 11-20 |
| 2 | 21-30 |
| 3 | 31-40 |
| 4 | 41-50 |
| 5 | 51-60 |
| 6 | 61-70 |
| 7 | 71-80 |
| 8 | 81-90 |
| 9 | 91-100 |
| 10 | 100-110 |
| 11 | 111-120 |
| 12 | 121-130 |
| 13 | 131-140 |
| 14 | 141-150 |
| 15 | 151-160 |
| 16 | 161-170 |
| 17 | 171-180 |
| 18 | 181-190 |
| 19 | 191-200 |
| 20 | 200-210 |
| 21 | 211-220 |
| 22 | 221-230 |
| 23 | 231-240 |
| 24 | 241-250 |
| 25 | 251-260 |
| 26 | 261-270 |
| 27 | 271-280 |
| 28 | 281-290 |
| 29 | 291-300 |
| 30 | 300-310 |
| 31 | 311-320 |
| 32 | 321-330 |
| 33 | 331-340 |
| 34 | 341-350 |
| 35 | 351-360 |
| 36 | 361-370 |
| 37 | 371-380 |
| 38 | 381-390 |
| 39 | 391-400 |
| 40 | 400-410 |
| 41 | 411-420 |
| 42 | 421-430 |
| 43 | 431-440 |
| 44 | 441-450 |
| 45 | 451-460 |
| 46 | 461-470 |
| 47 | 471-480 |
| 48 | 481-490 |
| 49 | 491-500 |
| 50 | 500-510 |
| 51 | 511-520 |
| 52 | 521-530 |
| 53 | 531-540 |
| 54 | 541-550 |
| 55 | 551-560 |
| 56 | 561-570 |
| 57 | 571-580 |
| 58 | 581-590 |
| 59 | 591-600 |
| 60 | 600-610 |
| 61 | 611-620 |
| 62 | 621-630 |
| 63 | 631-640 |
| 64 | 641-650 |
| 65 | 651-660 |
| 66 | 661-670 |
| 67 | 671-680 |
| 68 | 681-690 |
| 69 | 691-700 |
| 70 | 700-710 |
| 71 | 711-720 |
| 72 | 721-730 |
| 73 | 731-740 |
| 74 | 741-750 |
| 75 | 751-760 |
| 76 | 761-770 |
| 77 | 771-780 |
| 78 | 781-790 |
| 79 | 791-800 |
| 80 | 800-810 |
| 81 | 811-820 |
| 82 | 821-830 |
| 83 | 831-840 |
| 84 | 841-850 |
| 85 | 851-860 |
| 86 | 861-870 |
| 87 | 871-880 |
| 88 | 881-890 |
| 89 | 891-900 |
| 90 | 900-910 |
| 91 | 911-920 |
| 92 | 921-930 |
| 93 | 931-940 |
| 94 | 941-950 |
| 95 | 951-960 |
| 96 | 961-970 |
| 97 | 971-980 |
| 98 | 981-990 |
| 99 | 991-1000 |
| 100 | 1000-1010 |
| 101 | 1011-1020 |
| 102 | 1021-1030 |
| 103 | 1031-1040 |
| 104 | 1041-1050 |
| 105 | 1051-1060 |
| 106 | 1061-1070 |
| 107 | 1071-1080 |
| 108 | 1081-1090 |
| 109 | 1091-1100 |
| 110 | 1100-1110 |
| 111 | 1111-1120 |
| 112 | 1121-1130 |
| 113 | 1131-1140 |
| 114 | 1141-1150 |
| 115 | 1151-1160 |
| 116 | 1161-1170 |
| 117 | 1171-1180 |
| 118 | 1181-1190 |
| 119 | 1191-1200 |
| 120 | 1200-1210 |
| 121 | 1211-1220 |
| 122 | 1221-1230 |
| 123 | 1231-1240 |
| 124 | 1241-1250 |
| 125 | 1251-1260 |
| 126 | 1261-1270 |
| 127 | 1271-1280 |
| 128 | 1281-1290 |
| 129 | 1291-1300 |
| 130 | 1300-1310 |
| 131 | 1311-1320 |
| 132 | 1321-1330 |
| 133 | 1331-1340 |
| 134 | 1341-1350 |
| 135 | 1351-1360 |
| 136 | 1361-1370 |
| 137 | 1371-1380 |
| 138 | 1381-1390 |
| 139 | 1391-1400 |
| 140 | 1400-1410 |
| 141 | 1411-1420 |
| 142 | 1421-1430 |
| 143 | 1431-1440 |
| 144 | 1441-1450 |
| 145 | 1451-1460 |
| 146 | 1461-1470 |
| 147 | 1471-1480 |
| 148 | 1481-1490 |
| 149 | 1491-1500 |
| 150 | 1500-1510 |
| 151 | 1511-1520 |
| 152 | 1521-1530 |
| 153 | 1531-1540 |
| 154 | 1541-1550 |
| 155 | 1551-1560 |
| 156 | 1561-1570 |
| 157 | 1571-1580 |
| 158 | 1581-1590 |
| 159 | 1591-1600 |
| 160 | 1600-1610 |
| 161 | 1611-1620 |
| 162 | 1621-1630 |
| 163 | 1631-1640 |
| 164 | 1641-1650 |
| 165 | 1651-1660 |
| 166 | 1661-1670 |
| 167 | 1671-1680 |
| 168 | 1681-1690 |
| 169 | 1691-1700 |
| 170 | 1700-1710 |
| 171 | 1711-1720 |
| 172 | 1721-1730 |
| 173 | 1731-1740 |
| 174 | 1741-1750 |
| 175 | 1751-1760 |
| 176 | 1761-1770 |
| 177 | 1771-1780 |
| 178 | 1781-1790 |
| 179 | 1791-1800 |
| 180 | 1800-1810 |
| 181 | 1811-1820 |
| 182 | 1821-1830 |
| 183 | 1831-1840 |
| 184 | 1841-1850 |
| 185 | 1851-1860 |
| 186 | 1861-1870 |
| 187 | 1871-1880 |
| 188 | 1881-1890 |
| 189 | 1891-1900 |
| 190 | 1900-1910 |
| 191 | 1911-1920 |
| 192 | 1921-1930 |
| 193 | 1931-1940 |
| 194 | 1941-1950 |
| 195 | 1951-1960 |
| 196 | 1961-1970 |
| 197 | 1971-1980 |
| 198 | 1981-1990 |
| 199 | 1991-2000 |
| 200 | 2000-2010 |
| 201 | 2011-2020 |
| 202 | 2021-2030 |
| 203 | 2031-2040 |
| 204 | 2041-2050 |
| 205 | 2051-2060 |
| 206 | 2061-2070 |
| 207 | 2071-2080 |
| 208 | 2081-2090 |
| 209 | 2091-2100 |
| 210 | 2100-2110 |
| 211 | 2111-2120 |
| 212 | 2121-2130 |
| 213 | 2131-2140 |
| 214 | 2141-2150 |
| 215 | 2151-2160 |
| 216 | 2161-2170 |
| 217 | 2171-2180 |
| 218 | 2181-2190 |
| 219 | 2191-2200 |
| 220 | 2200-2210 |
| 221 | 2211-2220 |
| 222 | 2221-2230 |
| 223 | 2231-2240 |
| 224 | 2241-2250 |
| 225 | 2251-2260 |
| 226 | 2261-2270 |
| 227 | 2271-2280 |
| 228 | 2281-2290 |
| 229 | 2291-2300 |
| 230 | 2300-2310 |
| 231 | 2311-2320 |
| 232 | 2321-2330 |
| 233 | 2331-2340 |
| 234 | 2341-2350 |
| 235 | 2351-2360 |
| 236 | 2361-2370 |
| 237 | 2371-2380 |
| 238 | 2381-2390 |
| 239 | 2391-2400 |
| 240 | 2400-2410 |
| 241 | 2411-2420 |
| 242 | 2421-2430 |
| 243 | 2431-2440 |
| 244 | 2441-2450 |
| 245 | 2451-2460 |
| 246 | 2461-2470 |
| 247 | 2471-2480 |
| 248 | 2481-2490 |
| 249 | 2491-2500 |
| 250 | 2500-2510 |
| 251 | 2511-2520 |
| 252 | 2521-2530 |
| 253 | 2531-2540 |
| 254 | 2541-2550 |
| 255 | 2551-2560 |
| 256 | 2561-2570 |
| 257 | 2571-2580 |
| 258 | 2581-2590 |
| 259 | 2591-2600 |
| 260 | 2600-2610 |
| 261 | 2611-2620 |
| 262 | 2621-2630 |
| 263 | 2631-2640 |
| 264 | 2641-2650 |
| 265 | 2651-2660 |
| 266 | 2661-2670 |
| 267 | 2671-2680 |
| 268 | 2681-2690 |
| 269 | 2691-2700 |
| 270 | 2700-2710 |
| 271 | 2711-2720 |
| 272 | 2721-2730 |
| 273 | 2731-2740 |
| 274 | 2741-2750 |
| 275 | 2751-2760 |
| 276 | 2761-2770 |
| 277 | 2771-2780 |
| 278 | 2781-2790 |
| 279 | 2791-2800 |
| 280 | 2800-2810 |
| 281 | 2811-2820 |
| 282 | 2821-2830 |
| 283 | 2831-2840 |
| 284 | 2841-2850 |
| 285 | 2851-2860 |
| 286 | 2861-2870 |
| 287 | 2871-2880 |
| 288 | 2881-2890 |
| 289 | 2891-2900 |
| 290 | 2900-2910 |
| 291 | 2911-2920 |
| 292 | 2921-2930 |
| 293 | 2931-2940 |
| 294 | 2941-2950 |
| 295 | 2951-2960 |
| 296 | 2961-2970 |
| 297 | 2971-2980 |
| 298 | 2981-2990 |
| 299 | 2991-3000 |
| 300 | 3000-3010 |
| 301 | 3011-3020 |
| 302 | 3021-3030 |
| 303 | 3031-3040 |
| 304 | 3041-3050 |
| 305 | 3051-3060 |
| 306 | 3061-3070 |
| 307 | 3071-3080 |
| 308 | 3081-3090 |
| 309 | 3091-3100 |
| 310 | 3100-3110 |
| 311 | 3111-3120 |
| 312 | 3121-3130 |
| 313 | 3131-3140 |
| 314 | 3141-3150 |
| 315 | 3151-3160 |
| 316 | 3161-3170 |
| 317 | 3171-3180 |
| 318 | 3181-3190 |
| 319 | 3191-3200 |
| 320 | 3200-3210 |
| 321 | 3211-3220 |
| 322 | 3221-3230 |
| 323 | 3231-3240 |
| 324 | 3241-3250 |
| 325 | 3251-3260 |
| 326 | 3261-3270 |
| 327 | 3271-3280 |
| 328 | 3281-3290 |
| 329 | 3291-3300 |
| 330 | 3300-3310 |
| 331 | 3311-3320 |
| 332 | 3321-3330 |
| 333 | 3331-3340 |
| 334 | 3341-3350 |
| 335 | 3351-3360 |
| 336 | 3361-3370 |
| 337 | 3371-3380 |
| 338 | 3381-3390 |
| 339 | 3391-3400 |
| 340 | 3400-3410 |
| 341 | 3411-3420 |
| 342 | 3421-3430 |
| 343 | 3431-3440 |
| 344 | 3441-3450 |
| 345 | 3451-3460 |
| 346 | 3461-3470 |
| 347 | 3471-3480 |
| 348 | 3481-3490 |
| 349 | 3491-3500 |
| 350 | 3500-3510 |
| 351 | 3511-3520 |
| 352 | 3521-3530 |
| 353 | 3531-3540 |
| 354 | 3541-3550 |
| 355 | 3551-3560 |
| 356 | 3561-3570 |
| 357 | 3571-3580 |
| 358 | 3581-3590 |
| 359 | 3591-3600 |
| 360 | 3600-3610 |
| 361 | 3611-3620 |
| 362 | 3621-3630 |
| 363 | 3631-3640 |
| 364 | 3641-3650 |
| 365 | 3651-3660 |
| 366 | 3661-3670 |
| 367 | 3671-3680 |
| 368 | 3681-3690 |
| 369 | 3691-3700 |
| 370 | 3700-3710 |
| 371 | 3711-3720 |
| 372 | 3721-3730 |
| 373 | 3731-3740 |
| 374 | 3741-3750 |
| 375 | 3751-3760 |
| 376 | 3761-3770 |
| 377 | 3771-3780 |
| 378 | 3781-3790 |
| 379 | 3791-3800 |
| 380 | 3800-3810 |
| 381 | 3811-3820 |
| 382 | 3821-3830 |
| 383 | 3831-3840 |
| 384 | 3841-3850 |
| 385 | 3851-3860 |
| 386 | 3861-3870 |
| 387 | 3871-3880 |
| 388 | 3881-3890 |
| 389 | 3891-3900 |
| 390 | 3900-3910 |
| 391 | 3911-3920 |
| 392 | 3921-3930 |
| 393 | 3931-3940 |
| 394 | 3941-3950 |
| 395 | 3951-3960 |
| 396 | 3961-3970 |
| 397 | 3971-3980 |
| 398 | 3981-3990 |
| 399 | 3991-4000 |
| 400 | 4000-4010 |
| 401 | 4011-4020 |
| 402 | 4021-4030 |
| 403 | 4031-4040 |
| 404 | 4041-4050 |
| 405 | 4051-4060 |
| 406 | 4061-4070 |
| 407 | 4071-4080 |
| 408 | 4081-4090 |
| 409 | 4091-4100 |
| 410 | 4100-4110 |
| 411 | 4111-4120 |
| 412 | 4121-4130 |
| 413 | 4131-4140 |
| 414 | 4141-4150 |
| 415 | 4151-4160 |
| 416 | 4161-4170 |
| 417 | 4171-4180 |
| 418 | 4181-4190 |
| 419 | 4191-4200 |
| 420 | 4200-4210 |
| 421 | 4211-4220 |
| 422 | 4221-4230 |
| 423 | 4231-4240 |
| 424 | 4241-4250 |
| 425 | 4251-4260 |
| 426 | 4261-4270 |
| 427 | 4271-4280 |
| 428 | 4281-4290 |
| 429 | 4291-4300 |
| 430 | 4300-4310 |
| 431 | 4311-4320 |
| 432 | 4321-4330 |
| 433 | 4331-4340 |
| 434 | 4341-4350 |
| 435 | 4351-4360 |
| 436 | 4361-4370 |
| 437 | 4371-4380 |
| 438 | 4381-4390 |
| 439 | 4391-4400 |
| 440 | 4400-4410 |
| 441 | 4411-4420 |
| 442 | 4421-4430 |
| 443 | 4431-4440 |
| 444 | 4441-4450 |
| 445 | 4451-4460 |
| 446 | 4461-4470 |
| 447 | 4471-4480 |
| 448 | 4481-4490 |
| 449 | 4491-4500 |
| 450 | 4500-4510 |
| 451 | 4511-4520 |
| 452</ | |

Les meilleures sources d'information pour connaître les climats anciens sont les sources humaines : journaux de bord des navires, archives familiales, prix des céréales... mais elles ne remontent qu'à 300 ans. Pour revenir plus loin dans le temps, on utilise différentes techniques.



Les carottes glaciaires :

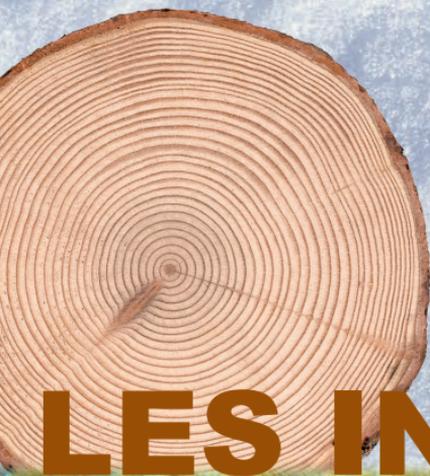
L'épaisseur de la couche annuelle de glace indique le niveau des précipitations et son analyse chimique donne des indices sur les températures. Les bulles d'air piégées dans la glace montrent la composition de l'atmosphère de l'époque et l'acidité signale les événements volcaniques majeurs.

Les fonds des lacs et des océans :

Les sédiments déposés au cours des temps, les fossiles et les pollens des plantes primitives donnent des indices sur les fluctuations climatiques.

• **La dendrochronologie**

L'étude de la largeur des anneaux de croissance des arbres permet d'établir des archives remontant à plusieurs centaines d'années.



• **Les couches de coraux**

Les coraux vivent des siècles et croissent en ajoutant des couches de carbonate de calcium chaque saison. Ces couches indiquent les variations

LES INDICES des climats anciens





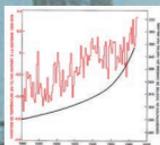
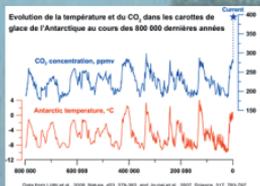
Les effets du réchauffement seront très divers selon les modèles climatiques : fonte des glaces et du permafrost, élévation du niveau des mers, érosion des côtes, amplification de la fréquence de phénomènes climatiques (sécheresse, incendie, tempêtes, tornades...).

Fonte banquise. © Futura-Sciences

Fonte du permafrost. © Centre d'Etudes Nordiques/Takuvik - CNRS Le Journal

Erosion des côtes. © Cité de la Mer

Tornado. © Justin Hobson/Wikipedia



• Les carottes glacières

Les forages dans la glace en Antarctique et au Groenland ont permis de constater que la température de l'air et la concentration de dioxyde de carbone (CO_2) varient de la même façon depuis 800 000 ans.

On constate également une augmentation progressive de l'anomalie de température depuis la fin du 19^e siècle.

Les causes naturelles, des changements à long terme :

Les variations des paramètres orbitaux de la Terre entraînent des modifications du taux d'insolation et donc de la température à la surface du globe. La circulation océanique radoucit le climat de nos côtes. Dans l'histoire de la Terre, les éruptions volcaniques et les impacts météoriques ont projeté dans l'air des masses de poussière qui auraient bloqué le rayonnement solaire et donc refroidi le climat.

Les causes humaines, des changements à court terme :

L'effet de serre a toujours existé et sans lui, notre planète serait glacée. Cependant, depuis la fin du 19^e siècle on observe une augmentation de la température moyenne du globe qui suit les émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Aujourd'hui de nombreux indices tendent à montrer qu'un changement climatique majeur s'opère suite à l'impact de l'activité humaine sur l'environnement avec pour conséquence une accentuation de certains phénomènes climatiques.



LES CLIMATS changent-ils ?

