

# THÈME DE CONVERGENCE MÉTÉOROLOGIE ET CLIMATOLOGIE

## Propositions d'activités et d'évaluation ainsi que divers renseignements.

### Sommaire

<b><u>1. Quelques sites afin d'aider à la mise en place d'activités météorologiques</u></b>	<b>p. 2</b>
<b><u>2. Activités et évaluation</u></b>	<b>p. 2</b>
- <i>Classe de 6<sup>ème</sup> : formation B2i : La météo d'une journée en France</i>	<i>p. 3</i>
- <i>Classe de 6<sup>ème</sup> : lecture et interprétation de graphiques</i>	<i>p. 8</i>
- <i>Classe de 5<sup>ème</sup> : construction d'un graphique à partir de données présentées sous forme de tableau. Nombres relatifs, soustraction</i>	<i>p. 10</i>
- <i>Classe de 5<sup>ème</sup> : j'établis un bilan météo avec mes camarades Exemple de scénario d'activités pluridisciplinaires</i>	<i>p. 11</i>
- <i>Classe de 5<sup>ème</sup> : écouter, comprendre, répondre. (Évaluation à partir d'un document sonore enregistré)</i>	<i>p. 13</i>
- <i>Classe de 5<sup>ème</sup> : Température et humidité de l'air</i>	<i>p. 15</i>
- <i>Une évaluation en météorologie sur l'imagerie satellitaire</i>	<i>p. 17</i>
- <i>Classe de 4<sup>ème</sup> : les unités utilisées en météorologie Conversions, proportionnalité, ordre de grandeur</i>	<i>p. 23</i>
- <i><u>Lorsque le climat s'en mêle, l'exemple du Sahel</u> <u>Evaluation transdisciplinaire</u></i>	<i>p. 25</i>
- <i>Classe de 5<sup>ème</sup> : Résultats d'un travail conduit dans un collège à l'occasion d'un stage d'une semaine de ski de fond.</i>	<i>p. 35</i>
<b><u>3. Étude du passage d'une perturbation</u></b>	<b>p. 37</b>
<b><u>4. La phénologie</u></b>	<b>p. 47</b>
<b><u>5. Histoire de la météorologie</u></b>	<b>p. 51</b>
<b><u>6. Activités relatives à la pression atmosphérique</u></b>	<b>p. 58</b>
<b><u>7. Activités liées au vent</u></b>	<b>p. 64</b>
<b><u>8. Activités liées à la température</u></b>	<b>p. 67</b>
<b><u>9. Activités liées à la pluviométrie</u></b>	<b>p. 70</b>
<b><u>10. Activités sur les pictogrammes</u></b>	<b>p. 72</b>
<b><u>11. Rôle de l'imagerie satellitaire</u></b>	<b>p. 73</b>

## 1. Quelques sites afin d'aider à la mise en place d'activités météorologiques

<http://www.educnet.education.fr/meteo/observ/bordeaux/html/par00.htm>

**Présentation des principaux** paramètres physiques de l'atmosphère qui sont les éléments clefs d'une compréhension des phénomènes atmosphériques : définitions de ces paramètres, méthodes mises en oeuvre pour leur mesurer au sol et en altitude, expériences pour aider à leur compréhension (document réalisé en collaboration avec Météo-France)

<http://www.educnet.education.fr/meteo/eaubonne/html/eaub00.htm>

**Expériences simples de sciences physiques** à propos de l'éclairement solaire, de l'air, de l'eau et de la chaleur. Les expériences présentées ici, expérimentées au collège, sont fondamentales et simples à réaliser. L'accent est mis sur la mise en oeuvre pratique de ces expériences avec un matériel accessible à tous et peu onéreux.

<http://www.educnet.education.fr/meteo/observ/erquy/erquy0.htm>

**Implanter une station météo dans un établissement scolaire** : dossier qui a pour but d'apporter des éléments de réflexion préalable ainsi que des informations pratiques relatives à l'acquisition et l'installation d'une station.

<http://www.educnet.education.fr/meteo/observ/poix/html/poix00.htm>

**La météorologie au collège ; comment s'y prendre** : mettre en place une station météo, gérer la station au quotidien, conduire des activités avec des élèves (compte rendu du travail effectué sur ce thème dans un collège, pendant plusieurs années)

<http://www.educnet.education.fr/meteo/littoral/nav/html/agonc00.htm>

**Météorologie et navigation** : un exemple d'atelier scientifique associant pratique d'une activité sportive et météorologie au collège

[http://www.educnet.education.fr/meteo/bases\\_dt/cata/html/cata00.htm](http://www.educnet.education.fr/meteo/bases_dt/cata/html/cata00.htm)

**Risques naturels dans l'environnement urbain** : un exemple d'activité pédagogique conduite en géographie sur le thème des inondations.

## 2. Activités et évaluation

*Il est rappelé que les exemples présentés ne sont ni limitatifs, ni exhaustifs. Les évaluations proposées ont un caractère uniquement formatif et se prêtent plutôt à un travail pluridisciplinaire hors de la classe (au collège ou à la maison). Il ne s'agit pas ici d'évaluer des connaissances spécifiques puisque les thèmes de convergence ne s'appuient que sur les contenus disciplinaires des programmes.*

*Lorsque des activités font appel à plusieurs disciplines, c'est volontairement que les noms de celles-ci n'apparaissent pas pour respecter le caractère pluridisciplinaire des thèmes de convergence.*

Classe de 6<sup>ème</sup> : formation B2i



La météo d'une journée en France.

Lecture d'une carte et transcription des données sous forme de tableau.

Utilisation d'un tableur : calcul de moyennes et d'amplitudes thermiques.

**Compétences informatiques mises en oeuvre: recherche sur internet, copie d'une image, utilisation d'un tableur.**

Pendant toute l'activité, vous sauvegarderez régulièrement votre travail.

Ouvrir une feuille de calcul et nommer votre fichier 'meteol'. En haut à droite de la barre d'outils, vous obtenez ces trois icônes . Cliquez sur  pour laisser votre fichier ouvert pendant la recherche suivante :

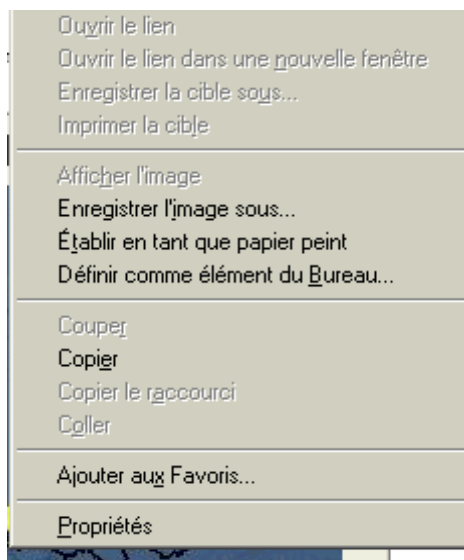


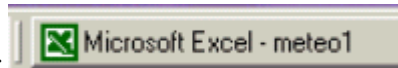
Connectez-vous sur internet et tapez l'adresse indiquée ci-contre. Dans la rubrique Cartes, cliquez sur Agrandir.

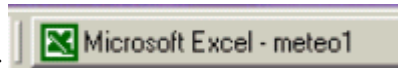


Vous obtenez une carte de France indiquant les températures minimales et maximales pour la journée.

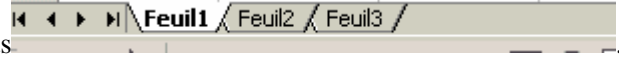
En vous positionnant sur cette carte, cliquez sur le bouton droit de la souris, vous obtenez le menu suivant





Choisissez copier. Puis, positionnez-vous en bas de l'écran et cliquez sur  pour obtenir votre feuille de calcul à l'écran.

Tapez CTRL V pour recopier la carte météo de France. En bas de l'écran, vous avez les onglets



suivants. Cliquez sur Feuil2 pour ouvrir une deuxième feuille de calcul et sélectionner les colonnes A à E puis choisir Format Colonne et tapez 25 pour fixer la largeur de colonne. Reproduisez maintenant le tableau suivant en complétant les colonnes B et C avec la carte de la feuille 1.

	A	B	C	D
1	Ville	Température minimale	Température maximale	Température moyenne
2	Exemple	7	14	$= (B2+C2)/2$
3	Bastia			
4	Bordeaux			
5	Brest			
6	Clermont Ferrand			
7	Le Havre			
8	Lille			
9	Lyon			
10	Marseille			
11	Nantes			
12	Paris			
13	Strasbourg			
14	Toulouse			
15	Tours			

Que calcule-t-on dans la cellule D2 ?  
.....

Quelle opération effectue-t-on ?.....

Positionnez-vous en bas à droite de la cellule D2. Vous obtenez une petite croix fine. Cliquez maintenant sur le bouton gauche de la souris et tout en maintenant le bouton gauche appuyé descendez jusqu'en D15 puis relâchez. Que calcule-t-on ainsi pour les différentes villes?  
.....

On appelle amplitude thermique la **différence** de température entre la température maximale et la température minimale.

Rajouter une colonne Amplitude thermique à votre tableau

	A	B	C	D	E
1	Ville	Température minimale	Température maximale	Température moyenne	Amplitude thermique
2	Exemple	7	14	10,5	$=C2-B2$

Quelle opération effectue-t-on en E2 ?.....

Faire une copie de cellules selon la méthode précédente pour calculer l'amplitude thermique dans chacune des villes du tableau.

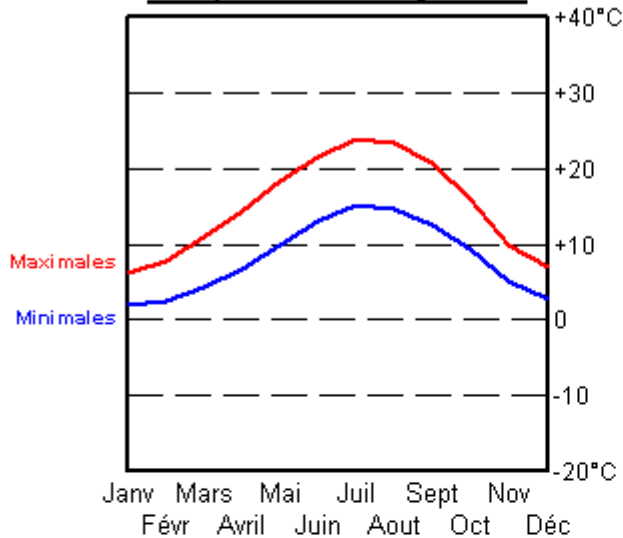
Dans quelle ville l'amplitude thermique est-elle la plus élevée ?.....

Dans quelle(s) ville(s) l'amplitude thermique est-elle de 5°C ?.....  
.....

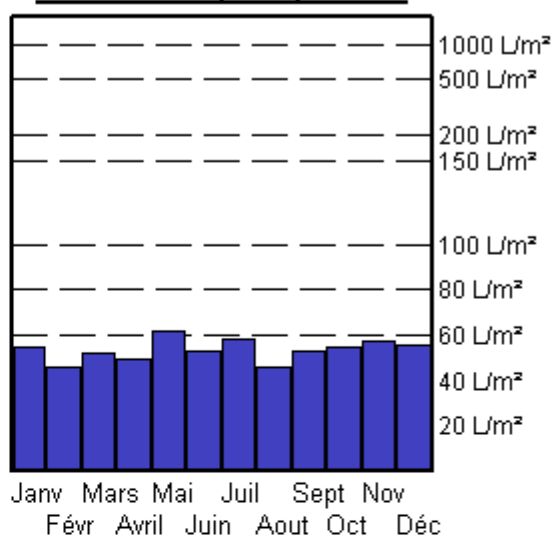
Dans quelle ville l'amplitude thermique est-elle la plus faible ?.....

Les graphiques ci-dessous donnent des informations sur les températures et les précipitations moyennes à Paris sur une année. En observant attentivement ces graphiques (extraits du site de Météo France) vous répondez aux questions posées.

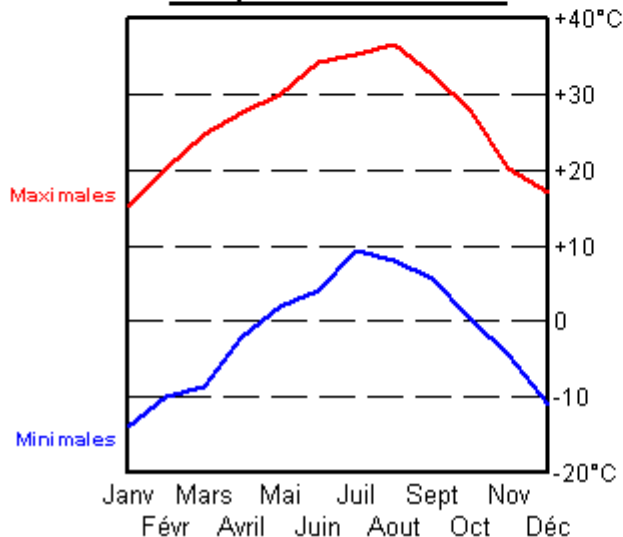
### Températures moyennes



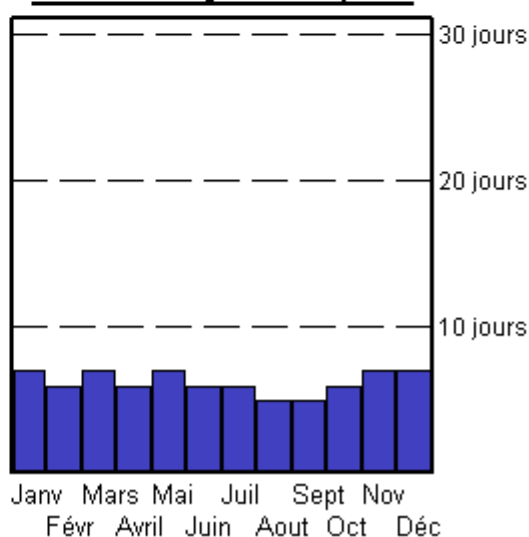
### Quantité de précipitation



### Températures records



### Nombre de jours de pluie





1) **Graphique Températures moyennes**

Quelle est la température moyenne maximale ?.....

En quel mois est-elle atteinte ?.....

Quelle est la température moyenne minimale ?.....

En quel mois est-elle atteinte ?.....

Au mois de mars, trouvez la différence entre la température maximale et la température minimale :

.....

2) **Graphique Températures records**

Quelle est la température record maximale ?.....

En quel mois est-elle atteinte ?.....

Quelle est la température record minimale ?.....

En quel mois est-elle atteinte ?.....

Trouvez les mois où la température record maximale atteinte est de 30°C :

.....

Trouvez les mois où la température record minimale atteinte est de -10°C :

.....

3) **Graphique Quantité de précipitation**

La quantité de précipitation est donnée en Litre par mètre carré ( L/m<sup>2</sup> )

En quel mois a-t-il le plus plu ?.....

Quelle quantité d'eau est-elle tombée ?.....

En quel(s) mois a-t-il le moins plu ?.....

4) **Graphique Nombre de jours de pluie**

Compléter le tableau ci-dessous :

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de jours de pluie												

Calculez le nombre moyen de jours de pluie sur l'année :

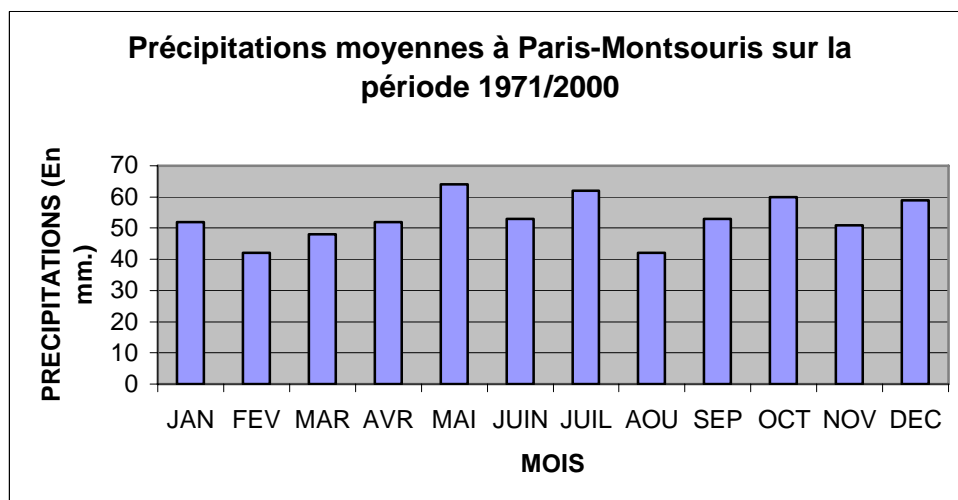
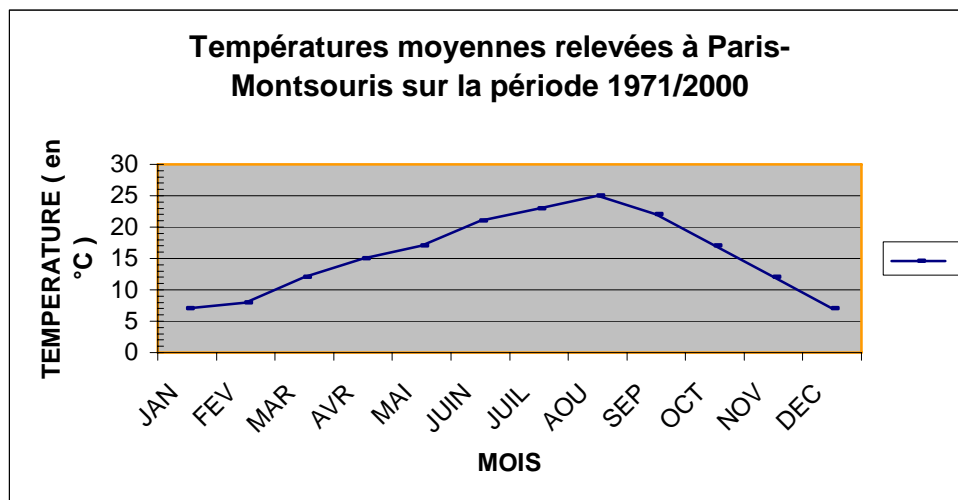
.....  
.....  
.....  
.....





**Evaluation, classe de 6<sup>ème</sup> : lecture et interprétation de graphiques.**

Voici une courbe donnant les températures moyennes ( en °C ) et un diagramme en barres donnant les précipitations à Paris pour la période 1971/2000.( sources : site de météo France )



Vous répondrez aux questions suivantes :

1. Quel est le mois le plus pluvieux ?
2. Quelle est la hauteur d'eau moyenne ( en mm.) au mois d'octobre ?
3. En quel(s) mois la température maximale est-elle atteinte ?  
Lire cette température.
4. En quel(s) mois la température minimale est-elle atteinte ?  
Lire cette température.
5. Calculer l'amplitude thermique au cours d'une année ?
6. On donne les données suivantes :

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Précipitations ( en mm.)</b>	52	42	48	52	64	53	62	42	53	60	51	59

Calculer la hauteur d'eau totale (en mm)

7. En E.P.S. :Expliquez quel équipement est à prévoir dans l'activité .....( en extérieur )

Au mois de février  
 Au mois de juin

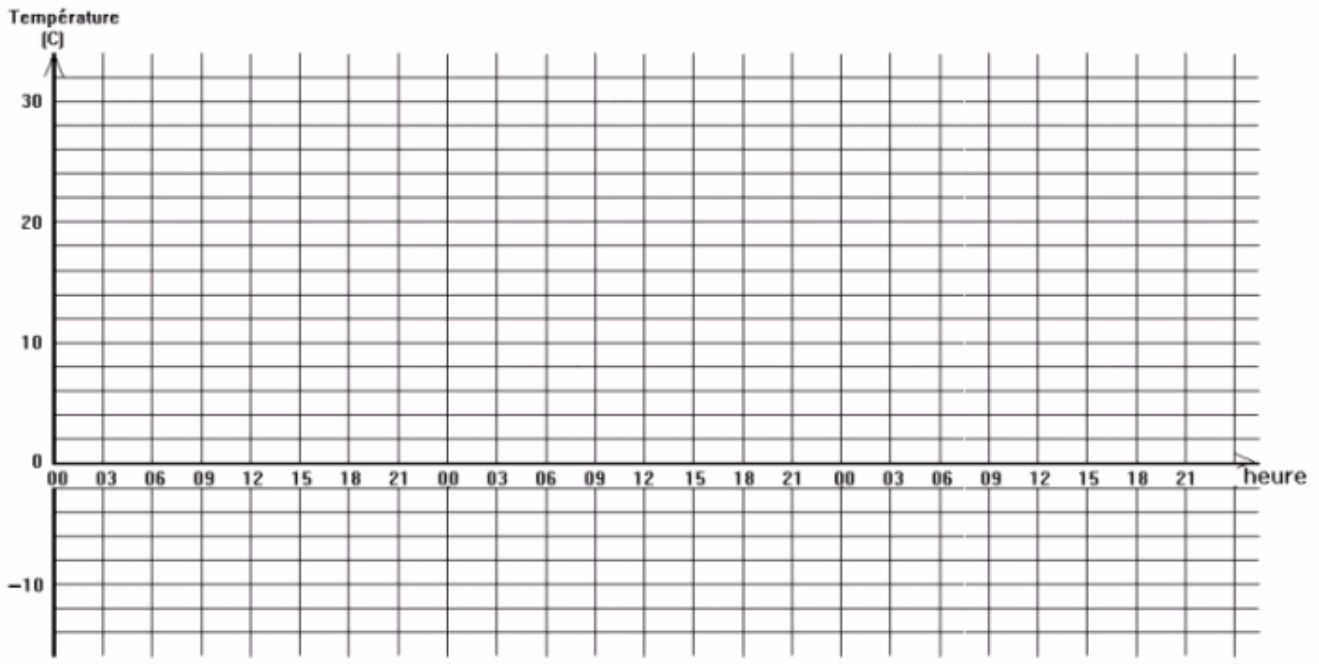
**Classe de 5<sup>ème</sup> : construction d'un graphique à partir de données présentées sous forme de tableau.  
Nombres relatifs- Soustraction-**

Toutes les 3 heures, on a effectué un relevé de températures ( en °Celsius ) à Paris au mois de janvier 2005.  
Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Jour	02 janvier 2005								03 janvier 2005							
	Heure	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18
Température	-7	-3	0	2	5	7	5	3	-3	-2	1	3	6	7	6	4

Sur le graphique suivant, placer les points correspondants aux relevés et en déduire la courbe d'évolution de la température

### Température



01 Janv. 05

02 Janv. 05

03 Janv. 05

1) Quelle est la plus basse des températures relevées le 02/01/2005 à Paris?.....

Quelle est la plus haute des températures relevées le 02/01/2005?.....

En utilisant les données du tableau, calculez la moyenne des températures relevées le 02/01/2005  
.....

Quelle est la plus basse des températures relevées le 03/01/2005 à Paris ?.....

Quelle est la plus haute des températures relevées le 03/01/2005?.....

Calculez la moyenne des températures relevées le 03/01/2005?.....

2) L'amplitude de température est la différence entre la température maximale et la température minimale relevées.

Trouvez l'amplitude de température pour le 02/01/05 :.....

Trouvez l'amplitude de température pour le 03/01/05 :.....

**Classe de 5<sup>ème</sup> : j'établis un bilan météo avec mes camarades**

**Exemple de scénario d'activités pluridisciplinaires**

Dans la classe, tu formes un groupe « météo » avec quelques camarades.

Vous vous répartissez les observations. ( à relever 3 fois par jour pendant une semaine) :

- température,
- pression atmosphérique,
- force et direction du vent,
- hygrométrie,
- pluviométrie.

Toutes ces indications sont à mesurer avec les instruments de mesure adéquats.

Les valeurs mesurées seront placées dans un tableau (par exemple dans le cadre de la physique-chimie)

Les données recueillies pourront être traitées dans le cadre des mathématiques et comparées à celles extraites des bulletins météorologiques diffusés par Météo-France.

Suivant les saisons, ces données peuvent être mises en parallèle avec des observations réalisées en SVT sur la faune et la flore.

En fin de semaine, vous êtes capables de rédiger un bilan météorologique avec toutes les observations que vous avez faites.

Quelles sont les activités sportives qui auraient pu être pratiquées dans votre environnement proche pendant cette période ? (dans quelles conditions, sous quelle forme d'organisation, en prenant quelles précautions ... ?)

A partir d'un bulletin de prévisions météorologiques extrait du site « Météo-France », envisager quelles seraient les activités sportives qui pourraient être pratiquées, dans quelles conditions et avec quelles précautions ?



**Évaluation, classe de 5<sup>ème</sup>: écouter, comprendre, répondre.**  
**(Évaluation à partir d'un document sonore enregistré)**

L'objectif de l'activité est double :

- Savoir ce qu'est le brouillard et connaître les circonstances de sa formation.
- Développer son attention et sa concentration auditive.

L'enregistrement en lien hypertexte est l'extrait d'une rubrique radiophonique. Le texte du document audio est reproduit ci-après.

A défaut de pouvoir passer l'enregistrement radiophonique, le professeur peut lire le texte à la classe.

France Info, dimanche 4 décembre 2005

Attention brouillard : visibilité réduite !

Une rue de Paris, à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle... Le brouillard est dense, tellement dense que s'orienter devient difficile. On marche à tâtons, on se heurte à tous les coins de rues, et certains louent même les services d'un aveugle, pour ne pas se perdre. Ces brouillards à couper au couteau ont quasiment disparu des grandes villes... Il y a un siècle, Paris connaissait plus de 100 jours de brouillards par an, le chiffre est tombé en dessous de 10 aujourd'hui. Les villes sont de plus en plus sèches, et de plus en plus chaudes, explique Frédéric Nathan, prévisionniste à Météo France.

*« C'est d'abord une augmentation de température à l'intérieur des grosses agglomérations, effectivement. Et puis la deuxième raison, qui est aussi très importante, c'est que quand il y a des précipitations, celles-ci sont évacuées très rapidement à cause des routes goudronnées. Donc on a rarement des surfaces qui restent humides longtemps : peu d'humidité, peu d'air froid, donc pas de condensation, donc peu de brouillards à Paris de nos jours. »*

Six jours de brouillards par an dans la capitale, contre une quarantaine à la campagne. Les météorologistes parlent de brouillard quand la visibilité n'excède pas un kilomètre... Comment peut-on expliquer la formation de ces milliards de gouttelettes d'eau en suspension ? Hé bien imaginez qu'un nuage se soit formé juste au-dessus du sol... Le mécanisme est le même. Vous le savez, l'air contient de la vapeur d'eau, un gaz invisible. Or, l'air froid ne peut pas contenir autant de vapeur d'eau que l'air chaud. C'est une loi physique. Quand l'air se refroidit, le surplus de vapeur d'eau se condense et donne de fines gouttelettes. C'est surtout vrai en fin de nuit, lorsque le temps est calme.

Frédéric Nathan : *« La Terre emmagasine énormément d'énergie la journée avec le rayonnement solaire. Et la nuit, ce rayonnement solaire est restitué sous forme de chaleur. Cette chaleur, s'il n'y a pas de couverture nuageuse, va s'évacuer vers l'espace. Et donc le sol va fortement se refroidir. Si le vent est nul, à ce moment-là, avec ce refroidissement, si l'air est suffisamment humide, on va avoir formation de petites gouttelettes d'eau : ça sera la rosée ou si la température est négative, ça sera le givre. Par contre, s'il y a un petit peu de vent, ça va brasser dans les premiers mètres de l'atmosphère, et à ce moment-là, c'est l'air des premiers mètres qui va se condenser, et alors on aura formation du brouillard. »*

L'activité commence par renseigner un questionnaire *Vrai ou Faux* par les élèves sans écoute préalable du document. Le professeur passe l'enregistrement une ou plusieurs fois et les élèves cochent à nouveau les cases *Vrai* ou *Faux* avec un crayon d'une autre couleur.

Lors de la correction finale, chaque élève compare ainsi ses idées initiales aux informations apportées par le spécialiste. Il évalue ses capacités d'écoute et de compréhension. De son côté, le professeur a un regard sur les compétences de chaque élève et donne des conseils pour les améliorer. Sur le plan scientifique, il souligne les erreurs qui reviennent fréquemment au sujet de la vapeur d'eau et de sa condensation et y remédie.

Exemple de questionnaire :

Cochez la case qui convient.

	vrai	faux
1) De nos jours, il y a moins souvent de brouillard dans les grandes villes qu'aux siècles précédents.		
2) Actuellement, les grandes villes sont moins chaudes qu'aux siècles précédents.		
3) Aujourd'hui, les grandes villes sont plus sèches du fait des routes goudronnées et des réseaux d'évacuation d'eau.		
4) Actuellement, la ville de Paris a en moyenne 60 jours de brouillard par an.		
5) Le mécanisme de la formation du brouillard est le même que celui de la formation des nuages.		
6) L'air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau que l'air froid.		
7) Les gouttelettes de brouillard se forment lors du refroidissement d'un air humide.		
8) La nuit, le sol se refroidit plus lorsque le ciel est dégagé que lorsqu'il est couvert.		
9) Pour avoir du brouillard, il faut un peu de vent près du sol.		

**Sciences physiques : Température et humidité de l'air.**

**Compétences évaluées :**

Retenir le nom et le symbole de l'unité usuelle de température

Utiliser un thermomètre

Réinvestir la connaissance du test de reconnaissance de l'eau par le sulfate de cuivre pour distinguer des milieux qui contiennent de l'eau de ceux qui n'en contiennent pas.

**Préambule : Mise en évidence de l'humidité de l'air**

Le professeur a préparé une coupelle contenant du sulfate de cuivre anhydre et l'a laissée « dehors » depuis la veille.

1. Rappelle la propriété que possède le sulfate de cuivre anhydre en relation avec l'eau.
2. De quelle couleur est en réalité le sulfate de cuivre anhydre ?
3. De quelle couleur est-il devenu ici ?
4. Peux-tu fournir une explication à ce changement de couleur ?

*Eléments de réponse : Le sulfate de cuivre anhydre est une poudre blanche qui bleuit en présence d'eau. L'élève prouve ainsi que l'air contient de l'eau à l'état de gaz : c'est la vapeur d'eau atmosphérique (transparente).*

**Relevés de température, d'humidité relative de l'air et de pluviométrie :**

Le professeur a installé un thermomètre et un hygromètre à l'extérieur de la salle de classe.

A tour de rôle, chaque élève vient réaliser un relevé de la température et de l'humidité de l'air.

Chaque relevé pourra s'étaler sur dix jours et trois séries de relevés peuvent être réalisées pour différentes saisons

Exemples (Relevés 2004 / 2005 de la station météo de Paris-Montsouris à 12h00 UTC)

En octobre :

Date	04/10	05/10	06/10	07/10	08/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10
Température (°C)	14,3	13,9	16	15	18	22,1	22,4	22,4	21,6	21,8
Humidité de l'air (%)	75	88	84	84	75	53	54	53	51	43
Pluviométrie (mm)	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observations *										

En février :

Date	07/02	08/02	09/02	10/02	11/02	14/02	15/02	16/02	17/02	18/02
Température (°C)	8,6	9,6	12,2	8,5	12,1	5,3	3,7	0,9	1,8	5,1
Humidité de l'air (%)	62	66	58	81	88	64	66	55	66	57
Pluviométrie (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observations *										

En avril :

Date	18/04	19/04	20/04	21/04	22/04	25/04	26/04	27/04	28/04	29/04
Température (°C)	14	13	13,1	13,3	16,6	15,1	16,4	15	20,4	20,1
Humidité de l'air (%)	56	55	56	68	26	84	56	51	49	67
Pluviométrie (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observations *										

\* Utilise éventuellement des pictogrammes.

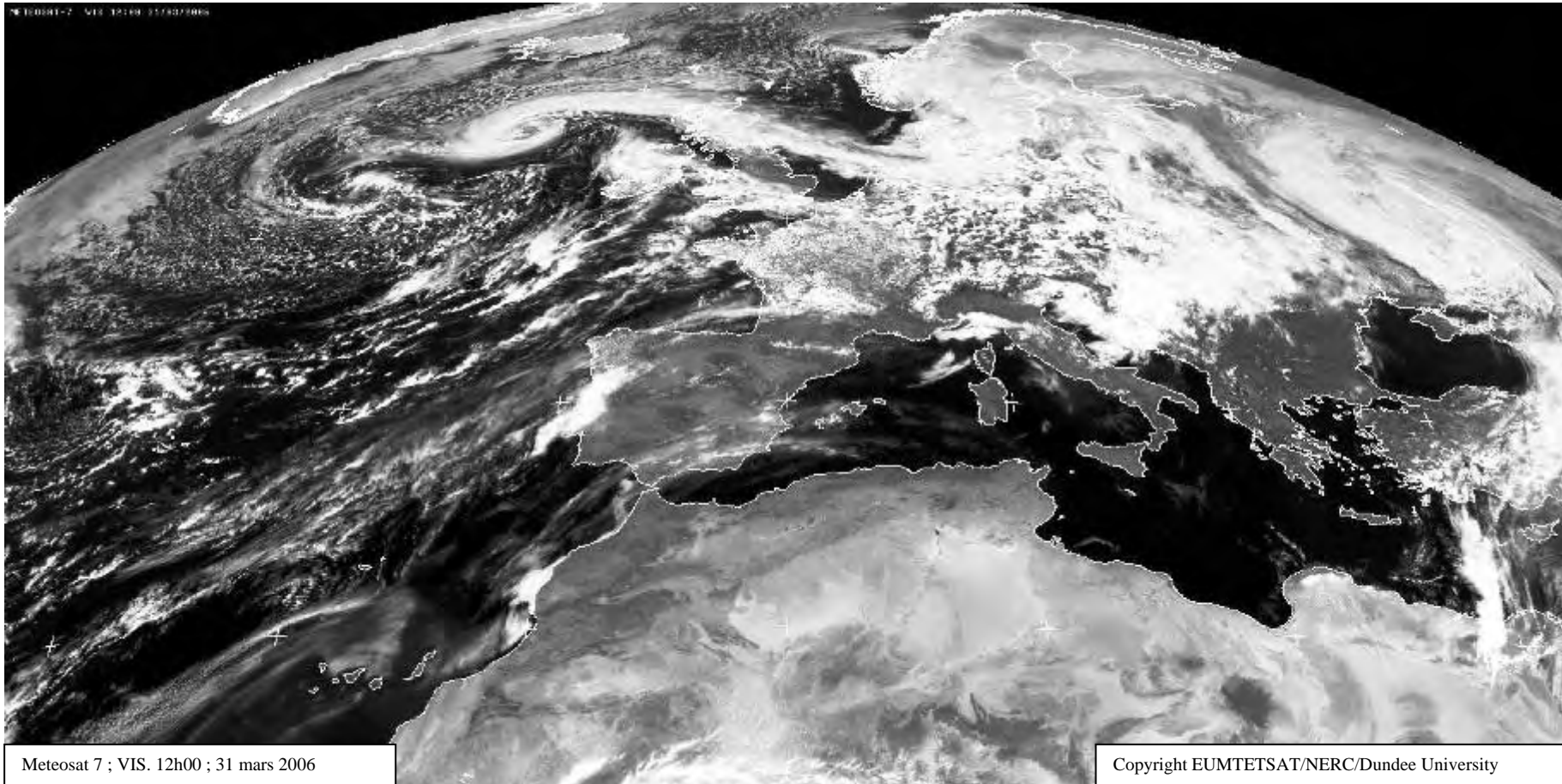
**Quelques pistes d'exploitations des données :**

- **Comparaison avec une ou deux stations proches de l'établissement afin de confronter les mesures obtenues par les élèves et d'autres plus " officielles ".**
- **Utilisation des données dans le cadre d'un cours de mathématiques (calculs de moyenne, réalisation de graphiques...).**
- **Comparaison des mesures avec d'autres effectuées les années précédentes. (Peut-on ainsi arriver à établir les caractères principaux d'une saison ou d'un climat ?).**



## Une évaluation en météorologie sur l'imagerie satellitaire

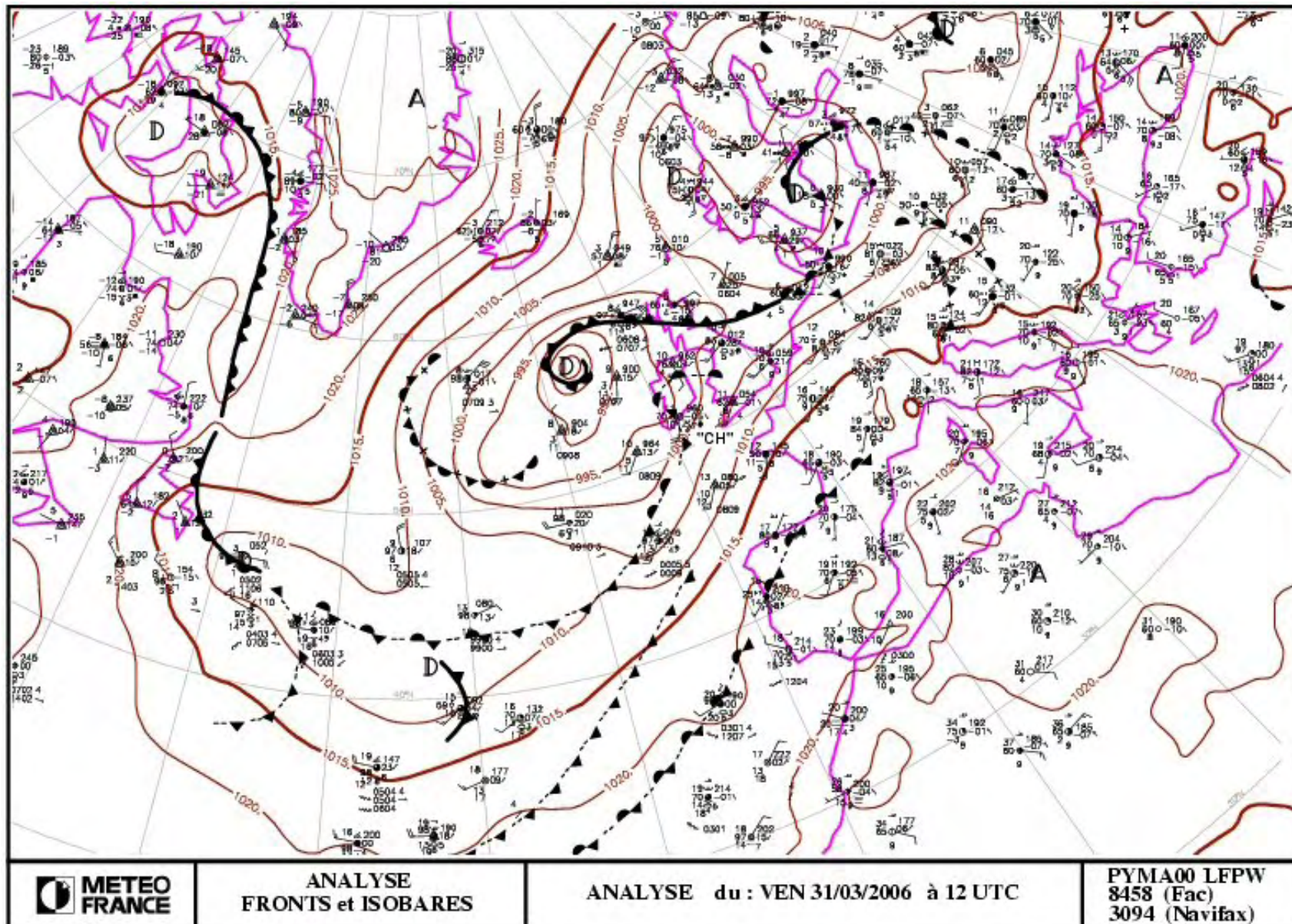
L'image ci-dessous a été acquise le 31 mars 2006 par le satellite européen Météosat, dans le domaine « visible », à l'aide d'un dispositif qui fonctionne sensiblement comme un appareil photo numérique. Elle correspond à ce que l'on verrait de la surface de la Terre si on occupait la position du satellite dans l'espace. Par contre, cette image scientifique est affichée en noir et blanc.



(Source : Université de Dundee ; <http://www.sat.dundee.ac.uk> )

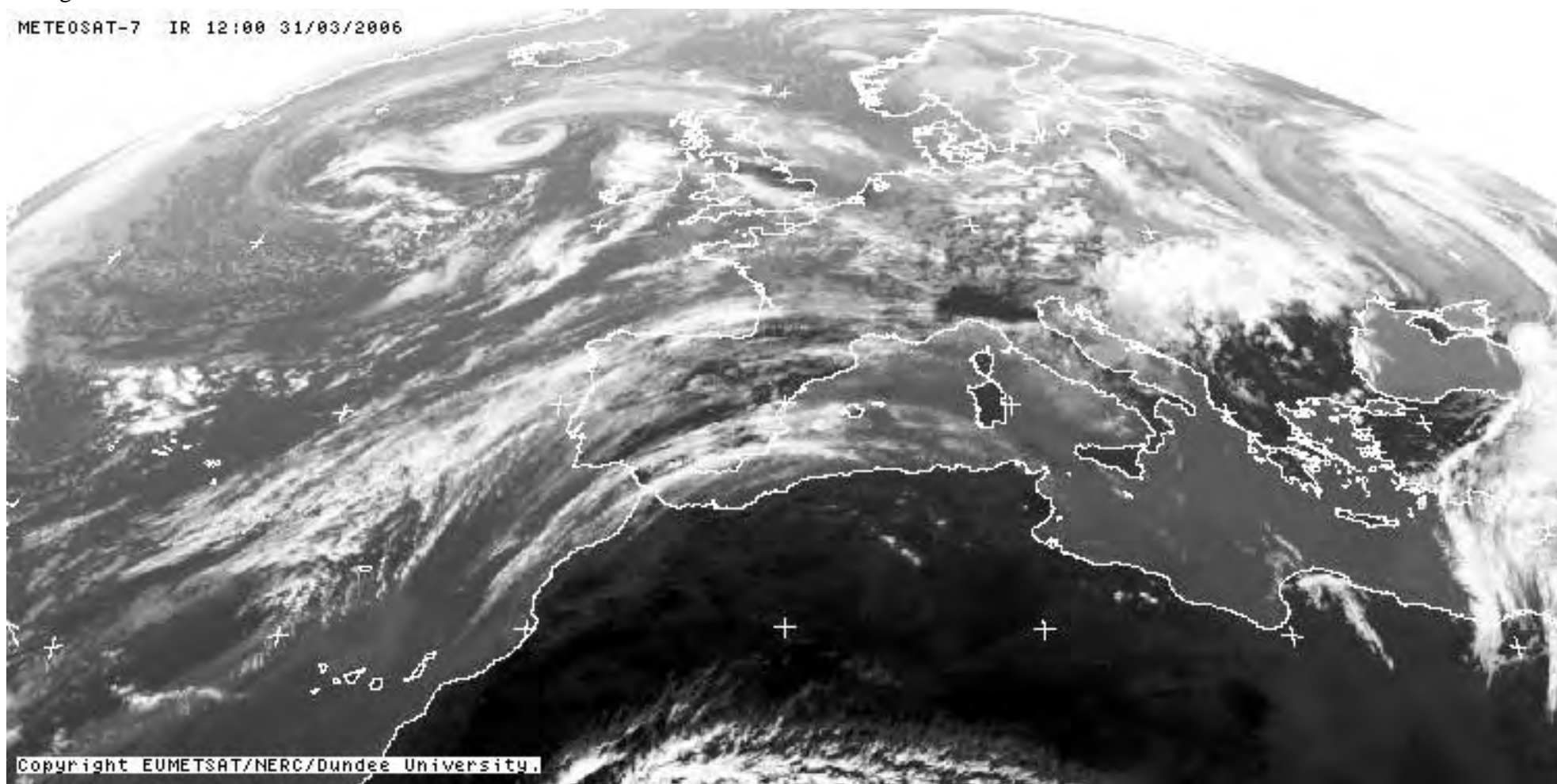
1. Quelles sont les zones géographiques couvertes par l'image ? Peut-on repérer certains pays ?
2. Sachant que sur ce type d'image, les nuages apparaissent en blanc, où repérer les masses nuageuses ?
3. Décrivez l'état du ciel :
  - a. à Marseille ?
  - b. à Bordeaux ?
  - c. à Paris ?
4. Peut-on mettre en évidence des structures nuageuses particulières ? Pointez le centre de la structure qui paraît la plus remarquable. Connaissez-vous le nom d'une telle structure ?
5. Est-ce que certains éléments de l'image peuvent permettre d'avoir une idée sur la direction des vents sur la côte Atlantique et dans le golfe de Gascogne ? Quelles autres informations seraient nécessaires pour connaître de manière sûre cette direction des vents ?
6. A quelle situation météorologique est soumise la zone géographique correspondant au bassin méditerranéen et à l'Afrique du Nord ?

7. Le document ci-dessous est la carte isobarique du 31 mars 2006. Quelles informations supplémentaires apporte-t-elle ?





L'image satellitaire ci-dessous a été acquise le même jour mais dans le domaine « infra rouge thermique ». Dans ce type d'images, plus les surfaces imagées sont chaudes et plus elles apparaissent sombres sur l'image. Inversement, plus les surfaces sont froides et plus elles apparaissent claires sur l'image.



(Source : Université de Dundee ; <http://www.sat.dundee.ac.uk> )

1. Quels sont les éléments de l'image qui apparaissent les plus chauds ? Les plus froids ?
2. Peut-on retrouver dans ce type d'image les grands éléments météorologiques repérés dans le visible ? Pourquoi ?
3. Pourquoi certains nuages apparaissent-ils en blanc sur les deux images ? Est ce que cela peut aider à formuler une hypothèse (que l'on formulera) sur la nature de leur constituant ? leur altitude et sur leur nature (glace, gouttelettes d'eau liquide)
4. Comparez les deux images en regardant par exemple la zone des Alpes ou des Pyrénées. Peut-on expliquer la différence constatée

**Activité, classe de 4<sup>ème</sup> : les unités utilisées en météorologie.  
Conversions, proportionnalité, ordre de grandeur.**

**Pour le vent :**

La vitesse du vent est généralement exprimée en  $\text{km.h}^{-1}$  (kilomètre par heure) ou en  $\text{m.s}^{-1}$  (mètre par seconde). Elle peut aussi être exprimée en nœuds ou milles par heure (kt pour knot) en météorologie marine ou aéronautique.

Un mille nautique est la distance séparant deux points d'un même méridien dont les latitudes diffèrent d'une minute d'angle.

Déduire de ce qui précède que la longueur du mille vaut 1,852 km.

$1 \text{ ms}^{-1} = 1,943 \text{ 8 nœuds}$

*Convertir en nœuds :*

$1 \text{ km.h}^{-1} \dots\dots\dots 25 \text{ km.h}^{-1} \dots\dots\dots 32 \text{ m.s}^{-1} \dots\dots\dots$

*Compléter :*

$1 \text{ nœud} = \dots\dots\dots \text{ m.s}^{-1} \qquad 1 \text{ nœud} = \dots\dots\dots \text{ km.h}^{-1}$

Pour désigner la force du vent, plusieurs adjectifs sont utilisés et une échelle (approximative) a été établie **d'ordre de grandeur** des vitesses moyennes du vent :

	Météorologie Sur terre	Météorologie marine	
		Force du vent	Vitesse
Calme	$< 2 \text{ km.h}^{-1}$	0	$< 1 \text{ nœud}$
Vent faible	$< 12 \text{ km.h}^{-1}$	1 à 2	$< 6 \text{ noeuds}$
Vent modéré	$< 35 \text{ km.h}^{-1}$	3 à 5	$< 21 \text{ noeuds}$
Vent assez fort	$< 50 \text{ km.h}^{-1}$	6	$< 27 \text{ noeuds}$
Vent fort	$< 75 \text{ km.h}^{-1}$	7 - 8	$< 40 \text{ noeuds}$
Vent très fort	$< 88 \text{ km.h}^{-1}$	9	$< 47 \text{ noeuds}$
Vent violent	$> 88 \text{ km.h}^{-1}$	10 à 12	$> 47 \text{ noeuds}$

En météorologie marine, un avis de tempête est diffusé lorsque les vents sont violents.

Pouvez-vous indiquer à quelle vitesse minimale souffle alors le vent ?.....

Convertir cette vitesse en  $\text{km.h}^{-1}$   
.....

Un bulletin météorologique indique que le vent est de force 6 aujourd'hui. Pouvez-vous indiquer dans quel encadrement se situe la vitesse moyenne du vent ?  
.....

Comment qualifier (en météorologie marine) la vitesse du vent pour un vent soufflant à 36 nœuds ?  
.....

Comment qualifier (en météorologie sur terre) la vitesse du vent pour un vent soufflant à 46  $\text{km.h}^{-1}$  ?  
.....

*Compléter :*

Vitesse en $\text{km.h}^{-1}$	2	12	35	50		
Vitesse en noeuds					40	47

Utilise-t-on le même adjectif pour caractériser la vitesse du vent en météorologie sur terre ou en météorologie marine ? Justifier.  
.....

N.B. Cette étude peut être faite, en EPS, à partir de la mesure de la vitesse du vent effectuée avec un anémomètre.

**Pour la pression atmosphérique :**

L'unité de pression est le pascal (Pa).

1 hPa = .....Pa

Autrefois, on utilisait le bar .

1 bar = 100 000 Pa

$\frac{1}{1000}$  bar = .....Pa = .....hPa

1 mbar = ..... hPa

Un baromètre est un instrument utilisé en météorologie pour mesurer la pression atmosphérique.

D'après le glossaire de Météo - France : <http://www.meteofrance.com/FR/glossaire/index.jsp>

La **pression atmosphérique normale** est la pression exercée par une colonne verticale de 760 mm de mercure à la température de 0° C : sa valeur correspond environ à 1013 hPa.

Pour les besoins de l'aéronautique civile aux moyennes latitudes, on utilise la notion d'atmosphère « standard »

Dans ce cas, par définition de l'atmosphère standard, la pression et la température au niveau de la mer sont respectivement:

$P \approx 101\,325$  Pa et  $t \approx 15^\circ\text{C}$

Il ne faut pas les confondre avec les conditions « normales » du cours de chimie : 0 °C et 101 325 Pa même si curieusement les valeurs de pression sont identiques !

### **Pour la température :**

L'unité de température du système international est le Kelvin (K) (on ne dit pas degré Kelvin mais Kelvin tout seul, et donc on ne met pas le symbole °).

Dans la vie courante, on utilise le degré Celsius (° C ) tel que 0° C  $\approx$  273,16 K.

0°C correspond au changement de phase de l'eau de l'état solide à l'état liquide.

100°C correspond au changement de phase de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux.

Dans les pays anglo-saxons (USA et Grande Bretagne principalement) l'unité de température utilisée est le degré Fahrenheit (° F).

La correspondance entre ces deux unités est donnée par la formule :

$$t_F = t_C \times 1,8 + 32$$

Trouver à quelle température ( en ° F ) la glace fond : .....

Trouver à quelle température ( en ° F ) l'eau bout : .....

Et si nous testions notre anglais ?

"I'm John Smith, I live in London and am in good health. What's my body temperature (in F°) ?"



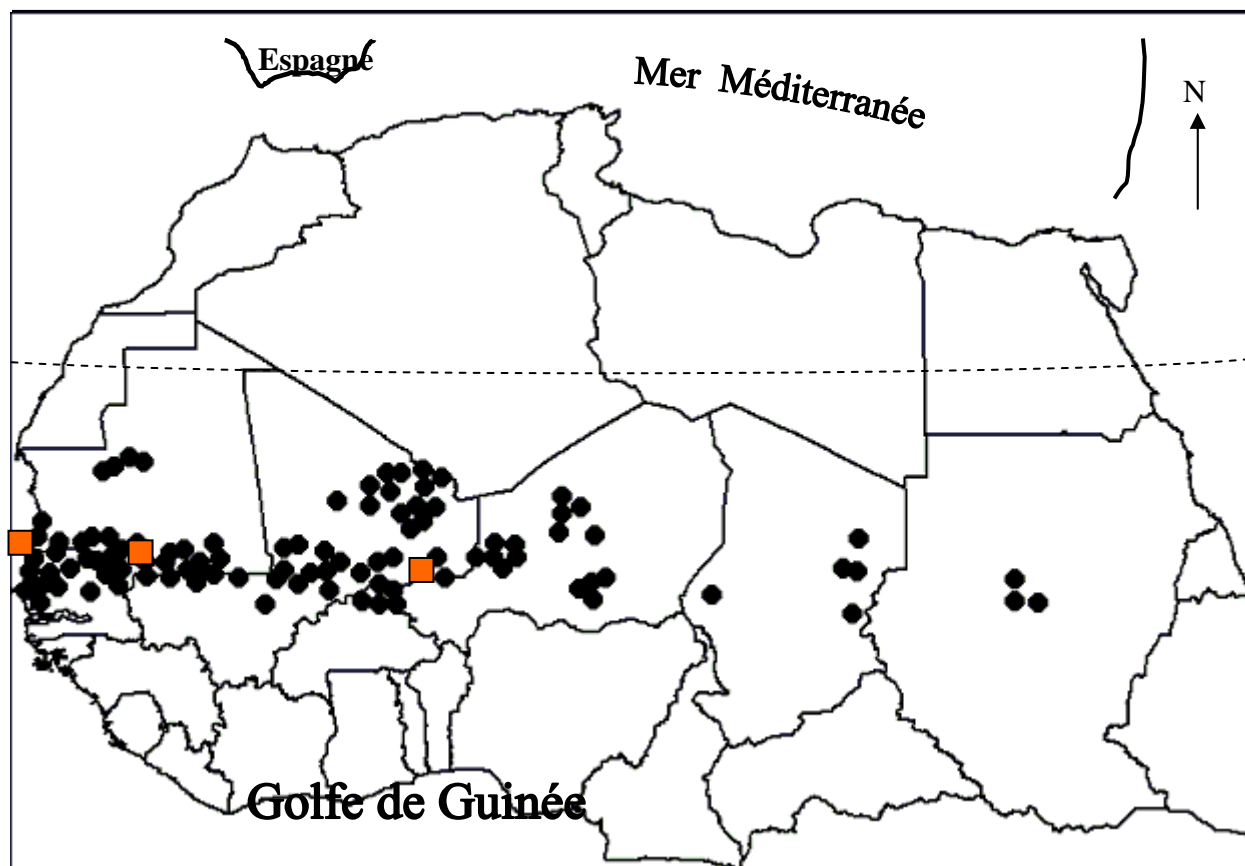
*Le texte qui suit peut servir de support à une évaluation de type formatif présentée sous la forme d'un travail personnel des élèves « hors de la classe ». Il devrait les aider à mieux percevoir la cohérence des apprentissages dispensés dans diverses disciplines à propos de la climatologie.*

*Les disciplines concernées ne sont pas mentionnées explicitement pour que les élèves s'aperçoivent qu'ils ont besoin de rechercher des informations ou de mettre en œuvre des connaissances dans l'ensemble du cursus.*

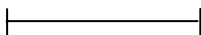
## Lorsque le climat s'en mêle, l'exemple du Sahel

La région d'Afrique que vous allez étudier se caractérise par des conditions climatiques relativement difficiles, du fait de la variabilité des précipitations. Alors que l'on peut penser que l'eau, élément vital, est un bienfait pour ces régions, elle peut être ici l'une des causes de catastrophes humaines.

### Doc. n° 1 : La présence de criquets pèlerins en Afrique



source FAO, novembre 1996.

Échelle :   
1000km

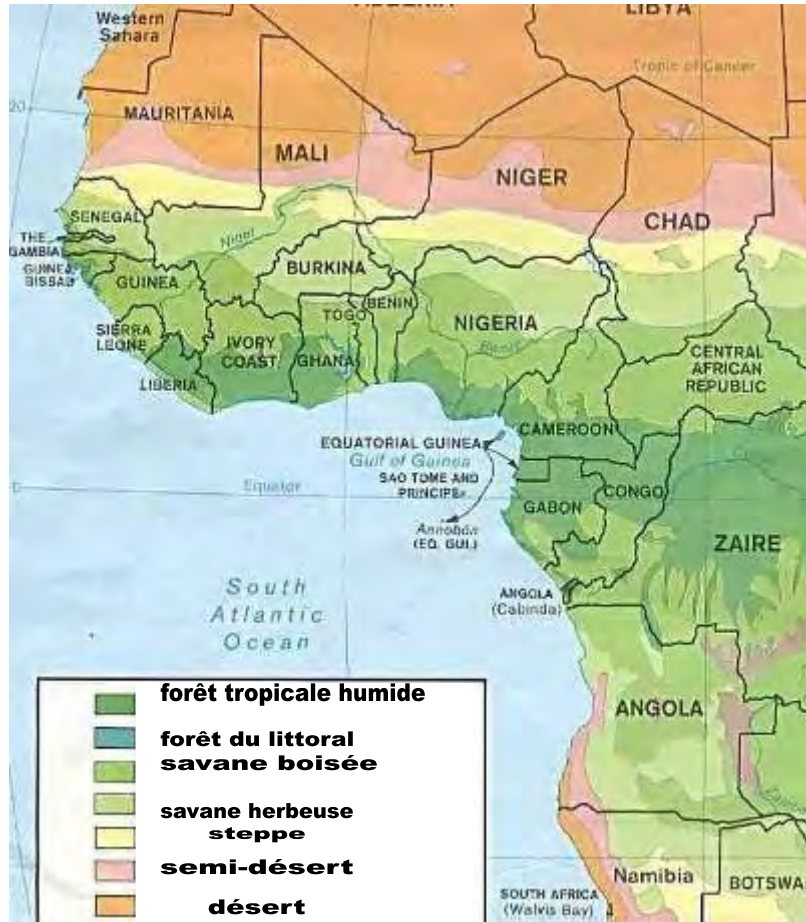
● Présence de criquets  
■ Villes étudiées dans l'activité

1. Inscrire sur la carte les pays concernés par les déplacements de criquets pèlerins et colorier-les.
2. Quel est le nom de la région concernée ?
3. Comment s'appelle la ligne imaginaire située au nord de cette région, en pointillés sur la carte?
4. Inscrire le nom du désert situé au nord de ces pays.

5. Incrire, dans une autre couleur, le nom des trois pays situés au nord-ouest de l'Afrique.
6. Comment appelle-t-on la région formée par ces trois pays ?
7. Citer le nom des climats de ces trois pays, et, à l'aide des données du manuel, les classer selon la régularité des températures.

**DOC n°1b.**

a) A l'aide du document joint, préciser le type de végétation dans les régions où sévissent les criquets pèlerins :



b) Comment peut-on expliquer la présence de criquets dans ces régions et pas dans les régions qui sont plus au nord ? → Proposition élève : il existe un rapport entre la végétation de type savane et la présence des criquets qui sont des herbivores (existence d'un réseau trophique dans lequel s'intègre le criquet).

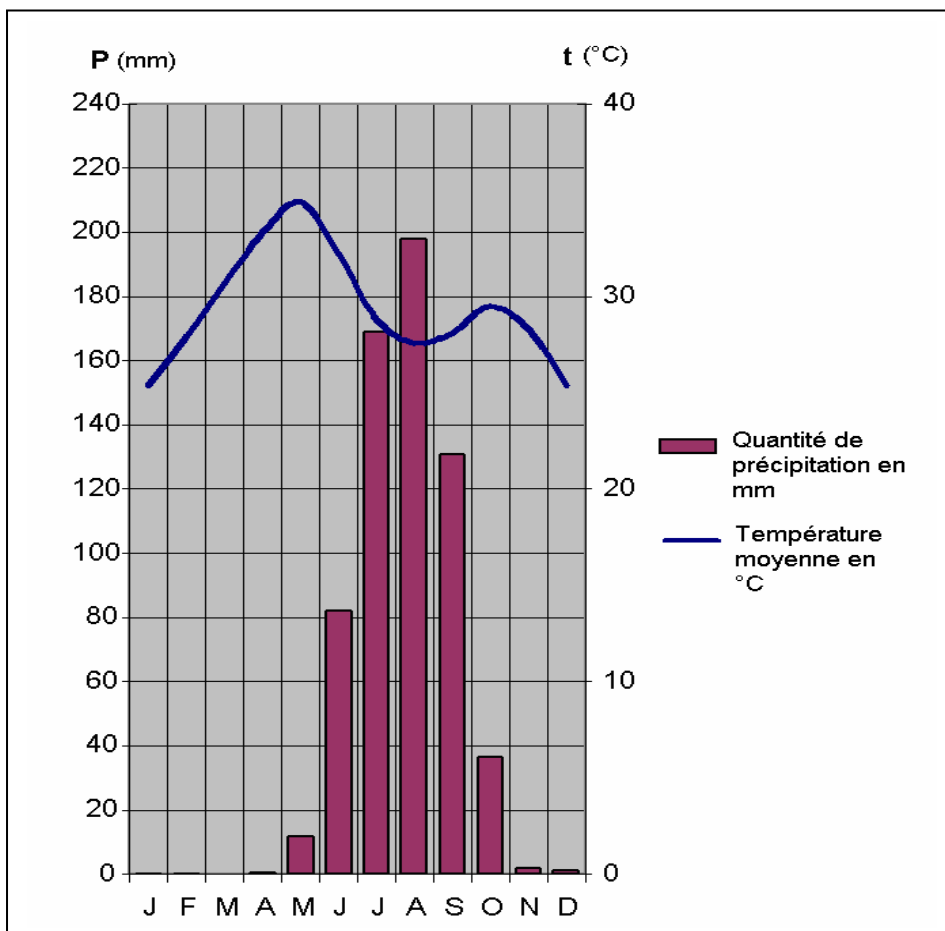
**Doc. n° 2a : Températures moyennes et précipitations de la station de Kayes (district de Tringamarena, ouest du Mali). Série 1961-1990.**

	<u>J</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>Jt</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>
Quantité de précipitations (millimètres)	0,1	0,1	0	0,3	11,9	82,2	169	198	131	36,5	1,7	1,1
Température moyenne (° Celsius)	25,4	27,9	30,7	33,3	34,9	32,2	28,8	27,6	28,1	29,5	28,3	25,4

A Tringamarena, la pluviométrie annuelle atteint 800 mm lors des années de bonne saison des pluies et 250 mm lors des mauvaises années pluviométriques.

1. A l'aide d'Internet et/ou d'un Atlas géographique, situer la région de Kayes sur la carte. ([http://marena.tringa.free.fr/geo\\_phys.htm](http://marena.tringa.free.fr/geo_phys.htm))
2. Quels sont les mois qui reçoivent le plus de précipitations à Kayes ?

**Doc. n°2b :** Températures moyennes et précipitations de la station de Kayes présentées sous forme de diagramme climatique.





1. D'après le graphique, quelle remarque peut-on faire sur les températures ? Et pour les précipitations ?
2. Quels sont les mois où il ne pleut pas ?
3. En utilisant les données du tableau, calculer la quantité moyenne de précipitations (en mm) puis calculer la température moyenne (en °C)
4. Le mois où les précipitations sont les plus fortes est-il le plus chaud ?

**Doc. n° 3a : Températures et précipitations de Ziguinchor (limite sud du Sahel, Sénégal).**

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
°C	26	26	28	29	31	31	28	28	28	29	28	26
mm	0	1	0	0	10	130	350	520	360	150	7	1

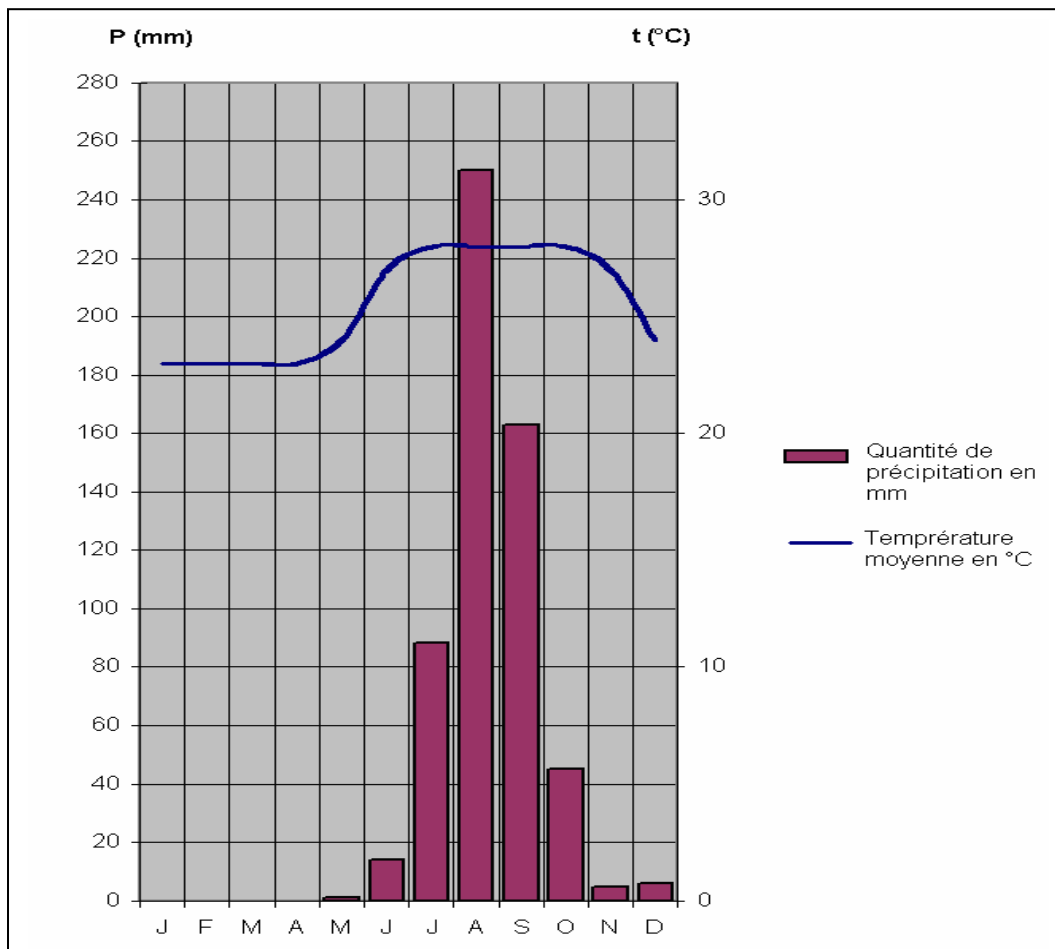
Sec

Pluies

Sec

1. Sur combien de mois s'étend la saison sèche et sur combien de mois s'étend la saison humide ?
2. En utilisant les données du tableau, calculer le cumul des précipitations (en mm) de juin à octobre inclus puis calculer la température moyenne pendant cette même période (en °C)
3. Calculer le cumul des précipitations pour l'année entière. Quelle est la part en pourcentages du cumul des précipitations de la saison des pluies par rapport à celui de l'année entière ?
4. Etablir un diagramme circulaire de répartition des précipitations suivant les deux saisons.

**Doc n°3b : Températures moyennes et précipitations de la station de Dakar (Sénégal) présentées sous forme de diagramme climatique.**



1. Quelle observation peut-on faire lorsqu'on observe le doc 3a et le doc 3b ?
2. En utilisant les données du graphique figurant dans le document 3b, calculer le cumul des précipitations (en mm) de juin à octobre inclus.
3. En comparant les deux tableaux de précipitations, que remarque-t-on pour la saison humide ?
4. Peut-on expliquer cela en regardant la carte du doc. n° 1 ?

**Doc. n° 4 : Pluie et aridité à Niamey (Niger)**

		1996	1998	1999	2000	2004
<i>J</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	- -	- -	- -	- -	- -
<i>F</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	- -	- -	- -	- -	- -
<i>M</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	- -	- -	- -	- -	- -
<i>A</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	2 8,6	2 32,7	1 4,8	1 9,4	1 29,6
<i>M</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	2 3,4	4 26,8	5 27,8	4 5,8	2 0,7
<i>J</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	8 109,6	7 89,1	7 44,9	7 82,5	7 38,3
<i>Jt</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	10 113,9	10 176,7	16 219,2	16 160,0	16 110,3
<i>A</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	16 220,5	14 281,9	18 150,6	9 144,9	13 177,6
<i>S</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	10 80,1	12 207,8	12 188,7	8 50,2	8 92,3
<i>O</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	2 12,2	2 1,6	3 5,8	- -	- -
<i>N</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	- -	- -	- -	- -	- -
<i>D</i>	Nombre de jours de pluie. Total précipitations.	- -	- -	- -	- -	- -
	<b>Nombre de jours de pluie/an.</b>					
	<b>Total précipitations/an.</b>					

1. Indiquer Niamey sur la carte (doc. n° 1).
2. Que peut-on dire sur la répartition annuelle des précipitations ?
3. En Afrique intertropicale, quels noms donne-t-on à la saison des pluies et à la saison sèche ?
4. Comment peut-on qualifier la saison qui s'étend de novembre à avril ?
5. Comment appelle-t-on autrement cette saison ?
6. Calculer le nombre moyen de jours de pluie au mois d'août pour ces quatre années.
7. Repérer les mois pour lesquels le total de précipitations a été supérieur à 160mm.
8. Calculer le nombre moyen de jours de pluie et la hauteur moyenne de précipitations par année.
9. Arrondir à l'unité les valeurs des précipitations pour l'année 2004 puis représenter la série obtenue par un diagramme en bâtons.

**Doc. n° 5 bis : l'hygrométrie moyenne à Niamey (en %)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Hygrométrie en %	13	15	7	14	36	56	66	55	51	14	13	20

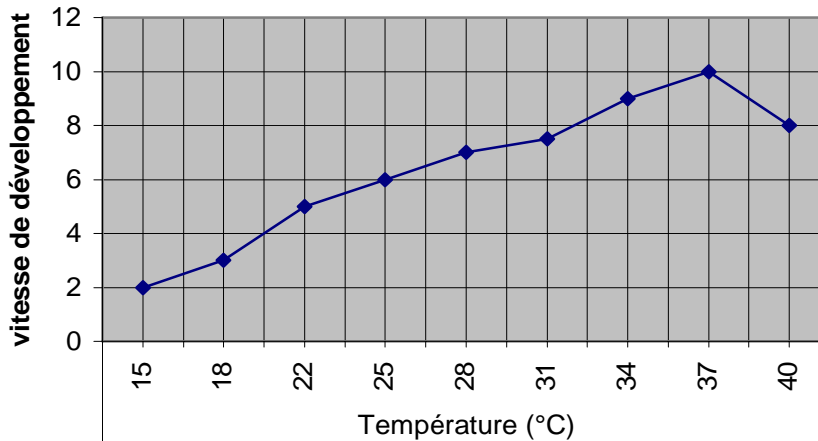
1. Dans un dictionnaire, rechercher la définition de l' « hygrométrie ». En quelle unité se mesure-t-elle ?
2. Quel est le nom de l'appareil de mesure servant à déterminer l'humidité relative de l'air ?

3. D'où pourrait provenir l'humidité de l'air ? A quel phénomène physique peut-elle être liée ?
4. Comment pourrait-on prouver que l'air contient de la vapeur d'eau ?
5. Comment pourrait-on expliquer que l'hygrométrie n'est jamais nulle même pendant les mois de l'année où il ne pleut pas ?

Compétences : Réinvestir la connaissance du test de reconnaissance de l'eau pour distinguer les milieux qui contiennent de l'eau et ceux qui n'en contiennent pas ; Citer les trois états physiques de l'eau et les illustrer par des exemples

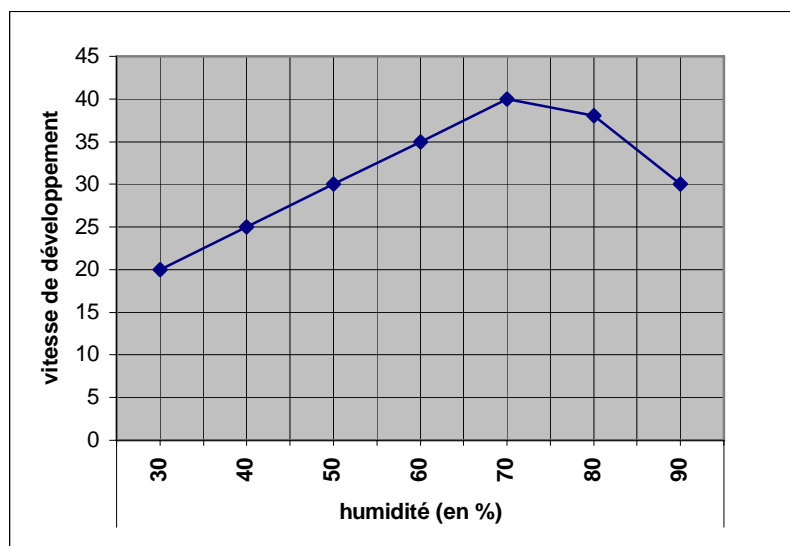
**DOC n°6.**

Documents complémentaires sur les relations entre la température, les précipitations et la vitesse de développement des criquets.



Relations entre la température et la vitesse de développement des larves de criquets.

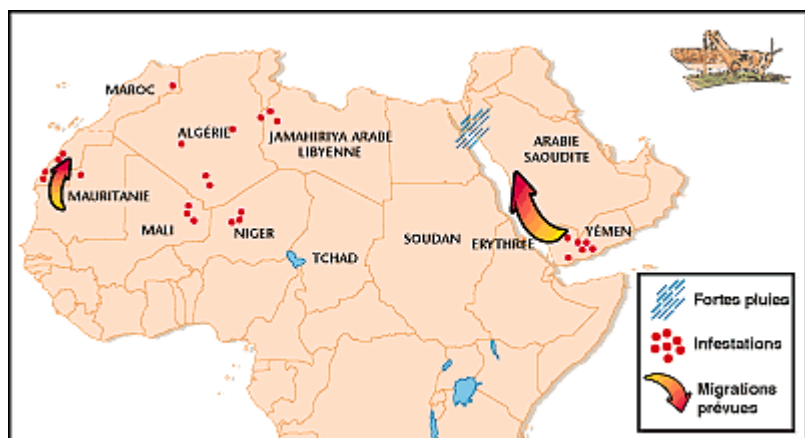
- 1) Comment évolue la vitesse de développement des criquets lorsque la température change ?
- 2) Que peut-on en conclure ?
- 3) Quels sont les mois les plus propices au développement des criquets ?



Relations entre l'humidité et la vitesse de développement des larves de criquets.

- 1) Comment évolue la vitesse de développement des criquets lorsque l'humidité change ? Quel lien existe entre l'humidité et les précipitations ?
- 2) Que peut-on en conclure ?
- 3) Quels sont les mois les plus propices au développement des criquets ?

## Doc. n° 7 : Les conséquences des pluies au Sahel.



Mouvements de criquets en Afrique de l'Ouest et au Yémen, novembre 1996

### **Des pluies inhabituelles accroissent le risque d'infestations de criquets pèlerins**

Les fortes pluies enregistrées dans les zones de reproduction hivernale de l'Afrique du Nord-Ouest et au pourtour de la mer Rouge pourraient favoriser une hausse de la population de criquets pèlerins qui menaceraient alors les récoltes de printemps dans ces régions, indique un rapport de la FAO.

D'après le *bulletin d'information sur les acridiens\** publié par le Groupe des nuisibles migrateurs de la FAO, des pluies inhabituellement fortes se sont abattues pendant plus d'une semaine sur les régions côtières des deux rives septentrionales de la mer Rouge à la mi-novembre. Des inondations ont été signalées dans de nombreux endroits. On pense que de forts vents du sud associés à ces intempéries ont entraîné les criquets vers le nord, depuis l'intérieur du Yémen vers les zones traditionnelles de ponte, dans les régions de l'Erythrée, du Soudan, de l'Egypte, du Yémen et de l'Arabie saoudite qui donnent sur la mer Rouge. On craint que les conditions soient favorables à une infestation acridienne dans ces régions au cours des prochains mois.

En Afrique occidentale, de jeunes criquets sans ailes continuent de former des bandes larvaires dans le nord-ouest de la Mauritanie et le nord du Mali et constitueront de nouveaux essaims jusqu'à la fin du mois. On redoute le déplacement de ces essaims vers le nord, au Maroc et en Algérie. Les autorités de ces deux pays surveillent de près la situation et se préparent à d'éventuelles opérations de lutte, pour protéger les vallées fertiles, comme la vallée de la Sousse, qui produisent des cultures de rapport d'une importance capitale.

\* Acridiens : insectes broyeur adaptés au saut, tel que les criquets, les sauterelles

**Rapport FAO 1996**

## Doc. n° 8 : Les méfaits des criquets pèlerins.

« Un essaim, transporté par les vents peut parcourir jusqu'à 200 km par jour. Une tonne de criquets pèlerins (soit une petite fraction d'un essaim moyen) consomme, en un jour, autant de nourriture que 2500 personnes\*. La durée de vie du criquet varie de trois à six mois. Extrêmement prolifique, cet insecte ravageur des plantes voit ses effectifs multipliés par dix d'une génération à l'autre. »

\* Il faut savoir qu'un criquet pèlerin pèse en moyenne 3 grammes et qu'il consomme son propre poids de nourriture par jour !

**Rapport FAO 2004.**



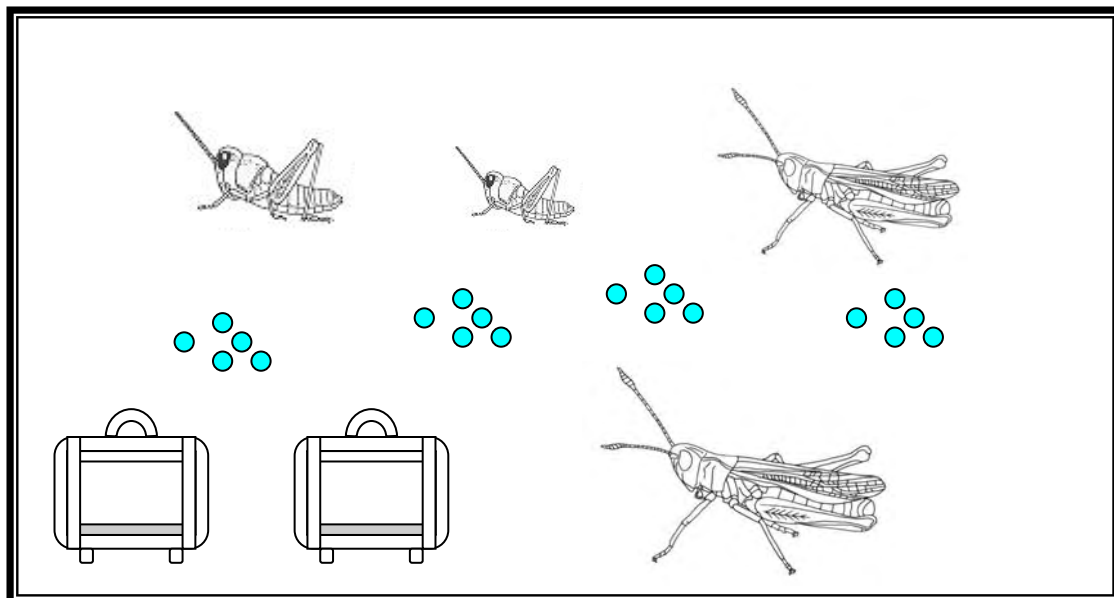
Lorsque les pluies sont abondantes, c'est bon pour les cultures, « mais aussi pour les criquets qui profitent de ces conditions exceptionnelles pour se rassembler. C'est un phénomène que les spécialistes appellent « grégarisation ». Les criquets ne sont plus solitaires. Ils sont en groupe, ce qui leur permet de se reproduire à vitesse grand « V ». Il faut savoir qu'une seule femelle peut pondre 2 ou 3 fois et qu'à chaque ponte, elle dépose 150 à 200 œufs dans le sol. Des œufs qui vont éclore en autant de larves et de futurs criquets extrêmement voraces »

Sébastien Jédor, RFI , article publié le 27/07/2004.

1. Calculez la masse de nourriture consommée par jour par une tonne de criquets pèlerins.
2. Combien de kilomètres un essaim peut-il parcourir en une semaine ?
3. On considère qu'en moyenne, se succèdent quatre générations de criquets par an. Si on considère un essaim de 50 criquets en début d'année, calculer le nombre de criquets à la fin de l'année.
4. Combien une femelle pond-elle d'œufs au total ? Evaluer le nombre minimal et le nombre maximal d'œufs
5. Quel phénomène météorologique provoque l'accroissement des populations de criquets ?
6. En comparant le texte (doc. n°6) et les deux tableaux (doc. n°3a et doc. n°4), quand ces régions connaissent-elles normalement le plus fort risque d'apparition de criquets ?
7. Quelles sont les deux grandes régions touchées par ce phénomène ?
8. Où sont situées les zones traditionnelles de ponte pour l'est africain ? Citer les pays africains concernés.
9. Quelles sont les autres régions menacées ?
10. Pourquoi les autorités des pays touchés luttent-elles contre ce fléau ?
11. Dans ces régions, pourquoi la pluie est-elle un bienfait ? Illustrer la réponse par deux exemples du texte.
12. Décrire les deux stades de développement du criquet.
13. En quelle saison les criquets naissent-ils ?
14. Comment et grâce à quel élément se déplacent-ils ? Quel mot, dans le texte, indique qu'ils se déplacent ?
15. Qu'appelle-t-on « grégarisation » ?

#### **Doc. n° 9 :**

A partir des informations du texte qui décrivent le cycle de développement du criquet et à partir du cours, complète le calendrier présenté avec les dessins qui représentent les divers stades. (intégration possible à une activité tableau numérique – Tice).



JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE

*( Activité de type synthèse possible).*

*A partir de toutes les informations données par les documents et à partir des réponses, proposer une explication générale qui permet de mettre en relation la présence irrégulière des criquets et les variations du climat.*

*L'enseignant peut alors proposer un schéma-bilan intégrant les divers paramètres étudiés et permet alors une meilleure visualisation des relations climat – peuplement/migrations des criquets.*

### Les conséquences pour les hommes

« L'agriculture est le pilier de l'économie du Sahel et une infestation [ de criquets] pourrait avoir des effets dévastateurs, non seulement sur la production vivrière mais aussi sur les exportations et sur les revenus ruraux.

En Mauritanie, l'agriculture représente 20% des richesses et 60% des emplois. De plus, le pays fait face à une pénurie alimentaire due à une sécheresse.[...] Au Niger, plus de 85% de la population dépendent de l'agriculture... »

**D'après le FAO in « perspectives alimentaires n°3 », sept 2004.**

1. Qu'appelle-t-on « culture vivrière » ? Donner un exemple pour l'Afrique sahélienne.
2. Donner un exemple de culture de cette région destinée à l'exportation.

**Résultats d'un travail conduit dans un collège  
avec des tous les élèves de 5<sup>ième</sup>  
à l'occasion d'un stage d'une semaine de ski de fond.**

**Question N°1**

« **Pour partir skier sur une boucle d'une dizaine de kilomètres, quels sont les éléments que vous prendriez en compte.** »

30% des enfants n'envisagent d'aucune manière la météo comme élément à considérer.

32% des élèves citent la météo comme élément à prendre en compte.

38% des élèves bien que n'évoquant pas directement la météo, font référence à des éléments qui lui sont relatifs : les lunettes, la crème solaire, le choix d'une casquette ou d'un bonnet, les gants, la boussole.

Question N° 2 : »

**Vous avez cité la météo, quelles questions vous posez vous ?**

Tous les éléments précédemment cités ont été rangé dans la rubrique relative au temps : beau, mauvais, soleil, chaud, froid, neige, brouillard.. Autre éléments, le rose au coucher du soleil, la montagne qui semble très près, le nuage lenticulaire sur le sommet du Mont Blanc.....

Les réponses montrent que la météo apparaît comme un élément limitateur de la pratique en cas de très mauvais temps ou de brouillard.

Question N°3 :

**Où allez- vous chercher des informations relatives à la météo ? »**

Les informations sont prises pour deux enfants auprès d'internet ou des services téléphoniques locaux . Les autres enfants n'ont pas répondu à cette dernière question.

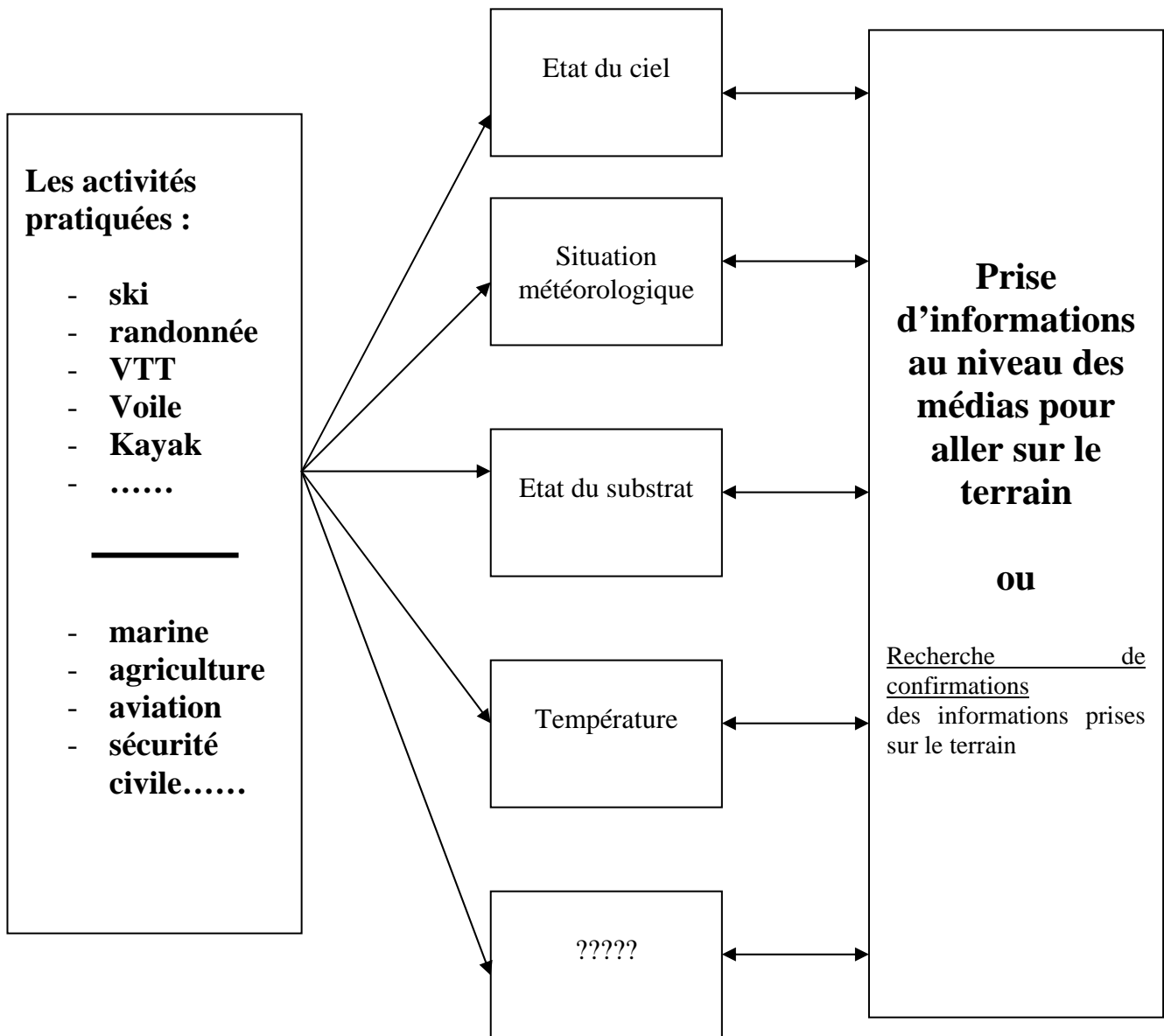
La recherche d'informations sur internet ou à travers les bulletins de la presse écrite ou parlée devrait permettre de développer une « **compétence à prévenir la météo pour agir** ». Mais lors des divers déplacements il peut arriver localement que les prévisions ne se confirment pas à la lettre. Il est donc important d'avoir d'autres indices de lecture qui peuvent modifier le diagnostic initial. Ceci reviendrait à développer une « **compétence à réguler la conduite de son activité en fonction d'indices repérés dans l'environnement** ».

Il m'apparaît donc important de pouvoir donner aux élèves des indices qui leur permettent d'apprécier la météo afin qu'ils puissent prendre les décisions optimales qui sont nécessaires pour conduire leur pratique.

Les questions pourraient tourner autour des éléments traités dans le tableau suivant.

Le choix de ces questions sont fonction de la pratique.

Eveiller la curiosité scientifique, n'est-ce pas créer un aller retour entre les évènements de terrain et les informations de caractère scientifique ?



### 3. Étude du passage d'une perturbation

(Perturbation du 16 et 17 décembre 2004)  
 Station météorologique du collège H. Dunant 59660 Merville

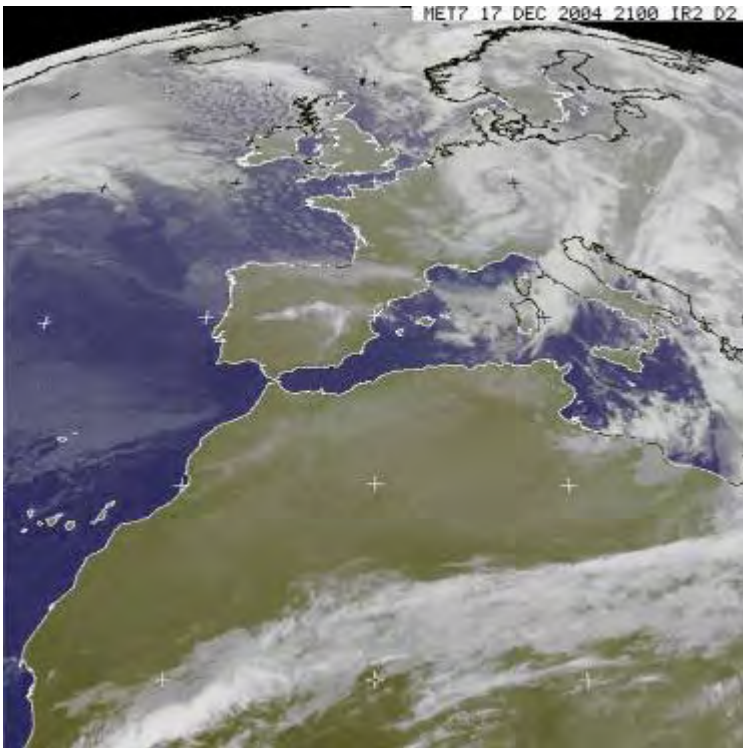
*Bien que les perturbations aient chacune des caractéristiques particulières, elles suivent en général un schéma classique : arrivée d'un front chaud, passage du secteur chaud, arrivée d'un front froid, passage dans l'air froid postérieur. Au cours de ce développement, les relevés de la pression, de la température, des précipitations, de l'humidité de l'air et de la vitesse du vent permettent d'en repérer les différents événements.*

*Les relevés proposés sont ceux enregistrés lors de la dernière grosse tempête qui a balayé la France en décembre 2004. Elle a entraîné des dégâts matériels considérables, fait de nombreux blessés et est malheureusement à l'origine du décès de six personnes écrasées par des arbres déracinés ou atteintes par des objets emportés par le vent.*

date et heure	température en °C	pression en hPa	humidité %	pluie en mm	vitesse vent en km/h	direction vent
16/12/2004-0h	2.3	1017	94	0	3.6	S
16/12/2004-2h	1.5	1016	94	0	3	SO
16/12/2004-4h	3	1015	95	0	6.5	O
16/12/2004-6h	4.5	1012	95	0	13	O
16/12/2004-8h	5	1009	96	0	19	O
16/12/2004-10h	5.5	1006	95	0	17	OSO
16/12/2004-12h	5.9	1004	95	0.1	16	OSO
16/12/2004-14h	7.2	1002	94	0.5	15.5	SO
16/12/2004-16h	7	1000	94	0.1	9	SO
16/12/2004-18h	6.5	1000	94	0	5	SO
16/12/2004-20h	7	1000	95	0	7	SO
16/12/2004-22h	6.5	1001	95	0	6	SO
17/12/2004-0h	7	1001	95	0	5.5	O
17/12/2004-2h	7	1002	95	0	5	O
17/12/2004-4h	6.5	1002	94	0	2	OSO
17/12/2004-6h	6	1001	93	0.1	6	SSO
17/12/2004-8h	6.5	995	94	0.5	21.5	OSO
17/12/2004-10h	6.2	992	93	0.5	17	SSO
17/12/2004-12h	6.1	990	93	3	17.5	SSO
17/12/2004-14h	6	986	94	7.3	22	SO
17/12/2004-16h	5.9	981	95	6.5	24.5	O
17/12/2004-18h	5.5	976	90	5.7	24.5	NO
17/12/2004-20h	5	985	84	0.1	23.5	NNO
17/12/2004-22h	5	994	83	0	25	NO
18/12/2004-0h	4.5	1004	85	0	26.5	NO

En utilisant un tableur- grapheur (ex : Excel) on peut réaliser, pour chaque paramètre, les diagrammes ci-après :



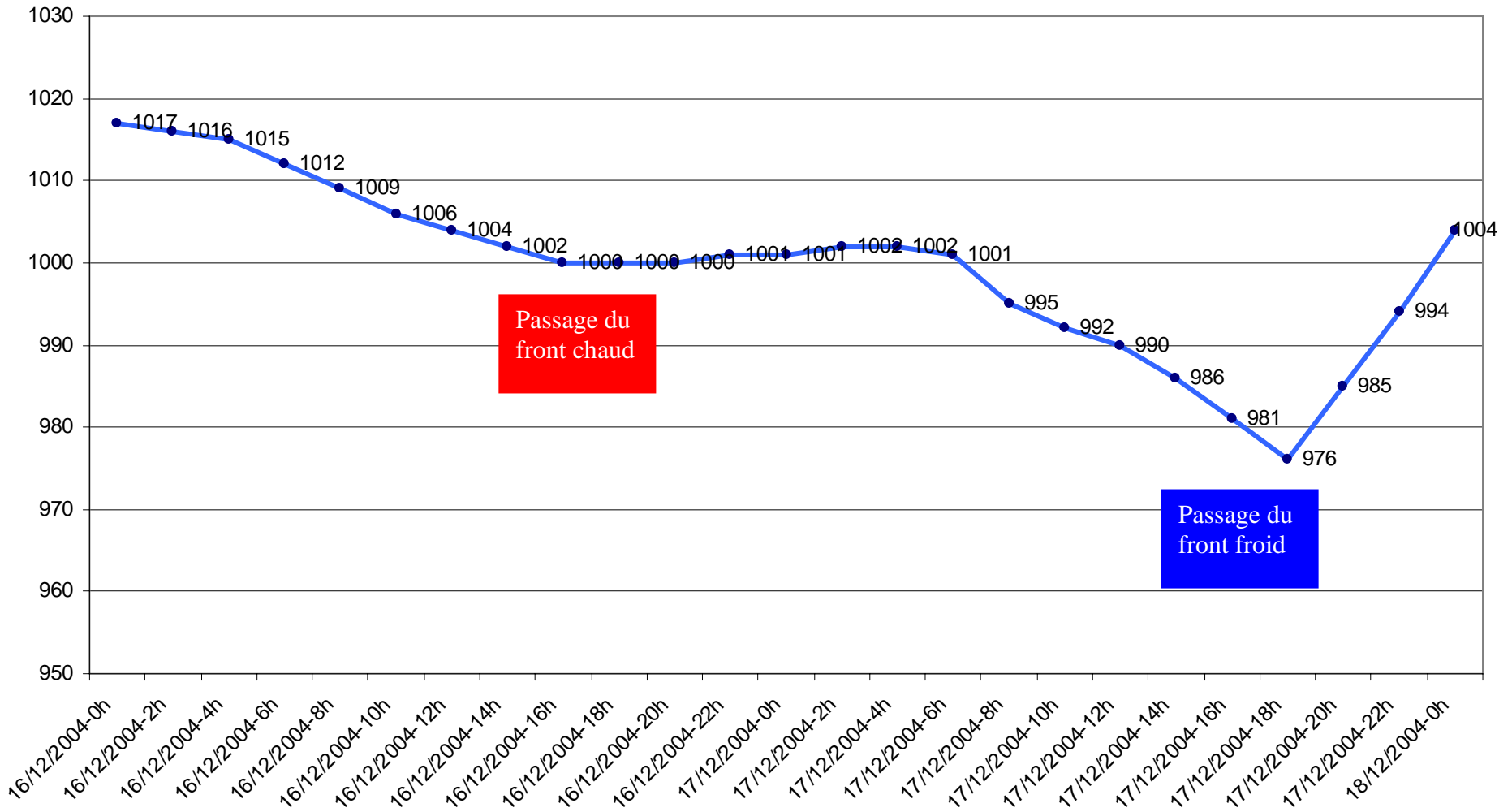


Images obtenues par le satellite *METEOSAT 7*  
le 17 décembre 2004 :

- ci-dessus à 18h00 : en I.R. (infrarouge).
- ci-contre à 21h00 : image colorisée.

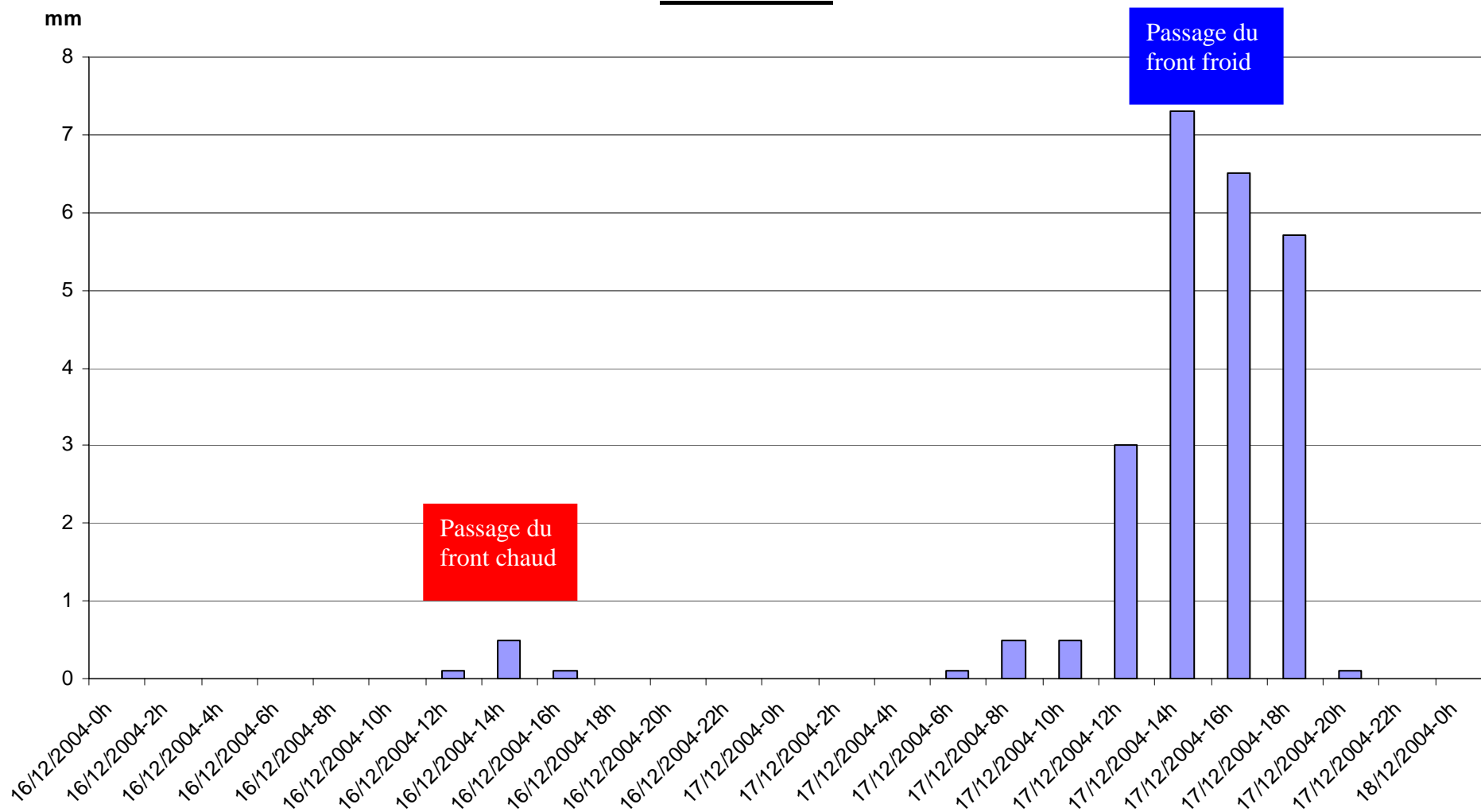
### Pression atmosphérique

hPa

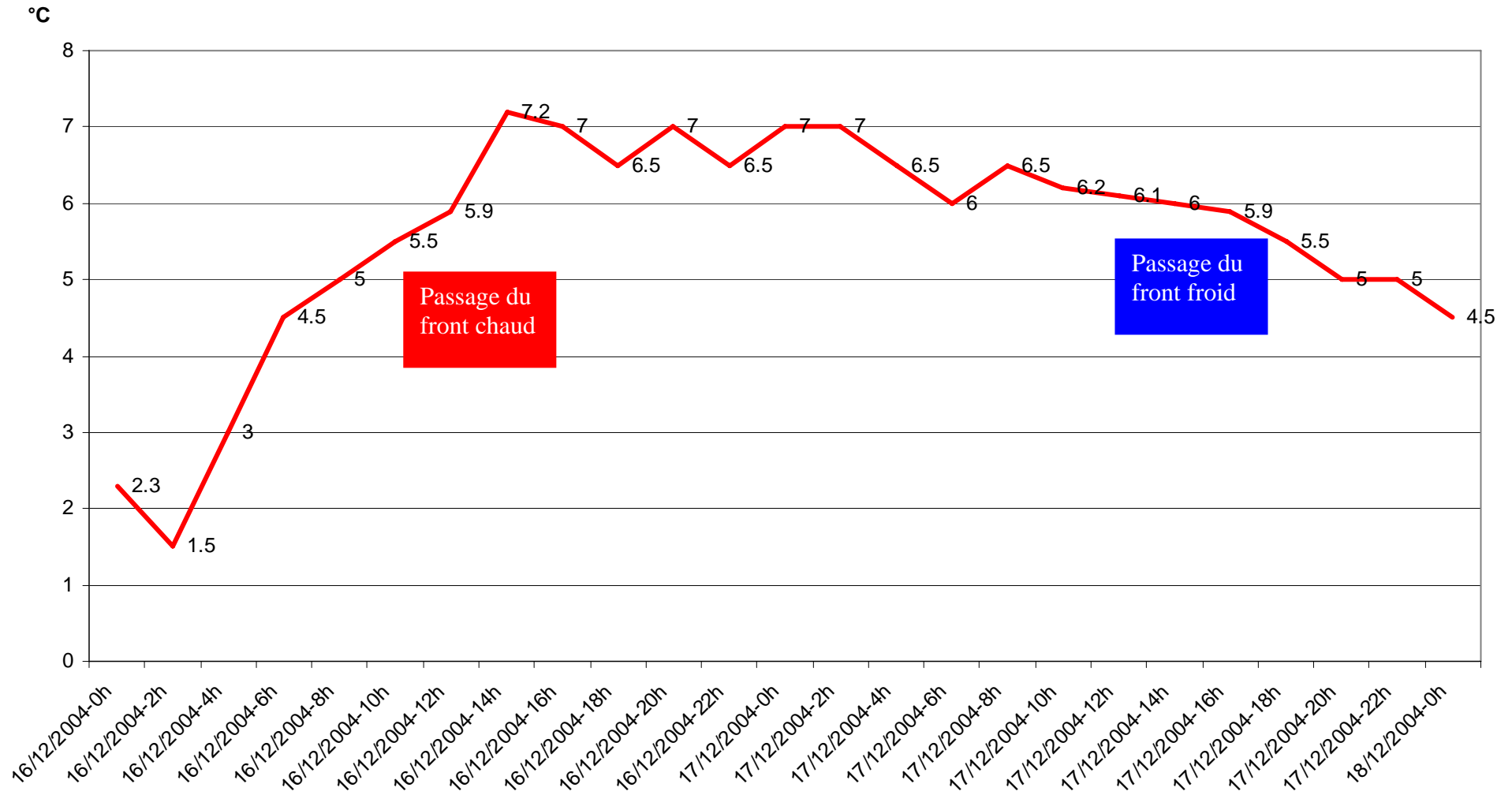




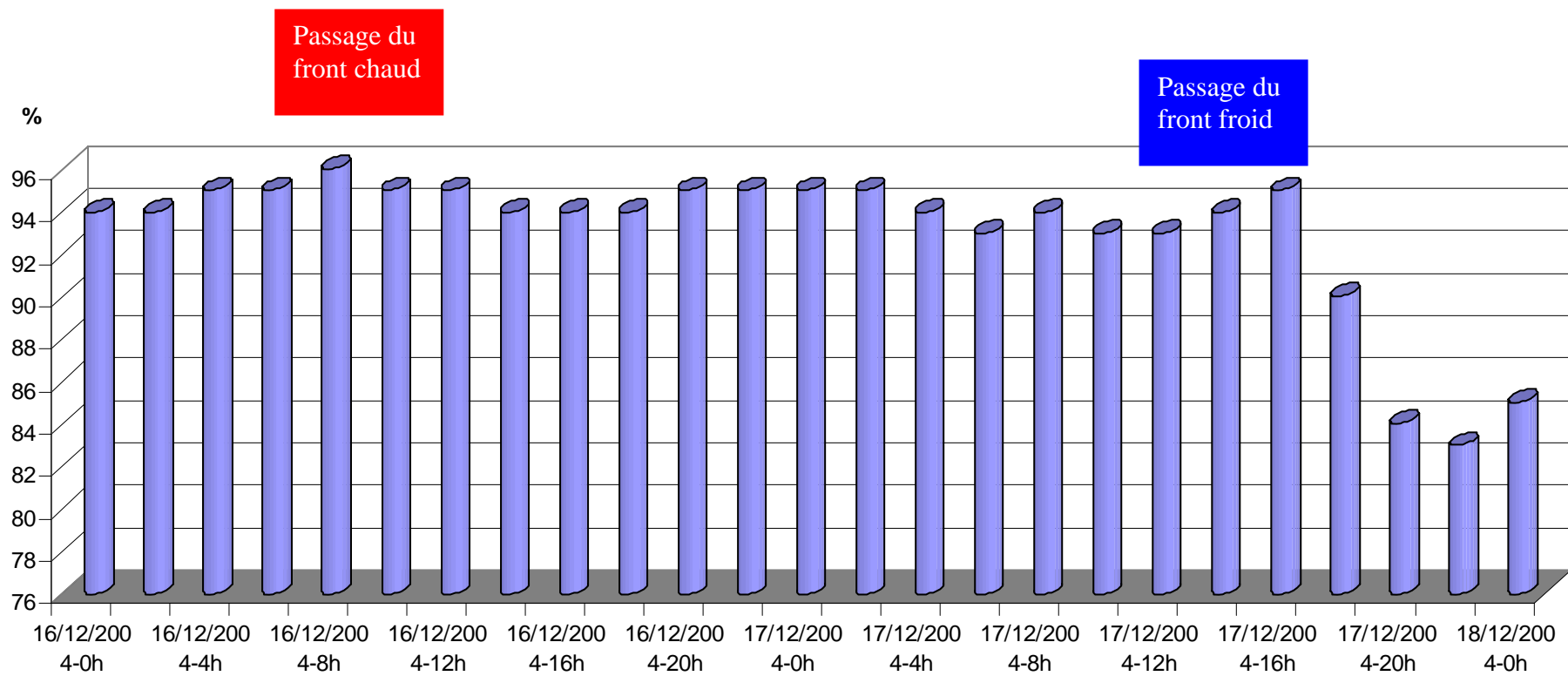
## Pluviométrie



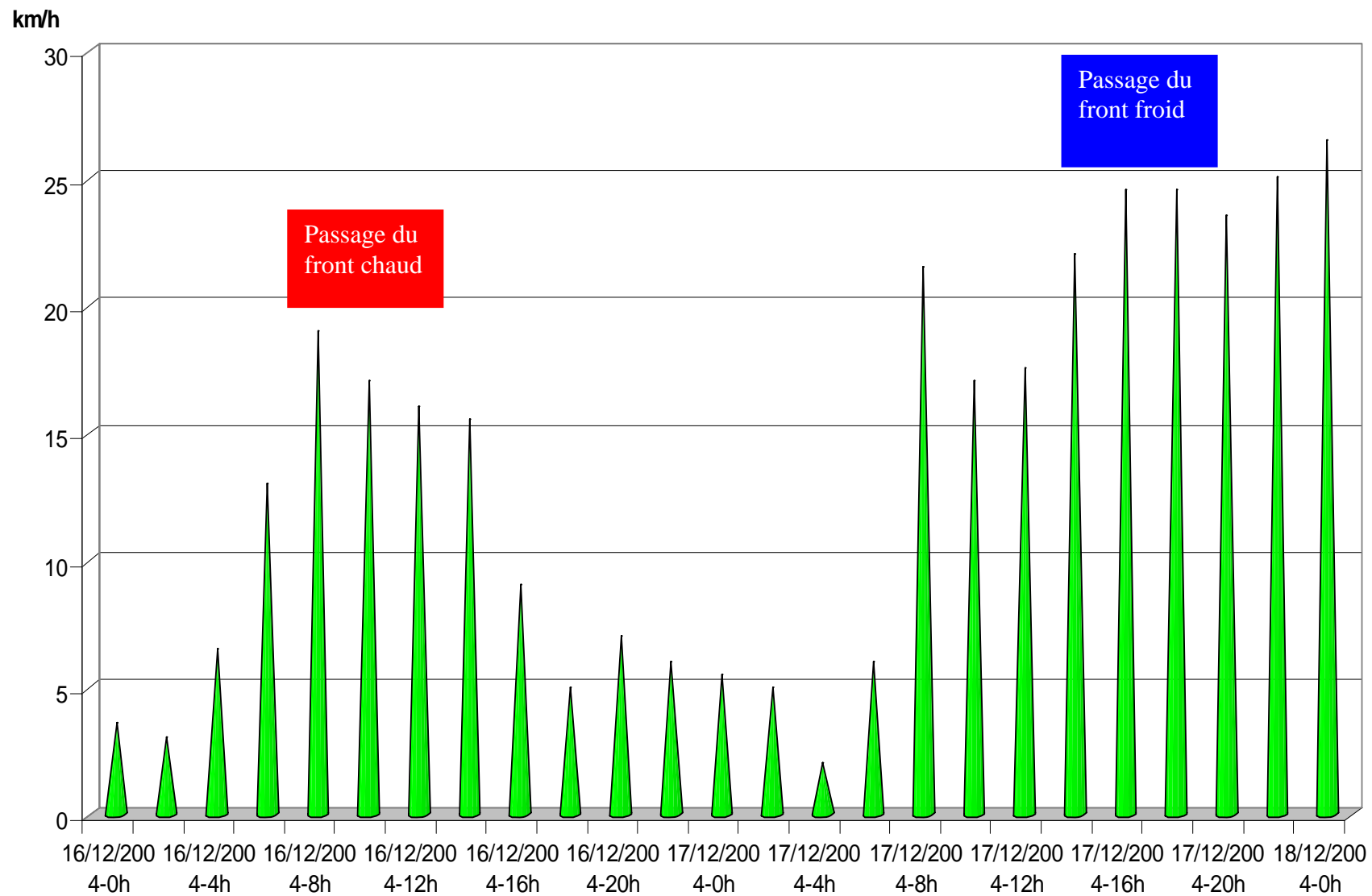
Températures relevées du 16/12 à 0h au 18/12/04 à 0h



## Humidité de l'air



## Vitesse du vent



## Questions

1. *Que se passe t-il pour la pression atmosphérique avant le passage du front chaud ?*
2. *Que se passe t-il pour la pression atmosphérique après le passage du front froid ?*
3. *A quel moment y a t-il des précipitations ? Quand sont-elles les plus importantes ?*
4. *Que se passe t-il pour la température avant l'arrivée du front chaud ? dans le secteur chaud ? après le passage du front froid ?*
5. *Au cours du passage de la perturbation, l'humidité est très élevée. A quel moment la masse d'air va-t-elle s'assécher ?*
6. *Au niveau du vent, quelle est la période la plus « calme » au cours du passage de la perturbation ?*
7. *Complétez le tableau pour faire un bilan de l'évolution des paramètres pression, température, précipitations, humidité, vent au cours du passage d la perturbation.*

	Avant le passage du front chaud	Passage du front chaud	Dans le secteur chaud	Passage du front froid	Après le passage du front froid
<b>Pression</b>				↘ minimum	↗
<b>Température</b>			→	↘	
<b>Précipitations</b>	0	↗		↗ maximum	
<b>Humidité</b>					↘
<b>Vent</b>		↗	↘ ↗	↗ maximum	



#### 4. La phénologie

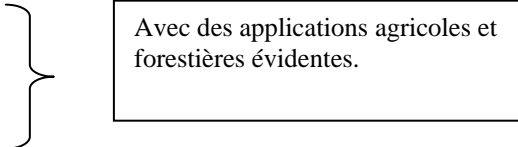
##### 1) Principes généraux.

La phénologie consiste en une étude des divers phénomènes cycliques associés au développement des organismes animaux et végétaux, tels que dates de migration et de ponte, dates de floraison, de coloration des feuilles, etc... Ces divers phénomènes cycliques annuels importants sont appelés phénophases et sont souvent influencés par les variations climatiques..

Les objectifs de ces nombreuses observations phénologiques sont multiples :

- Cartes phénologiques (assurent une visualisation efficace des phénomènes annuels et permettent des comparaisons pluriannuelles en intégrant le facteur climatique)
- Informations (pour les laboratoires de dynamique évolutive et des populations ou pour le grand public)
- Constat de dégâts dans la biosphère (permet un suivi de l'impact humain et une réactivité accrue)
- Constat des effets d'un éventuel changement climatique sur la végétation

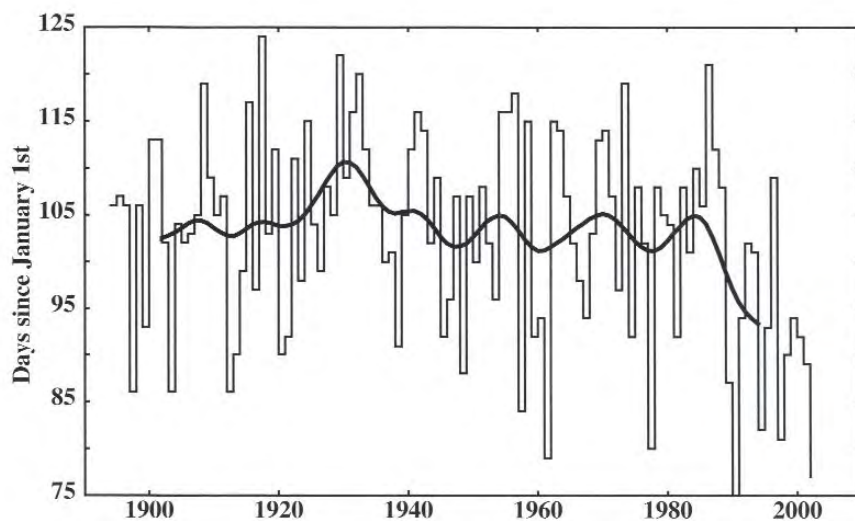
La phénologie est un moyen de documentation essentiel sur les effets du réchauffement sur le développement de la végétation.

- Prévisions de phénophases
  - Prévisions polliniques
  - Avis de gel
  - Production intégrée
- 
- Avec des applications agricoles et forestières évidentes.

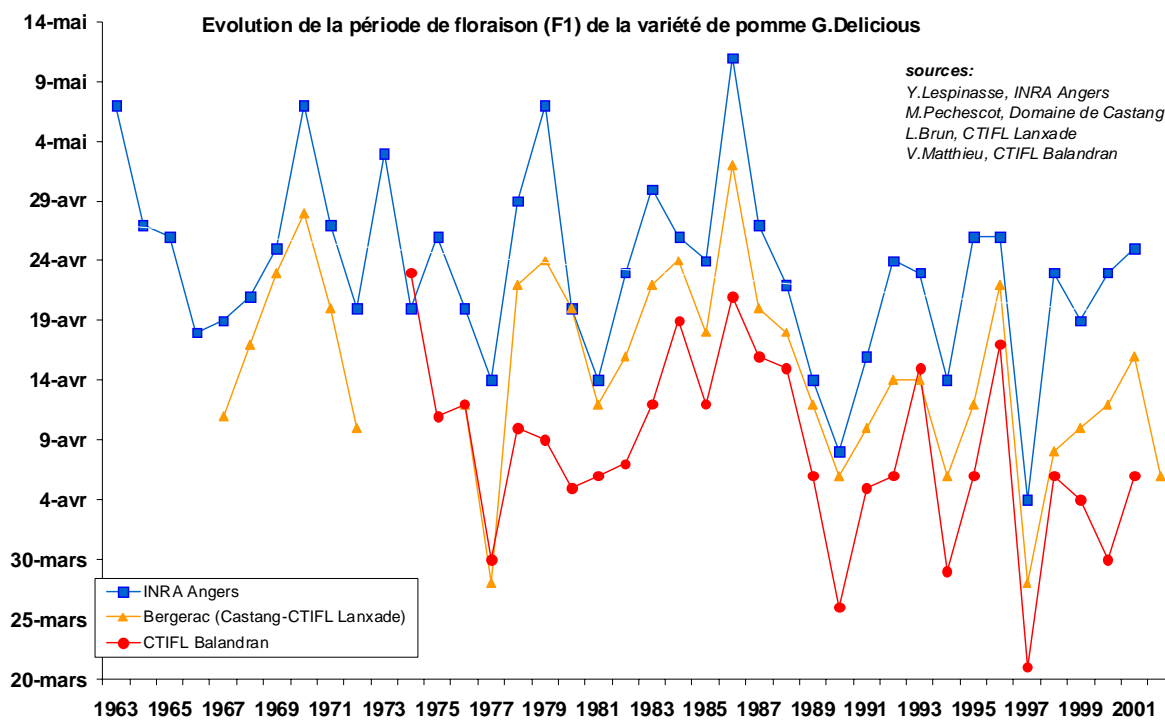
Il existe de nombreux réseaux spécialisés ou généralistes, sur tous les continents. Des projets fédérateurs sont en développement, en association avec la télédétection satellitaire (GLOBE) ou via des portails universitaires (USA, Canada, Finlande...)

2) Quelques exemples de résultats phénologiques.

**Dates de floraison des cerisiers en suisse de 1880 à 2000.**

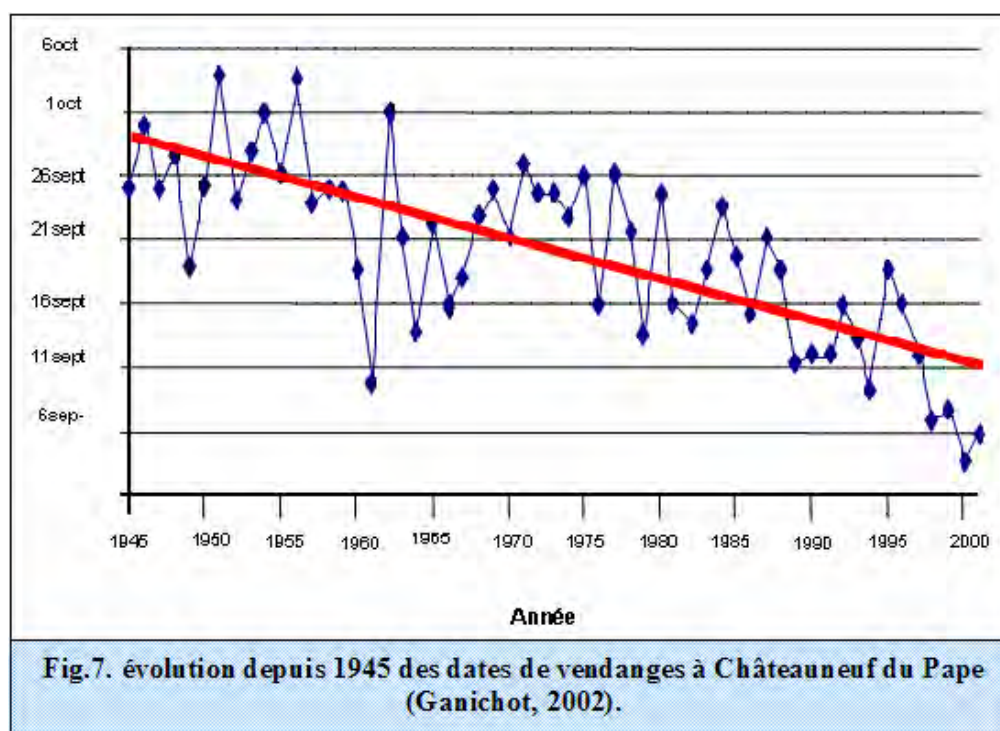
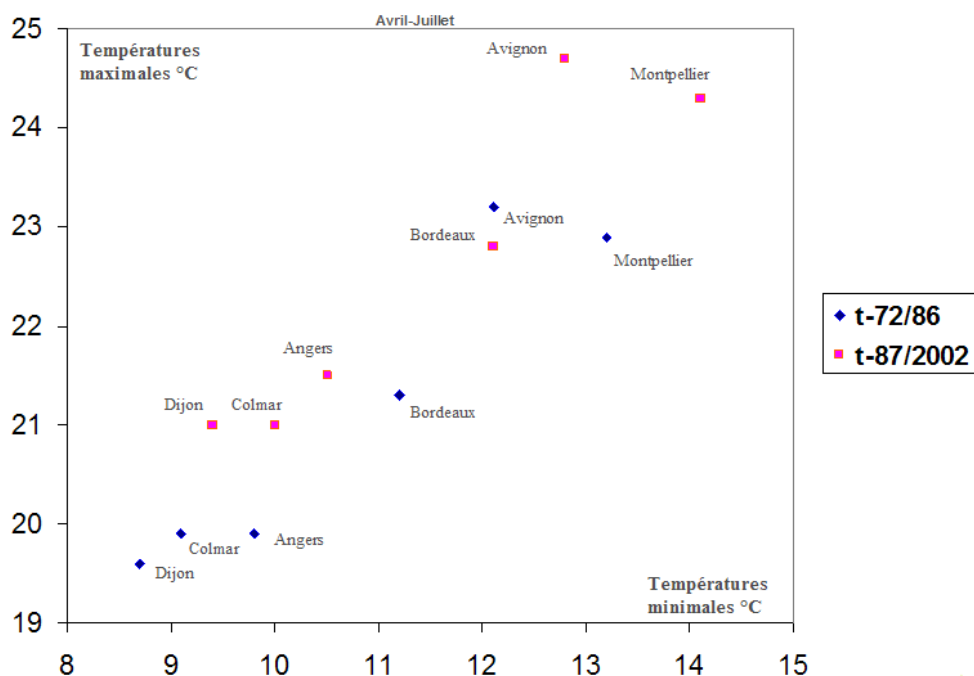


**Dates de floraison des pommiers (1965-2001) en France dans 3 stations .**

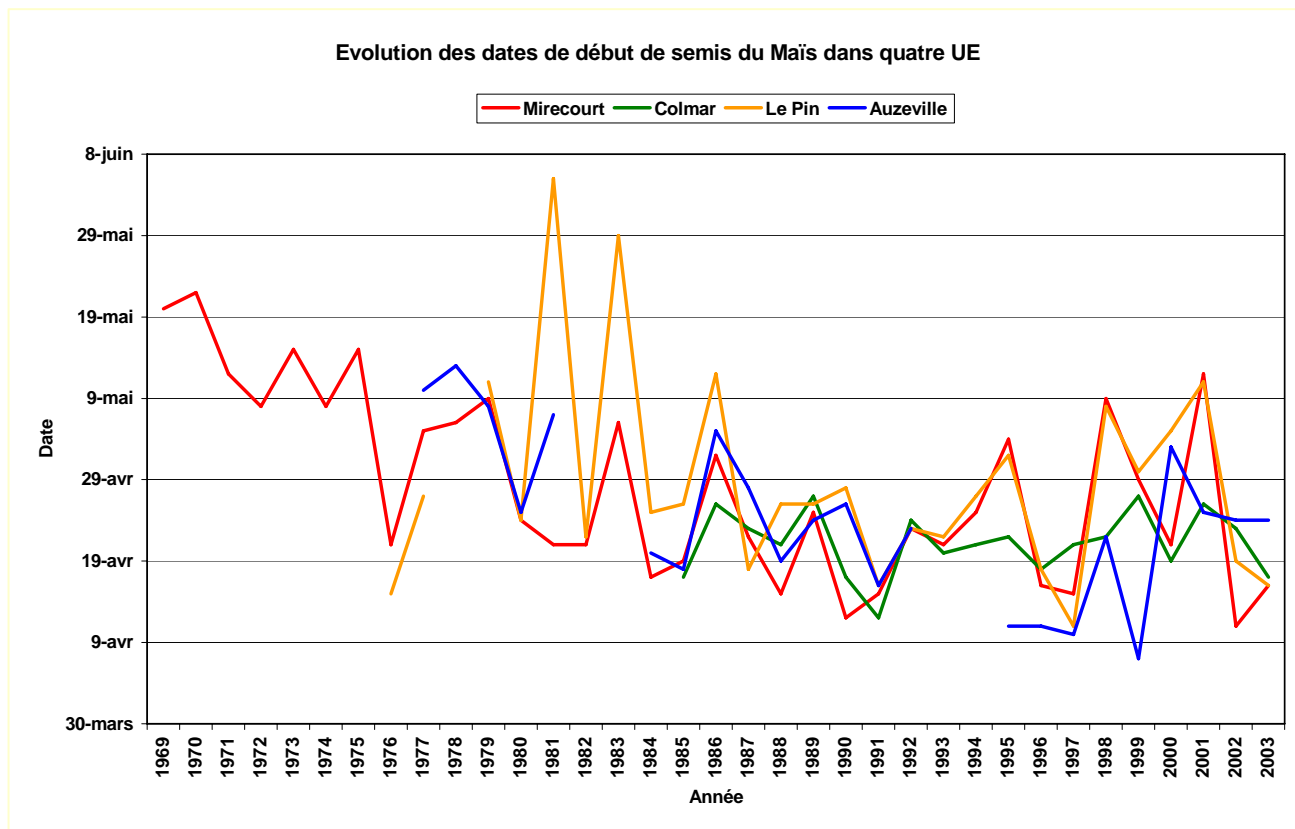




**Evolution des températures moyennes minimales et maximales en 30 ans dans les régions viticoles.**  
 (points bleus : de 1972 à 1986 ; points rouges : de 1987 à 2002)



## Evolution des dates de semis du maïs dans 4 zones françaises (1969-2003).

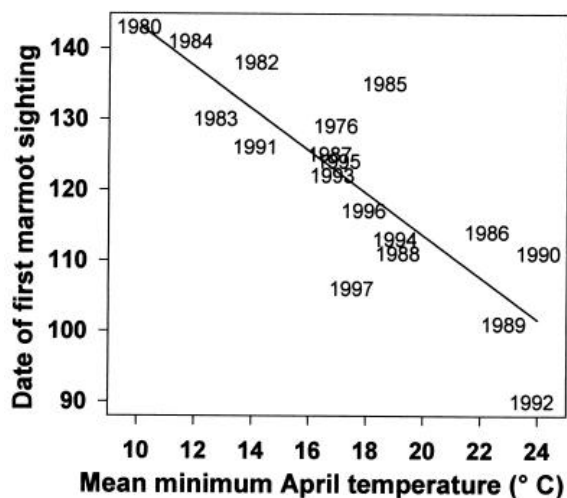


## Evolution de la date de ponte de différentes espèces d'oiseaux en Angleterre de 1968 à 2001.

(source British Trust for Ornithology; <http://www.bto.org/birdtrends2003/>)

Espèces	Durée d'étude	Variations
Pie bavarde ( <i>Pica pica</i> )	33	- 26 jours
Héron gris ( <i>Ardea cinerea</i> )	33	- 25 jours
Mésange à longue queue ( <i>Aegithalus longicaudus</i> )	33	-14 jours
Fauvette à tête noire ( <i>Sylvia atricapilla</i> )	33	-10 jours
Rouge gorge ( <i>Erythacus rubecula</i> )	33	- 8 jours
Cornille ( <i>Corvus corone</i> )	33	-5 jours
Mésange bleue ( <i>Parus caeruleus</i> )	33	-5 jours
Alouette des champs ( <i>Alauda arvensis</i> )	33	4 jours

## Relation dates de « réveil » (observation) des marmottes et températures moyennes au mois d'avril (1980-1997 ; USA).



## 5. Histoire de la météorologie

(le texte 1 figure dans le document d'accompagnement sur Eduscol)

## Texte 2

Blaise Pascal (1663)

### *La pression atmosphérique*

Pascal énonce les fondements de l'hydrostatique dans ses *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse d'air*, publiés à titre posthume par Florin Périer, son beau-frère, en 1663. Florin Périer a réalisé sur les instructions de Pascal, une expérience célèbre au Puy de Dôme. Périer en écrit le compte rendu qu'il envoie à son beau-frère le 22 septembre 1648.

« La journée de samedi dernier 19 de ce mois fut fort inconstante ; néanmoins, le temps paraissant assez beau sur les cinq heures du matin, et le sommet du Puy de Dôme se montrant à découvert, je me résolus d'y aller pour y faire l'expérience. Pour cet effet, j'en donnai avis à plusieurs personnes de condition de cette ville de Clermont, qui m'avaient prié de les avertir du jour que j'irais (...). Nous fûmes donc, ce jour-là, tous ensemble sur les huit heures du matin dans le jardin des Pères Minimes, qui est presque le plus bas lieu de la ville, où fut commencée l'expérience en cette sorte. »

Périer remplit complètement de mercure deux tubes de verre de même grosseur et de quatre pieds de long (1,3 m), il ferme l'extrémité avec son doigt et retourne chaque tube sur la cuve à mercure. Le mercure descend à la même hauteur dans les deux tubes, laissant un espace vide entre la surface du mercure et le haut fermé du tube. Le niveau du mercure est le même dans les deux tubes. Il refait ensuite la même expérience pour s'assurer de sa validité. Il remet l'un des deux tubes retournés sur sa cuve à une personne de confiance, charge à elle de contrôler régulièrement le niveau du mercure au cours de la journée. Avec l'autre tube, il part en compagnie faire la même expérience en haut du Puy de Dôme.

« Au haut du Puy de Dôme, élevé au-dessus des Minimes environ de 500 toises (975 m), où il se trouva qu'il ne resta plus dans ce tuyau que la hauteur de vingt-trois pouces deux lignes de vif-argent, au lieu qu'il s'en était trouvé aux Minimes, dans ce même tuyau, la hauteur de vingt-six pouces trois lignes et demie, et ainsi entre les hauteurs du vif-argent de ces deux expériences, il y eut trois pouces une ligne et demie de différence : ce qui nous ravit tous d'admiration et d'étonnement, et nous surprit de telle sorte, que, pour notre satisfaction propre, nous voulûmes la répéter. C'est pourquoi je la fis encore cinq autres fois très exactement, en divers endroits du sommet de la montagne, (...). Il s'est toujours trouvé la même hauteur de vif-argent de vingt-trois pouces deux lignes, qui font les trois pouces une ligne et demie de différence d'avec les vingt-six pouces trois lignes et demie qui s'étaient trouvés aux Minimes. Ce qui nous satisfait pleinement. »

Ensuite Périer refait la même expérience de cent toises en cent toises en redescendant la montagne, et observe que la surface du mercure atteint des niveaux intermédiaires réguliers. Arrivé au lieu de départ, il observe que dans le premier tube, le niveau est toujours le même, le père minime chargé de surveiller le dispositif a confirmé que rien n'avait changé au cours de la journée.

Pascal interprète ensuite l'expérience. La pesanteur et la pression de l'air sur le mercure de la cuve contrebalancent la pesanteur du mercure placé dans le tube. La hauteur de mercure dans le tube dépend donc de la hauteur de la colonne d'air qui pèse sur la surface du mercure de la cuve. On peut se servir par exemple d'une telle propriété pour relever la hauteur des lieux. Le baromètre à mercure peut ensuite être inventé.

Blaise Pascal, *Œuvres complètes*, La Pléiade, 1954, p. 396-399,  
Extraits proposés et commentés par D.Fauque

#### Étude du texte

##### *Explication du vocabulaire*

Vif argent : mercure

Les Minimes : congrégation religieuse

#### Commentaires pour le professeur

Les expériences de Pascal se situent dans un contexte de grande controverse sur la nature du vide situé au-dessus du mercure dans le vide. Le problème à régler était la montée de l'eau dans une fontaine. L'eau ne pouvait pas s'élever naturellement au-dessus d'une certaine hauteur. Galilée s'occupe de la question et son assistant, Evangelista Torricelli eut l'idée géniale de remplacer l'eau par le mercure, 13,6 fois plus dense que l'eau. Ainsi, il pouvait expérimenter dans un espace plus petit, puisque le tuyau était de longueur réduite dans le même rapport. La

surprise a été de constater que le mercure descendait et qu'il laissait donc un espace vide entre le haut du tube et sa surface. Mais était-ce vide de matière ? Toute l'Europe, fébrilement, s'attacha à résoudre le problème.

Le **baromètre**, qui mesure la pression atmosphérique, ne peut apparaître qu'après les expériences de Pascal. De l'instrument de démonstration propre à vérifier l'hypothèse émise par Pascal, à l'instrument de mesure de la pression atmosphérique que Robert Boyle nomme baromètre en 1663, la transition s'est effectuée graduellement. La décennie qui suivit vit apparaître une grande quantité d'instruments qui rivalisèrent d'ingéniosité et de précision. Cet instrument s'ajoutait au **thermomètre**, qui succéda graduellement au thermoscope inventé au début du XVI<sup>e</sup> siècle. Ce dernier est fait d'un tube dont la partie supérieure se termine par une boule creuse et la partie inférieure plonge dans du mercure ou de l'eau acidulée. L'air emprisonné dans l'instrument remplit complètement la boule en hiver, au plus froid, ne chasse pas tout le liquide en été, au plus chaud. Il est autant sensible à la variation de pression qu'à la variation de température. La première graduation fut apportée par le médecin italien Santonio Santorre (1561-1636), vers 1612. Sur le thermoscope, il porta une division correspondant à la neige fondante, une division correspondant à la flamme d'une chandelle, une graduation correspondant au bon « tempérament » du corps humain. Il en faisait donc un usage médical. La compréhension de la pression atmosphérique fit porter un autre regard sur le thermoscope, et sur les points de référence. Ceux-ci dépendaient trop du lieu et du temps. On ne pouvait comparer les indications que si elles provenaient du même instrument.

Le premier instrument portant une échelle thermométrique est proposé par Daniel Gabriel Fahrenheit (Allemagne, 1686-1736). Il considérait comme trois points fixes : 0° pour un mélange de glace, d'eau et de sel ammoniacal, 32° pour un mélange d'eau et de glace, 96° pour la chaleur du corps humain en bonne santé. Dès 1717, il produisait des thermomètres à mercure. La seconde échelle fut celle de René-Antoine Ferchault de Réaumur (France, 1683-1757), de 0° à 80°, échelle utilisée par Lavoisier. Enfin, l'échelle centigrade fut proposée par Anders Celsius (Suède, 1701-1744). En 1794, lors de l'adoption du système métrique, la division centésimale fut définitivement choisie, avec comme points fixes, ceux de la glace fondante et de l'eau bouillante, à pression atmosphérique normale.

D.Fauque

#### *Sources bibliographiques récentes*

Michel Delon (dir.), *Dictionnaire européen des Lumières*, PUF, 1997. Article *thermométrie* par Robert Locqueneux.

Anthony Turner, *Early scientific instruments, Europe 1400-1800*, Sothby's Publications 1987.

Robert Bud, Deborah Jean Warner (eds), *Instruments of science, an historical encyclopedia*, The Science Museum, London, The National Museum of American History, Smithsonian Institution, 1998. Articles *thermometer* par John Burnett, *barometer* par Theodore S. Feldman. Cet ouvrage est aussi utile pour quantité d'instruments liés à la météorologie. Il n'a pas son équivalent en français.

Les sites de musée peuvent être consultés avec profit, dont le site du Musée national des arts et métiers. Un espace bibliothèque est d'ailleurs mis à la disposition des visiteurs dans ce musée. On peut donc y préparer une séquence documentaire.

#### *Une source d'informations et de documents possibles pour la classe assez accessible :*

Diderot et d'Alembert, *Dictionnaire raisonné des sciences et des arts*, et *Recueil des planches* in *L'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert*, CD-rom. Les recueils de planches ont été réédités en format accessible et ont été largement diffusés durant la décennie 1980.

#### *Données*

1 toise = 6 pieds = 1,949 036 6 m

1 pied = 12 pouces = 0,324 839 4 m

1 pouce = 12 lignes = 2,706 995 cm

1 ligne = 0,225 583 cm

#### Questions

1. Recherchez quelques éléments de la biographie de Blaise Pascal. (nationalité, année de naissance et de mort, découvertes ou inventions, ...)
2. Citez trois unités de longueur utilisées à l'époque de Pascal.
3. Comment Périer, beau-frère de Pascal, appelle-t-il le mercure ?
4. Que montre l'expérience réalisée par Périer ?
5. Quel appareil permet de mesurer la pression atmosphérique ?

#### **Texte 3**

##### **H.-B. de Saussure (1783)**

## *L'hygromètre à cheveu*

« Le cheveu s'allonge quand il s'humecte, et se contracte ou se raccourcit quand il se dessèche. La différence entre le plus grand allongement que lui puisse donner l'humidité, et la plus grande contraction qu'il puisse recevoir de la sécheresse est, dans un cheveu convenablement lessivé et chargé d'un poids de trois grains, de 24 à 25 millièmes de sa longueur totale (...) ».

Pour déterminer le taux d'humidité de l'air, le savant suisse propose une ingénieuse construction utilisant un cheveu accroché par un bout à un point fixe, l'autre bout est attaché « à la circonférence d'un petit cylindre ou d'un arbre [axe], qui porte à une de ses extrémités une aiguille légère, qui marque sur un cadran tous les mouvements de l'axe. Le cheveu est tendu par un contre-poids de 3 à 4 grains, suspendu à une soie très fine, qui est roulée en sens contraire autour du même cylindre (...). Les variations de cet hygromètre sont, toutes choses d'ailleurs égales, d'autant plus grandes que l'arbre, autour duquel s'enveloppe la lame d'argent qui tient au cheveu, a un plus petit diamètre » (...). Le savant en a construit un, qui lorsque le cheveu a été convenablement préparé, conduit à une rotation de l'aiguille d'environ 400 degrés « en allant de la sécheresse extrême à l'humidité extrême (...) Il [l'hygromètre] peut aussi servir à diverses expériences hygrométriques, puisqu'on peut substituer au cheveu tous les corps que l'on veut éprouver, en les tenant tendus par des contre-poids plus ou moins forts. »

H.-B. de Saussure, *Essai sur l'hygrométrie*,

### Activité pratique

Ce texte peut être l'occasion d'une séance d'activité pratique pour mettre en évidence l'humidité de l'air : construction d'un hygromètre rudimentaire (fil polyester, bobine à fil, aiguille à laine ou crochet à dentelle comme axe, planche verticale et équerre de soutien en carton fort, fiche bristol ou plastique rigide pour y découper une aiguille, carton pour le cercle gradué, et bien sûr un de ses cheveux...)

### Questions

1. Que mesure un hygromètre ?
2. Quelle propriété du cheveu est utilisée dans l'hygromètre à cheveu ?
3. Quelle était la nationalité de Saussure ?
4. Que vaut le taux d'humidité de l'air lorsque celui-ci possède
  - a. « une sécheresse extrême » ?
  - b. « une humidité extrême » ?
5. Un autre appareil permet de mesurer l'humidité de l'air : quel est son nom ?

### **Texte 4**

#### ***Antoine-Laurent Lavoisier (1789)***

### ***La composition de l'atmosphère***

« Elle [notre atmosphère] doit être formée de la réunion de toutes les substances susceptibles de demeurer dans l'état aériforme au degré habituel de température et de pression que nous éprouvons. Ces fluides forment une masse de nature à peu près homogène, depuis la surface de la Terre jusqu'à la plus grande hauteur à laquelle on soit encore parvenu et dont la densité décroît en raison inverse des poids dont elle est chargée (...). Il nous reste maintenant à déterminer quel est le nombre et quelle est la nature des fluides élastiques qui composent cette couche inférieure que nous habitons, et c'est sur quoi l'expérience va nous éclairer (...). La chimie moderne a fait à cet égard un grand pas, et les détails dans lesquels je vais entrer feront connaître que l'air de l'atmosphère est peut-être de toutes les substances de cet ordre, celle dont l'analyse est la plus exactement et la plus rigoureusement faite (...). On a cet avantage dans l'analyse de l'air de l'atmosphère : on peut le décomposer et le recomposer. L'air de l'atmosphère est donc composé de deux fluides élastiques de nature différente et pour ainsi dire opposée. Une preuve de cette importante vérité, c'est qu'en recombinaison des deux fluides élastiques qu'on a ainsi obtenus séparément (...) on reforme de l'air, en tout semblable à celui de l'atmosphère, et qui est propre au même degré, à la combustion, à la calcination des métaux, et à la respiration des animaux (...). Je terminerai cet article en indiquant une propriété qu'a l'air de l'atmosphère et qu'ont en général tous les fluides élastiques ou gaz que nous connaissons, c'est celle de dissoudre l'eau. La quantité d'eau qu'un pied cube d'air de l'atmosphère peut dissoudre, est, suivant les expériences de M. de Saussure, de 12 grains. »

A. – L. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1789, 33-34, 39, 50.

### Donnée

1 grain = 0,053 g

1 pied-cube =

### Vocabulaire

État aériforme : état gazeux ; fluide élastique : gaz ; calcination : oxydation.

### Questions

1. Selon Lavoisier, pourquoi l'analyse de l'air peut-elle être réalisée de manière exacte et rigoureuse ?
2. Lavoisier parle d' «état aériforme ». Comment appelle-t-on actuellement cet état de la matière ?
3. Par ses expériences, Lavoisier découvre les deux principaux constituants de l'air : donnez leurs noms.
4. Recherchez les noms de deux autres gaz présents en faible proportion dans l'air.
5. Expliquez ce qu'est une combustion.

### Texte 5

#### Hippolyte Marié-Davy (1866)

#### *L'eau dans l'atmosphère*

« C'est à la surface du globe que l'atmosphère vient puiser sa vapeur. L'air y possède une température et, par suite, une capacité de saturation, relativement élevées. Mais à mesure que la vapeur ainsi formée est entraînée par les courants, soit vers les régions élevées de l'atmosphère, soit vers de plus hautes latitudes, elle y trouve une température plus basse et elle s'y précipite en partie sous forme de nuages et de pluie. Le renouvellement des couches d'air à la surface du globe est trop prompt et l'évaporation dans l'air trop lente pour que la saturation soit complète aux lieux mêmes où se fait cette évaporation ; sans cela le ciel serait continuellement et partout pluvieux. (...) Un mètre cube d'air saturé de vapeur à 20°C en contient environ 18 grammes. Sa température descendant à 0°C, il n'en peut plus contenir que 5,5 grammes. Si donc l'air en se refroidissant n'a pas changé de volume, il a dû perdre environ 13 grammes de vapeur condensée en eau. Un semblable refroidissement se produit quelques fois assez rapidement sur plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, et on comprend l'abondance des averses qui en résulteraient dans un air saturé. (...)

Lorsque la vapeur s'ajoute simplement à l'air sans dilatation de ce dernier, le poids du mélange et sa densité se trouvent accrus ; mais, si le mélange s'est dilaté pour conserver la même élasticité totale, comme la vapeur pèse moins que l'air dont elle a pris la place, la densité du mélange est diminuée. Un litre d'air humide pèse toujours moins qu'un litre d'air sec à la même température et sous la même pression ; la différence est d'autant plus grande que l'air contient plus de vapeur, qu'il est plus chaud et plus humide. Là se trouve encore une cause très active des mouvements atmosphériques (*c'est une explication tout à fait remarquable de la convection et de la formation des nuages - note ajoutée*).

L'eau en se transformant en vapeur consomme une quantité considérable de chaleur (...), mais la vapeur restitue intégralement cette chaleur quand elle repasse à l'état liquide. L'évaporation des eaux à la surface du globe et dans les régions chaudes, où elle a le plus d'activité, est donc une occasion permanente de rafraîchissement pour ces régions. La condensation de cette vapeur dans les régions froides les réchauffe au contraire (...)(...) (*Là aussi c'est remarquable comme approche du climat et de la machine atmosphérique pour répartir la chaleur reçue du soleil - note ajoutée*).

Le [di]azote et le [di]oxygène laissent arriver jusqu'à nous, presque sans obstacle, la chaleur du Soleil ; mais ils laissent aussi la chaleur du sol se perdre aisément vers les espaces planétaires. La vapeur d'eau oppose de plus grands obstacles à l'un et l'autre effet, surtout au dernier. L'espèce de manteau, formé par l'atmosphère autour de la Terre pour la préserver du refroidissement, doit donc en grande partie son efficacité à l'intervention de la vapeur d'eau (*il est facile alors d'introduire alors l'effet de serre - note ajoutée*).

H. Marié-Davy, *Météorologie, les mouvements de l'atmosphère et des mers, considérés du point de vue de la prévision du temps*, Paris, Masson, 1866, p. 62-64.

Disponible sur le site Gallica de la BNF.

### Commentaires pour le professeur

Hippolyte Marié-Davy, normalien, ancien professeur au lycée Bonaparte, en classe de mathématiques spéciales, est recruté par Le Verrier en 1862 pour organiser l'étude de l'atmosphère. Il a été chargé, en particulier, de traiter les données météorologiques arrivées par voie télégraphique. L'ouvrage d'où est extrait le texte ci-dessus est le résultat des trois années consacrées à cette tâche. C'est un traité qui aborde les questions d'ordre général, et est accessible à tous, qui reste un ouvrage de référence. Il contient aussi une partie historique. Le texte de Marié-Davy peut

permettre d'aborder les notions de mesure, ou de données, et ce qui peut leur donner sens. Cet ouvrage sera suivi d'un ouvrage plus technique adressé aux professionnels de la météorologie.

La météorologie n'est pas encore une science constituée, elle reste pour l'instant une technique, ou un art. Mais échanger des données oblige à s'imposer certaines normes, des définitions de concepts, des procédures reconnues... Les météorologistes vont donc se réunir en congrès de spécialistes pour débattre de ces questions. En particulier, au sein d'une société savante, l'Association française pour l'avancement des sciences (AFAS), le congrès de 1872, à Bordeaux, permet à la section de météorologie de préparer les questions à poser lors du prochain congrès international des météorologistes à Leipzig. Les congressistes de Bordeaux préparent 27 questions qui posent le socle de la constitution d'une véritable science. Ces questions touchent l'unification des unités de mesure, la construction des instruments, la procédure de leur emploi, l'uniformité des dénominations, pour les vents en particulier, les méthodes et les périodes pour effectuer les moyennes, ce que l'on peut considérer comme valeurs normales. Elles abordent des questions touchant à la définition même des objets de cette science, à la méthode d'observation et aux possibles quantifications (nuages, précipitations, rayonnement, orages, humidité, etc). La question de l'autorité centrale est aussi posée, qui devra assurer l'exécution des décisions prises lors des congrès.

Mais les dissensions entre Le Verrier et l'Observatoire d'une part, et la SMF d'autre part, affaiblissent les Français dans la compétition internationale. Il n'y aura pas de représentant de la France aux premières conférences internationales, en particulier à Vienne en 1873. Lors de cette manifestation, un grand nombre d'instruments et de définitions vont être adoptés par tous les savants et sont encore en usage en grande partie. Lors de l'exposition universelle de 1889, à Paris, la conférence, sous l'égide de la SMF, s'ouvre à un plus large public et à des idées nouvelles.

DF

## Information bibliographique

L'Association française pour l'avancement des sciences, société savante créée en 1872, a toujours fait une large place à la météorologie dans sa septième section. Les spécialistes comme les amateurs pouvaient communiquer à ses congrès et débattre. Chaque congrès annuel se déroulait dans une ville de province différente, et rassemblait environ 1400 participants. Un volume est publié chaque année contenant les résumés des communications, et parfois le texte complet de la communication. Les bibliothèques municipales des grandes villes possèdent en général dans leur fond ancien cette collection. On pourra y puiser des textes originaux, sources de débats, à confronter nécessairement à des textes modernes.

## Questions

1. D'où vient la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère ? Comment s'appelle ce changement d'état ?
2. Pourquoi la vapeur d'eau devient-elle de l'eau liquide en s'élevant dans l'atmosphère ?
3. Complétez le tableau ci-dessous.

Température (°C)	20	0
Masse maximale de vapeur d'eau qu'un m <sup>3</sup> d'air peut contenir		

4. Citez trois noms de nuages.
5. Recherchez la valeur de la masse d'un litre d'air sec à 25°C à la pression atmosphérique normale.

## Texte 6

### Urbain Le Verrier

Le texte suivant pourrait être mis en parallèle avec un texte contemporain afin d'en analyser le contenu : quels sont les connaissances qui sont restées ? quelles sont celles qui ont dû être modifiées ? quelle a été l'évolution des dispositifs expérimentaux ? De là devraient naître un questionnement et une réflexion sur l'évolution d'une science.

### *La météorologie*

« L'étude des phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère terrestre a des liaisons intimes avec l'astronomie. Ce sont, en effet, la chaleur du Soleil, celle de l'espace planétaire, peut-être même, suivant Herschel, celle de la Lune qui, avec les forces attractives de ce satellite et du Soleil, donnent naissance à tous les mouvements de la couche d'air qui nous environne, à la formation des météores aqueux, électriques et lumineux. La déclinaison du Soleil détermine les saisons, comme sa distance moyenne angulaire au zénith de chaque lieu établit la variété des climats. Des fragments isolés de cette matière cosmique qui paraît remplir les espaces célestes, en obéissant, comme tous les astres, aux lois de la gravitation, rencontrent fréquemment dans leur course l'atmosphère de notre planète et y produisent les globes de feu désignés, suivant leur grandeur, par les noms de météores ignés, de bolides, d'étoiles filantes (...).

Des observations suivies et consciencieuses, dues au zèle de quelques amis de la science, nous ont fait connaître un grand nombre de conditions dans lesquelles se produisent les hydrométéores, nuages, pluie, neige, grêle, etc. Elles nous ont appris la relation intime qui existe entre la forme des nuages, en apparence si capricieuse, et les causes qui les ont produits, entre leur regroupement, l'heure de leur formation et leur hauteur au-dessus du sol, leurs directions et les directions générales du vent. Leur suspension a été expliquée, l'existence des vésicules qui les composent a été reconnue, et le phénomène optique des couronnes a donné la mesure du diamètre de ces vésicules dans diverses espèces de nuages. L'existence de nuages de glace a été constatée ; les différences entre les phénomènes optiques produits par ces nuages et ceux qui fournissent les nuages aqueux, ont été reconnues par l'observation et expliquées par la théorie, qui a fait comprendre la production des halos (...). Les phénomènes électriques n'ont pas été suivis avec moins de soin, depuis l'époque où Franklin fit connaître l'origine du tonnerre (...).

Par la liaison, au moyen de la télégraphie électrique, des diverses stations où se font des observations météorologiques, on pourra connaître à chaque instant le sens et la vitesse de la propagation des tempêtes, et l'on pourra annoncer plusieurs heures à l'avance, sur nos côtes, la plupart des coups de vent, et spécialement les plus dangereux.

U. Le Verrier, *Rapport sur l'Observatoire de Paris*, 18xx

Consulter en parallèle l'article de Fabien Locher, « Mathieu de la Drôme : la prévision du temps, entre science et politique », *Les Génies de la science*, 24, août 2005 - novembre 2005, 30-33. Le professeur pourra alors dégager quelques conditions d'une approche dite scientifique par rapport à une approche empirique.

### *Vocabulaire*

Vésicule (définition précise à rechercher), couronne, halo.

### Questions

1. Selon Le Verrier, quels astres sont à l'origine des mouvements atmosphériques qui déterminent les conditions météorologiques ?
2. Dans son exposé, Le Verrier cite trois précipitations : donnez leurs noms.
3. Quel moyen de communication était utilisé à l'époque de Le Verrier pour rassembler les observations météorologiques des différentes stations ?
4. Le Verrier, également astronome de renom, fut à l'origine de la découverte d'une planète du système solaire : laquelle ?
5. Recherchez la nationalité des deux autres savants cités dans le texte : William Herschel et Benjamin Franklin.



## Texte 7

Camille Flammarion (1867)

### Voyage en ballon

Les aéroliers sont au-dessus de Fontainebleau. « Le ciel est d'une teinte toute nouvelle pour nous, sa lumière augmente insensiblement jusqu'à l'horizon (...).

Plus nous nous élevons vers l'espace extérieur, moins est épaisse la couche d'air qui nous sépare de l'espace noir, moins le voile aérien est épais, et plus le ciel s'assombrit. À trois mille mètres de hauteur, on a déjà dépassé plus d'un tiers de l'atmosphère en poids. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que le ciel nous ait paru si noir, et insensiblement dégradé jusqu'à l'horizon inférieur. La décroissance de l'humidité ajoute son propre effet à celui de la diminution de l'intensité de l'éclat azuré du ciel supérieur.

La couleur bleue de l'air se laisse déjà distinguer au-dessous de nous comme un léger voile. À mesure que nous nous sommes élevés, la sécheresse de l'air s'est accrue. Nous avons pendant longtemps plus de 15 degrés de différence entre nos jambes et notre tête.

L'un de mes voyages scientifiques en ballon est d'avoir constaté que la couleur bleue du ciel est due principalement à la vapeur d'eau répandue dans l'air, et que de trois à quatre mille mètres de hauteur, cette vapeur a déjà diminué des trois quarts de sa densité dans le voisinage du sol (...) (*faux ! c'est malheureusement la couleur bleue du ciel n'a rien à voir avec l'humidité, mais tout avec l'oxygène – note ajoutée*).

Les ascensions scientifiques que j'ai accomplies m'ont permis d'observer certains faits importants dont la connaissance me paraît de nature à jeter quelque lumière sur les problèmes encore si obscurs de la météorologie. Pénétré de la conviction que tous les mouvements de l'atmosphère sont soumis à des lois régulières, aussi bien que ceux des corps célestes dont la mesure constitue aujourd'hui l'édifice inébranlable de l'astronomie moderne, j'ai pensé qu'il serait utile à la fondation de la science du temps de chercher à voir de près le mécanisme de la formation des nuages, la circulation des courants, l'état physique des différentes couches d'air, en un mot, d'observer, en s'y transportant, le monde atmosphérique dans son action multiple et permanente ».

Camille Flammarion, *Voyages aériens*, Éd. Marpon et Flammarion, 1881, extraits p. 72, 74, 315.

#### Objectifs de la séquence

Faire émerger à partir de questions préalables les idées que les élèves ont sur la nature du ciel.

Ces questions sont du genre : est-ce que l'air est partout le même, est-ce que l'air s'élève très haut, est-ce que l'air est plus chaud ou plus froid, où sont les nuages, pourquoi le ciel est bleu ?

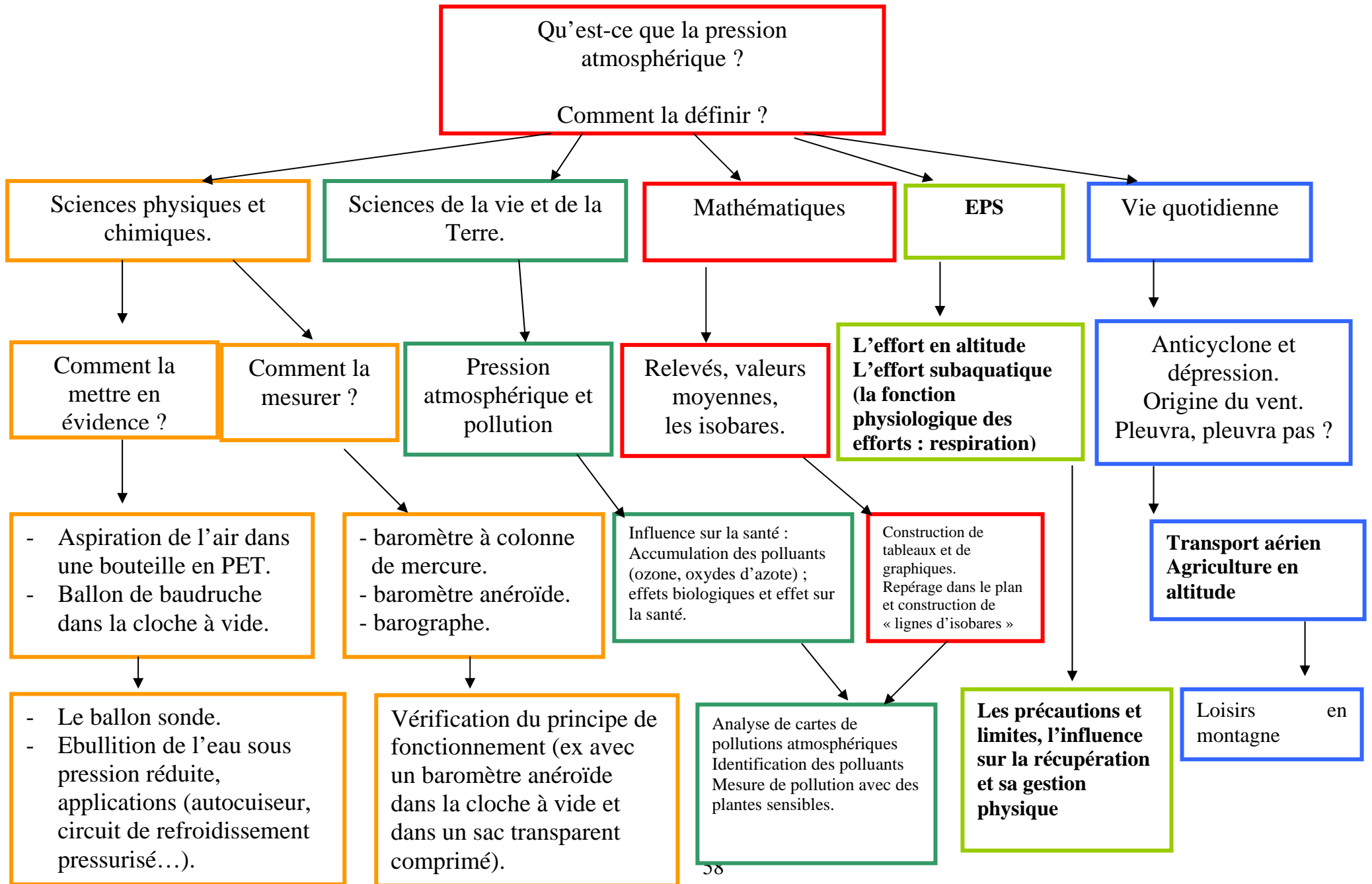
Le document proposé doit l'être conjointement avec un texte qui explique simplement comment évolue l'atmosphère du sol vers l'extérieur, l'importance de l'humidité dans l'air, et une explication du bleu du ciel que l'on donne aujourd'hui.

Le BUP a sans doute produit des articles à ce sujet.

#### Questions

1. Quel nom donne-t-on aux passagers d'un ballon ?
2. Comment Flammarion explique-t-il la couleur bleue du ciel ?
3. Quelle science a progressé grâce aux mesures et observations réalisées lors des ascensions en ballon ?
4. Recherchez avec quel gaz sont gonflés
  - a. Les montgolfières ?
  - b. Les ballons-sondes lancés des stations météorologiques ?
5. Où, quand et par qui fut réalisée la première ascension en ballon ?

## 6. Activités relatives à la pression atmosphérique



### Activité 1 : Découvrir quelques étapes de la découverte et de la mesure de la pression atmosphérique

Utilisez Internet afin de rechercher les informations nécessaires pour répondre à ces différentes questions.

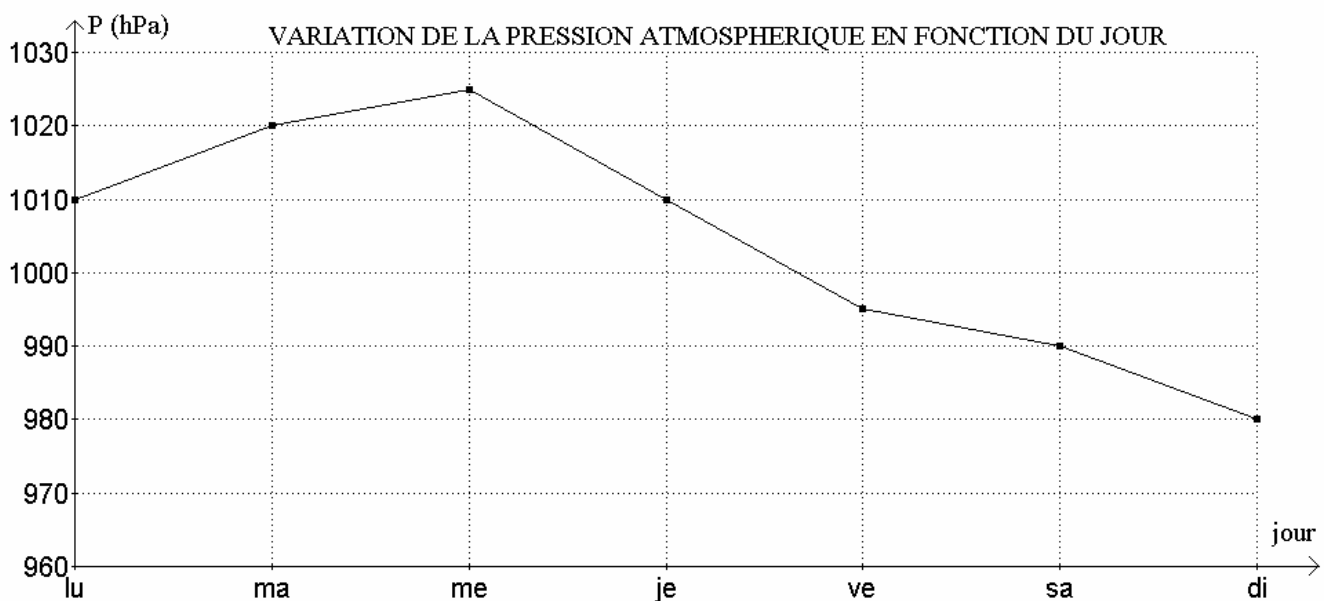
1. Un physicien italien réalisa en 1643 une expérience prouvant l'existence de la pression atmosphérique en retournant un tube rempli de mercure sur une cuve elle-même remplie de mercure.
  - a. Qui était ce physicien ?
  - b. Cette expérience est à l'origine de l'invention d'un appareil de mesure : lequel ?
2. La célèbre expérience des « hémisphères de Magdebourg » se déroula en 1657.
  - a. Où eut lieu cette expérience ?
  - b. Qui la réalisa ?
  - c. Décrivez cette expérience en quelques phrases.
3. Un autre physicien et mathématicien français, Blaise Pascal, se passionna pour les expériences sur la pression atmosphérique. Il réalisa notamment des mesures de la pression atmosphérique à différentes altitudes. Qu'ont montré les expériences de Pascal ?

### Activité 2 : S'intéresser aux anticyclones et aux dépressions

Si le pascal (Pa) est l'unité légale de pression, les météorologistes expriment la pression atmosphérique en hectopascal (hPa).

1. Que vaut un hectopascal en pascal ?
2. Quelle est en hPa la valeur de la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer ?
3. Il arrive que cette pression diminue.
  - a. Quel nom donne-t-on à une zone telle que la pression y est plus basse que la moyenne ?  
A quel type de temps peut-on s'attendre lorsque la pression atmosphérique diminue ?
  - b. Comment s'appelle une zone où la pression est plus élevée que la moyenne ?  
A quel type de temps correspond une zone de haute pression ?
4. Pour établir leurs prévisions, les météorologistes établissent des cartes sur lesquelles sont reliés les points d'égale pression. Comment s'appellent ces lignes ?

### Activité 3 : Lire un graphique représentant les valeurs de la pression atmosphérique



1. Quel jour la pression atmosphérique fut-elle la plus élevée ? la plus basse ?
2. Quel(s) jour(s) la pression était-elle supérieure à la pression normale ?
3. Que valait la pression le vendredi ?
4. Comment a évolué la pression à partir du mercredi ?

#### Activité 4 : Pression atmosphérique en surface et vents

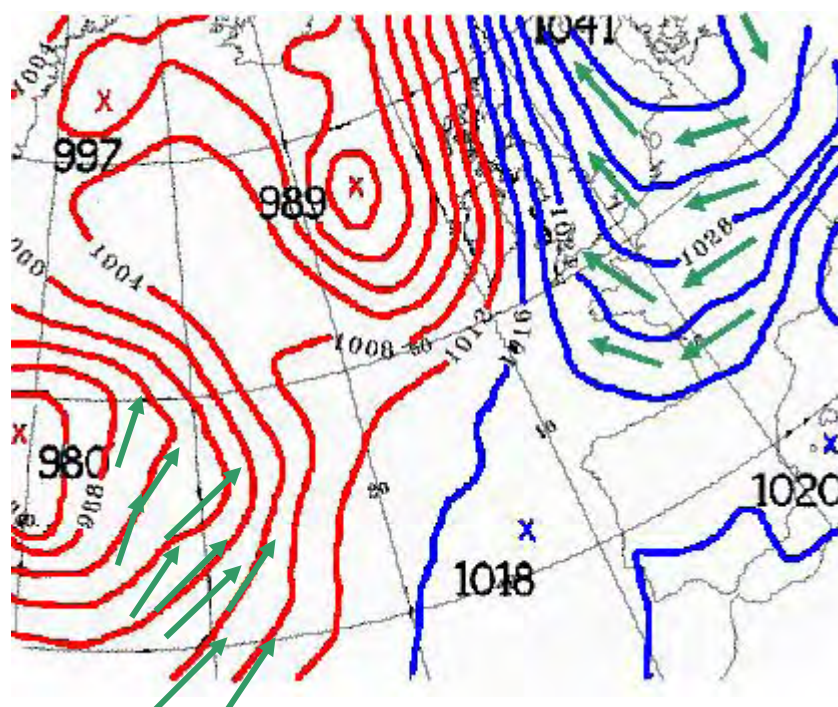
En météorologie, on associe le terme de « vent » au mouvement horizontal de l'air. Il a pour origine la différence de pression qui existe dans un secteur donné : on parle de **gradient horizontal de pression**. Plus la pression change rapidement sur la carte (plus les isobares sont resserrées), plus le vent est fort. En l'absence de rotation de la Terre, les masses d'air se déplaceraient directement de la zone de haute pression vers la zone de basse pression. La Terre étant animée d'un mouvement de rotation, les masses d'air qui se déplacent vont être déviées vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud : ce sont les effets de la force de Coriolis qui ne modifie pas la vitesse du vent

Sous l'effet de la force de Coriolis, les vents deviennent tangents aux isobares.

Dans l'hémisphère nord, les vents circulent donc dans le sens horaire dans un anticyclone et dans le sens contraire dans une dépression (c'est l'inverse dans l'hémisphère sud).

À proximité de la surface terrestre (océan, sol), la force de friction incline le vent vers les pressions décroissantes : convergence vers le centre dépressionnaire et divergence à partir du centre anticyclonique (angle du vent avec l'isobare de 10 à 15 ° sur l'eau et jusqu'à 30 ° sur terre en fonction du relief) et elle diminue la vitesse de 10 à 15 %.

**CARTE DE PRESSION EN SURFACE :** les isobares sont graduées tous les 4 hPa, en plus ou en moins à partir de 1000 hPa, sans mention de l'unité.



**Ce qui est écrit en bleu n'est qu'à l'usage de professeur.**

Lundi 13 mars 2006, 12h00 UTC.

Les vents qui balayent la France sont de secteur Est – Sud - Est.

Note pour le professeur :

Ici, les frottements avec la surface terrestre ne sont pas pris en compte.

#### Questions simples:

1. En examinant le document, pouvez-vous dire quelle est la direction du vent à Calais, à Paris, à Lyon (Attention, quand on parle d'un « vent du nord », cela veut dire qu'il souffle du nord vers le sud !)?
2. Quelle sera la direction du vent en Irlande et en Ecosse ?
3. Les vents seront-ils plus forts en Grande Bretagne ou en Espagne ? Justifiez votre réponse.

#### Question difficile (à la discrétion du professeur) :

Les flèches représentant la vitesse du vent sur l'Europe autour de l'anticyclone centré en Scandinavie (maximum à 1041 hPa) doivent-elle être de même longueur que celles autour de la dépression sur l'Atlantique (minimum mesuré à 980 hPa). Pourquoi ? (voir remarque)

#### Question supplémentaire si le professeur a évoqué les forces de friction

5. Indiquer qualitativement la direction des vents en tenant compte de la friction.

#### Remarque relative à la question 4 :

**La Terre tourne** et rend le vent tangent aux isobares, c'est l'action défectrice de la force de Coriolis sans modification du module du vent.

**Appliquer sur le document** le fait que le module du vent est proportionnel à l'écart des isobares : si les distances des isobares sont dans le rapport 2, les longueurs des vecteurs vents sont dans le rapport 1/2.

**En aéronautique**, les représentations utilisées pour représenter la vitesse du vent ont **toutes la même longueur**. L'indication de la vitesse est donnée par des traits perpendiculaires à la flèche (un petit trait= 5 noeuds, un grand trait = 10 noeuds, un triangle rectangle= 50 noeuds).

#### Remarque relative à la question 5

**Les forces de friction de l'air** avec la surface terrestre ont pour effet de diminuer le module du vent d'environ 10% sur mer (un peu plus sur le continent) et d'incliner le flux vers les basses pressions d'environ 20° par rapport aux isobares (un peu plus sur le continent).

**Conséquence : cela permet d'expliquer aux élèves pourquoi**

- il y a convergence de l'air humide dans une région dépressionnaire et donc ascendance avec formation des nuages, de pluies et sorties des parapluies
- il y a divergence donc descente (subsidence) dans une région anticyclonique avec dissipation des nuages, ciel clair, temps ensoleillé et usage de la crème solaire.

#### **Activité 5 : Pression atmosphérique en surface et isobares**

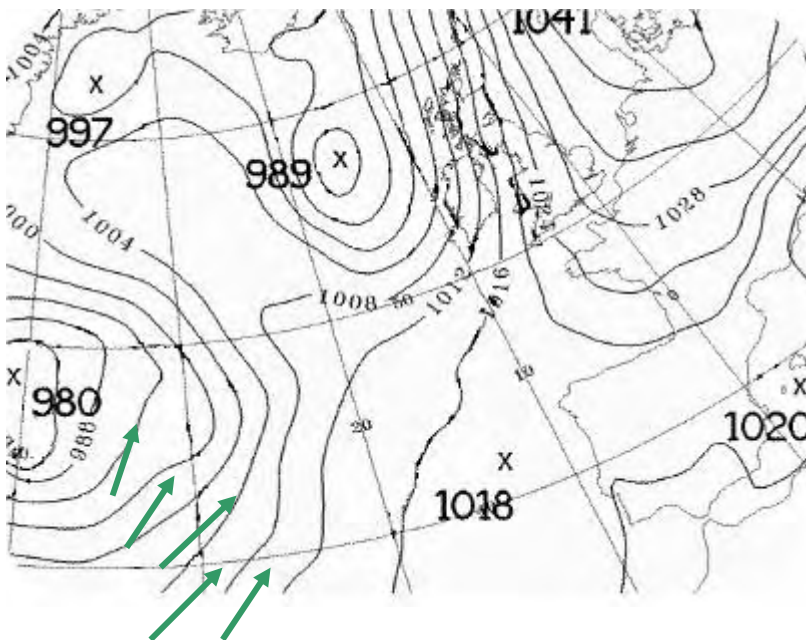
**La pression atmosphérique** correspond, pour une altitude donnée (éventuellement le sol), à l'action exercée par la colonne d'air (depuis cette altitude jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère) sur une surface d'un mètre carré. L'unité de mesure de la pression, utilisée en météorologie, est l'hectopascal (hPa) multiple de l'unité internationale de pression : le pascal (Pa).

**Les variations verticales :** La pression atmosphérique diminue quand on s'élève dans l'atmosphère. Cette diminution n'est pas constante et varie avec l'altitude: dans les basses couches de l'atmosphère, la pression diminue de 1 hPa tous les 8 mètres, alors que, vers 18 km d'altitude, elle diminue de 1hPa tous les 60 m.

**Les variations horizontales :** En établissant une carte des pressions au niveau des mers, on s'aperçoit que la valeur de la pression atmosphérique n'est pas la même dans toute une région. Il existe des zones où la pression présente un minimum relatif (*les dépressions*) et d'autres où la pression présente un maximum relatif (*les anticyclones*). Pour visualiser ce champ de pression, ce qui permet d'en apprécier les variations, on figure sur un fond géographique les valeurs de la pression réduite au niveau de la mer, c'est-à-dire de la pression qui règnerait si les points de mesure se trouvaient tous au niveau de la mer. Cette précaution est nécessaire : si on considérait directement les pressions mesurées, tout ce qui ressortirait de l'analyse du champ de pression, c'est le relief.

On trace ensuite les lignes d'égales valeurs de la pression réduite au niveau de la mer : les **isobares**. (Doc A1).

**CARTE DE PRESSION EN SURFACE :** les isobares sont graduées tous les 4 hPa,



Doc A1:  
Carte isobarique :  
lundi 13 mars 2006,  
12h00 UTC  
site :  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

## Anticyclones et dépressions :

On appelle **pression atmosphérique normale** la pression exercée au par une colonne verticale de **760 millimètres de mercure** à la température de **0° Celsius** : sa valeur est **1 013,25 hPa**.

### Remarque :

Pour les besoins de l'aéronautique civile aux moyennes latitudes, on utilise la notion d'atmosphère « standard » (US standard atmosphere ou atmosphère standard OACI définie par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale, en 1976). C'est en quelque sorte une moyenne de température et de pression de l'atmosphère prise à 45°N en supposant l'air sec de composition constante (21% de dioxygène, 78% de diazote et 1% d'argon) avec  $g \approx 9,80665 \text{ m/s}^2$  (arrondi pratiquement à  $9,8 \text{ m/s}^2$ ).

Dans ce cas, par définition de l'atmosphère standard, la pression et la température au niveau de la mer sont respectivement:

$P \approx 101\,325 \text{ Pa}$  et  $t \approx 15^\circ\text{C}$

(<http://amsglossary.allenpress.com/glossary/> à « standard atmosphere »)

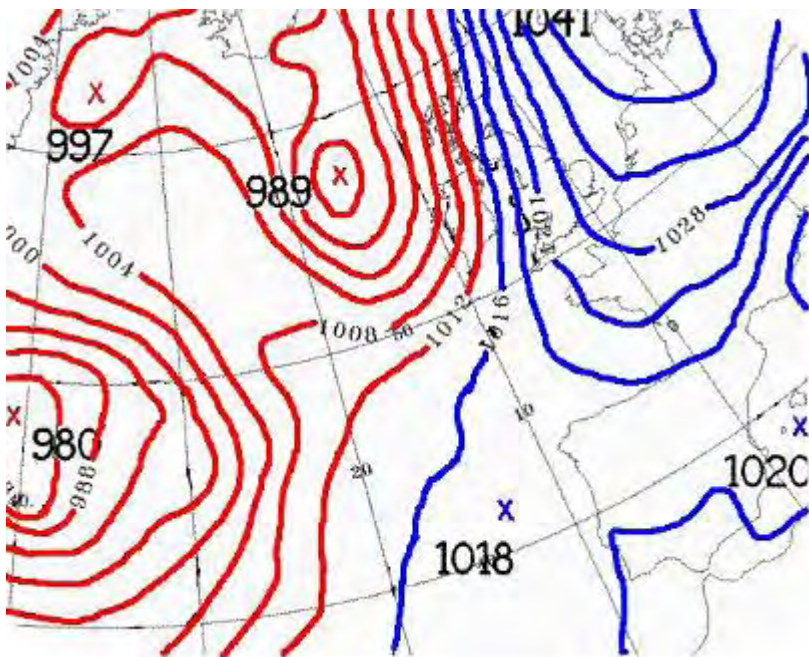
(<http://mtp.jpl.nasa.gov/notes/altitude/StdAtmos1976.html>)

([http://meteora.ucsd.edu/wx\\_pages/stuff/Std\\_Atmos\\_US\\_High.pdf](http://meteora.ucsd.edu/wx_pages/stuff/Std_Atmos_US_High.pdf))

Il ne faut pas les confondre avec les conditions « normales » du cours de chimie :  $0^\circ\text{C}$  et  $101\,325 \text{ Pa}$  même si curieusement les valeurs de pression sont identiques !

Lorsque la pression relevée est supérieure à la pression atmosphérique normale on parle de **situation anticyclonique**. Sous nos latitudes, les **anticyclones** sont généralement accompagnés de temps ensoleillés. Toutefois, cela n'exclut pas en hiver des nuages bas, voire du brouillard, et en été des orages locaux. Lorsque la pression relevée est inférieure à la pression atmosphérique normale on parle de **situation dépressionnaire**. Les **dépressions** sont souvent caractéristiques des perturbations atmosphériques. Elles s'accompagnent souvent de vent et de pluie.

On peut, sur notre carte de pression en surface, rechercher les centres dépressionnaires et les centres anticycloniques (Doc A2).



Doc A2 : Carte isobarique :  
lundi 13 mars 2006, 12h00  
UTC.

— hautes pressions.  
— basses pressions.

Le lundi 13 mars 2006, **la France connaît une situation anticyclonique** avec des pressions allant de 1020 à 1032 hPa.

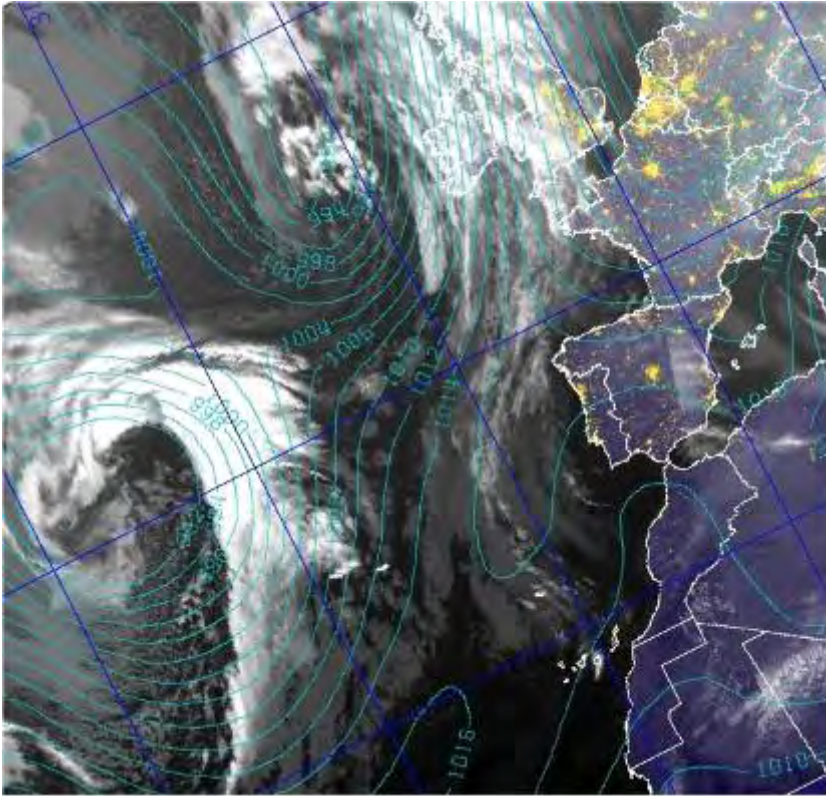
**Deux dépressions** se sont creusées sur l'Atlantique, l'une au nord ouest de l'Irlande, l'autre au large de l'Espagne. L'examen des images colorisées du satellite Météosat 7 confirme le temps sec sur notre pays et nous montre les perturbations associées aux dépressions (Doc B).

**La carte de pression en surface** montre un anticyclone vers  $60^\circ\text{N}$  à une latitude où l'anticyclone des Açores ne s'aventure pas, même en été. Il est donc facile sur cette carte d'expliquer ce qu'est un anticyclone thermique :

- Il se forme à la faveur du refroidissement intense du sol en hiver aux hautes latitudes

- Il est renforcé par rayonnement en fin d'une nuit sans nuages,
- Il disparaît quand le sol se réchauffe.

C'est l'anticyclone thermique qui donne les brouillards matinaux se dissipant par la base et le sommet si le rayonnement solaire le permet.



Doc B : Image colorisée .  
Satellite Météosat 7. Lundi 13  
mars 2006, 12h00 UTC.

Questions :

1. *Quelle est l'unité légale de pression ? Quel en est le multiple utilisé pour exprimer la pression atmosphérique ?*
2. *Quelle est la valeur de la pression atmosphérique normale au niveau de la mer ? Dans quelles conditions est-elle définie ?*
3. *Qu'est-ce qu'un anticyclone, une dépression ?*
4. *Comment appelle-t-on une ligne qui, sur une carte, joint les points où la pression est la même ?*
5. *Quelle est la pression la plus basse relevée sur le document A1 ? Quelle y est la pression la plus élevée ?*
6. *Après avoir colorié en rouge les isobares des basses pressions et en bleu ceux des hautes pressions (Doc A2), expliquez quelle situation connaît la France ce mardi 13 mars 2006. En est-il de même pour l'Irlande ?*
7. *En examinant le document B, on remarque que le ciel est bien dégagé sur la France et l'Espagne alors qu'une importante masse nuageuse se trouve à l'ouest, au large de l'Espagne. Quelle relation pouvez-vous faire entre ces observations et la valeur de la pression ?*
8. *Quelle est la forme de cette masse nuageuse ?*

## 7. Activités liées au vent

### Activité 1 : S'intéresser à l'énergie éolienne

1. Qu'est-ce que l'énergie éolienne ?
2. Quelle est l'origine étymologique du mot « éolienne » ?
3. Cette énergie est qualifiée d' « énergie renouvelable » : pourquoi ?
4. Quelles sont les autres énergies renouvelables ?
5. Comment fonctionne un aérogénérateur - appelé communément « éolienne »- ?
6. L'énergie éolienne est aussi utilisée dans la pratique de certains sports nautiques : citez-en quelques uns.

### Activité 2 : Connaître les unités de vitesse du vent

Suivant les personnes auxquelles sont destinées les prévisions météorologiques, la vitesse du vent n'est pas toujours exprimée dans la même unité :

- En km/h pour les bulletins généraux,
  - En nœuds pour les informations à l'intention des aviateurs,
  - En chiffres Beaufort pour les marins.
1. Quel appareil permet de mesurer la vitesse du vent ?
  2. Convertissez 50 km/h en nœuds.
  3. Que vaut en chiffres Beaufort la vitesse d'un vent soufflant à 65 km/h ?

### Activité 3 : Savoir trouver la direction d'un vent

Le vent est un déplacement horizontal de l'air se déplaçant des zones de haute pression vers des zones de basse pression.

1. Deux appareils permettent de connaître la direction du vent : quels sont-ils ?
2. La direction du vent correspond à la direction d'où vient le vent.

Ainsi, un vent du nord est un déplacement d'air du nord vers le sud.

En vous aidant de la rose des vents, indiquez dans le tableau ci-dessous les directions des vents représentés sur la carte ci-contre.



NOM DU VENT	suroît	bise	tramontane	lombarde
DIRECTION				

3. Un vent froid du nord souffle régulièrement dans la vallée du Rhône et sur la Méditerranée : quel est son nom ?
4. Quel est le vent chaud du sud-est qui souffle sur les régions méridionales, notamment en Corse ?
5. Recherchez quelle est la direction des vents dominants dans votre région.

### Activité 4 : Connaître les dangers liés au vent

Un tempête, et à plus forte raison un cyclone, sont des phénomènes météorologiques particulièrement dangereux.

1. Citez quelques sports dont la pratique est à déconseiller en cas de tempête.
2. Dans quelles zones de la Terre se développent les cyclones –encore appelés ouragans ou typhons suivant les régions-. ?
3. Décrivez en quelques phrases comment se forme un cyclone et comment il se manifeste.
  4. Quels dégâts peut entraîner un cyclone ?
  5. Quelles précautions doit-on prendre lorsqu'un cyclone est annoncé ?



**Activité 5 : Mesure de la vitesse du vent en fonction de l'écartement des isobares et de la latitude**

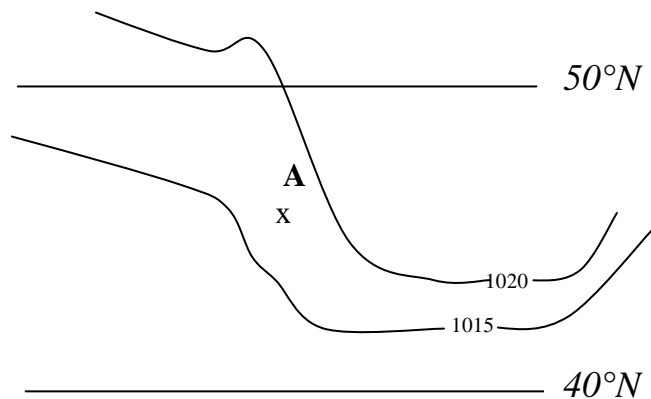
**Document pour le professeur**

Il faut évaluer la distance « vraie » entre deux isobares en un lieu donné et tenir compte de la latitude de ce lieu (voir tableau).

- Deux parallèles consécutifs (latitude) correspondent à 60 milles marins soit, pour une dérive d'un degré, une distance 111,1 km.  
On aura donc, entre les parallèles 40°N et 50°N, une distance réelle de 1111 km.
- **On mesure, sur une carte, la distance entre les parallèles 40°N et 50°N en mm.**
- **On mesure, sur cette carte, la distance en mm entre les isobares se trouvant de part et d'autre du lieu donné (variation de pression 5 hPa).**

Exemple :

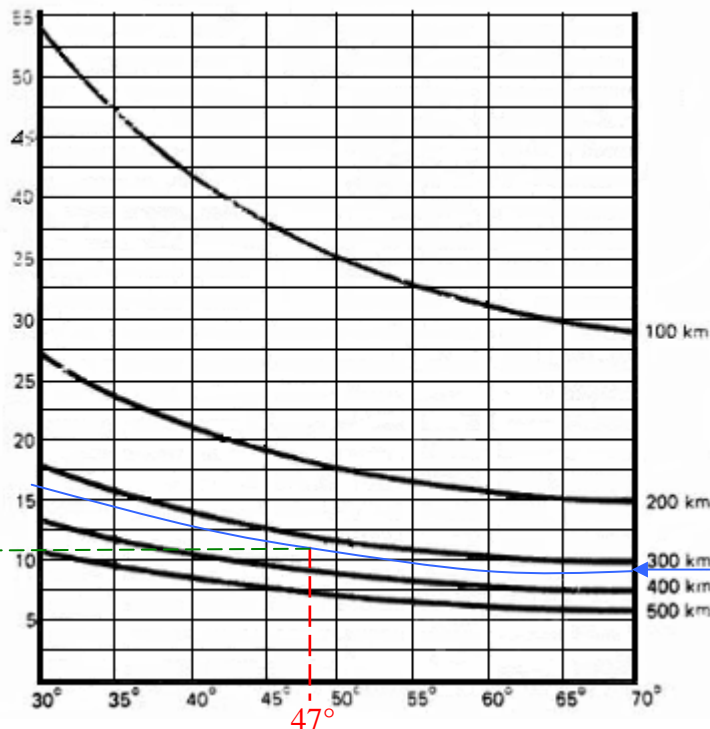
- Nous mesurons 12 mm entre les 2 isobares au niveau du point A.
- Nous sommes à une latitude de 47° N.
- La distance sur la carte entre 40°N et 50°N est 40mm.
- La mesure « vraie » entre les isobares sera donc :  
 $12 \text{ mm} \times 1111 \text{ km} / 40 \text{ mm} = 333 \text{ km}$



En se reportant au tableau ci-dessous, on a une vitesse du vent  $\approx 11 \text{ m/s}$

**3. Vitesse du vent**

11 m/s



**1. Ecartement des isobares**  
(différence de cote = 5 hPa)

333 km

**2. Latitude**

## Calcul de la vitesse moyenne du vent horizontal $V_H$

$$V_H = \frac{1}{2 \cdot \rho \cdot V_T \cdot \sin \theta} \times \frac{d_P}{d_x}$$

$V_H$  en  $m.s^{-1}$

$\rho$  : masse volumique de l'air en  $kg.m^{-3}$

$V_T$  : vitesse de rotation de la Terre en  $rad.s^{-1}$

$\theta$  : latitude en *degrés*

$d_P$  : variation de pression entre les isobares considérés en *Pa*

$d_x$  : distance entre les isobares en *m*

Dans notre exemple :

$$\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$V_T = 0,0000727 \text{ rad.s}^{-1}$$

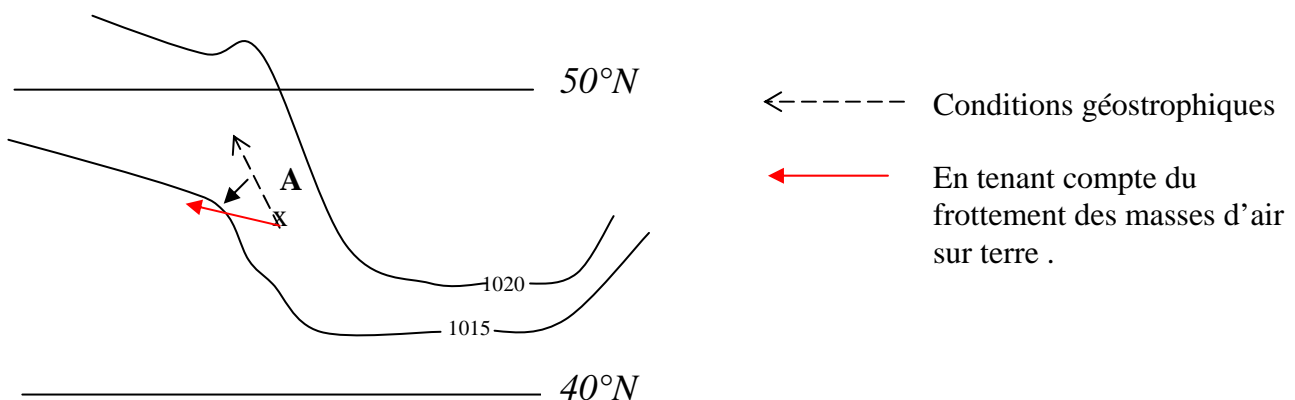
$$\theta = 47^\circ \quad \sin \theta = 0,731$$

$$d_P = 5 \text{ hPa} = 500 \text{ Pa}$$

$$d_x = 333 \text{ km} = 333000 \text{ m}$$

$$V_H = 11,78 \text{ m.s}^{-1}$$

Remarque: Pour déterminer la direction réelle du vent, il faut tenir compte du frottement des masses d'air sur le support. Les forces de frottement s'opposent au déplacement, elles entraînent, dans l'hémisphère Nord, une déviation des masses d'air vers la gauche de 15 à 20° sur l'eau et de 30 à 40° sur la terre.



## 8. Activités liées à la température

### A. Histoire brève des échelles de température

La température est mesurée par des thermomètres dont la conception a évolué au fil du temps.

Les thermoscopes (thermomètres à air) sont les premiers instruments permettant de repérer des états thermiques (Galilée).

SANCTORIUS (1608) a l'idée de graduer le thermoscope utilisé par Galilée.

Sa graduation se fait en trois points correspondants à :

- Refroidissement de l'air par la neige
- Réchauffement de l'air par la flamme d'une bougie
- Le point médian

Mais son thermomètre est sensible à la pression atmosphérique.

En 1641, les premiers thermomètres à tube scellé contenant du liquide voient le jour, sous l'impulsion de Ferdinand II, grand duc de Toscane.

Robert HOOK, en 1664, définit une échelle pour laquelle chaque degré représente un incrément de volume correspondant à  $1/500^{\text{ième}}$  du volume total du thermomètre à alcool. Son échelle ne nécessite qu'un point fixe : le point de congélation de l'eau.

De nombreuses échelles de température à un ou deux points fixes voient le jour dès la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle. Peu à peu, le mercure remplace l'eau et l'alcool comme liquide thermométrique.

Les échelles les plus connues sont :

#### L'échelle Fahrenheit (1724)

Elle repose sur deux points fixes, 32°F pour la température de la glace fondante et 212°F, pour la température d'ébullition de l'eau à pression normale (définition moderne de l'échelle Fahrenheit).

#### L'échelle Réaumur (fin XVIII<sup>ème</sup>)

Elle repose sur deux points fixes, 0°R pour la température de la glace fondante et 80°R, pour la température d'ébullition de l'eau à pression normale.

#### L'échelle Celsius (ou centigrade) « historique » (1742)

Première échelle centésimale. Elle repose sur deux points fixes, 100° pour la température de la glace fondante et 0°, pour la température d'ébullition de l'eau à pression normale. Linné propose une inversion de cette échelle en 1744. Ses degrés sont appelés « degrés centigrades ». (on entend encore cela dans d'anciennes émissions de radio enregistrées ou des documents audiovisuels des débuts de la télévision).

#### L'échelle Celsius actuelle

L'échelle actuelle dite « Celsius » n'a pris ce nom que lorsque fut créée l'échelle Kelvin des températures absolues (ou échelle thermodynamique). Le terme « degré Celsius » et son abréviation °C sont définitivement adoptés par la 9<sup>e</sup> conférence générale des poids et mesures en 1948.

Les degrés « Celsius » s'obtiennent à partir des « Kelvins » par une translation de 273,15 K :

$$\theta \text{ } ^\circ\text{C} = (T - 273,15) \text{ K}$$

Cette échelle Celsius est très peu différente de l'échelle centigrade.

Par exemple, sous la pression atmosphérique normale, la température d'ébullition de l'eau fixée par Celsius (corrigé par Linné) est « 100° centigrades » mais seulement (!) « 99,974 °C ».

On peut donc, dans la pratique, confondre les deux échelles.

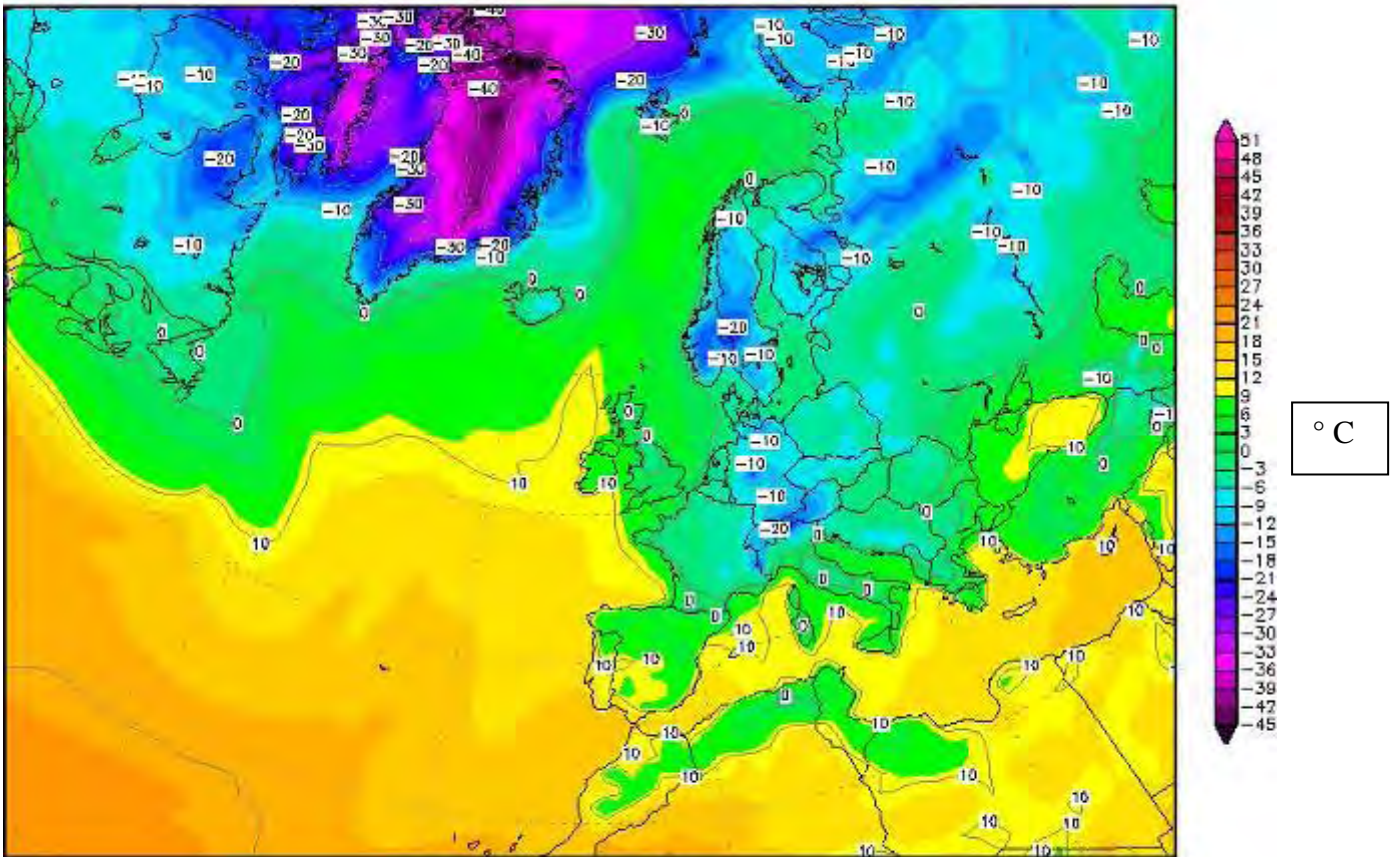
Echelle centésimale, construite par le Lyonnais Jean-Pierre Christin, elle est donc si peu différente de l'échelle centigrade qu'on peut dire aussi qu'elle repose sur les deux points fixes, 0° pour la température de la glace fondante et 100° pour la température d'ébullition de l'eau à pression normale.

### Activités :

Conversion de degrés Fahrenheit en degrés Celsius (mathématiques (classe de troisième) : un exemple de mise en œuvre d'expressions du type  $y = ax+b$ )

Construction de thermomètres suivant les différentes échelles.

## B. Température et isothermes



Carte des températures (en °C).Lundi 13 mars 2006, 12h00 UTC. La situation anticyclonique que connaît la France s'accompagne d'une descente d'air froid.

### Questions :

9. En analysant la carte des températures, donnez la température moyenne en France, au sud-ouest de l'Espagne, dans le Nord de l'Allemagne, en Ecosse ?
10. Recherchez la définition d'une ligne isotherme.
11. En utilisant l'échelle des températures proposée, pouvez-vous dire où il faisait le plus froid, le plus chaud ce lundi 13 mars 2006 ?
12. En Méditerranée, fait-il plus chaud au large de la Turquie ou de la Tunisie ?

## C. Activités température

### *Activité 1 : Comparer l'échelle Celsius (°C) et l'échelle Fahrenheit (°F)*

1. Quelle est l'origine des noms de ces deux échelles de température ?
2. Que vaut la température de fusion de la glace dans chacune de ces échelles ?

3. Que vaut la température d'ébullition de l'eau à la pression atmosphérique normale dans chacune de ces échelles ?
4. Convertissez 10°C en °F.
5. Convertissez 68°F en °C.
6. Recherchez deux pays dans lesquels l'échelle Fahrenheit est utilisée.

**Activité 2 : Représenter graphiquement des températures**

Le tableau ci-dessous vous donne les températures maximales mensuelles moyennes dans deux villes françaises situées à la même latitude : Brest et Strasbourg.

Mois	Ja	Fe	Ma	Av	Mai	Ju	Jt	Ao	Se	Oc	No	De
T <sub>BR</sub> (°C)	8,5	9	10,5	12,5	15	18	20	20	18,5	15,5	11,5	9,5
T <sub>ST</sub> (°C)	4	9,5	11	15,5	20	23,5	25,5	25	21,5	15	8,5	5

1. Que représente la température maximale ?
2. Sur une même feuille de papier millimétré, représentez graphiquement ces valeurs de température en fonction du mois (utilisez deux couleurs différentes).  
Vous pouvez aussi réaliser ce travail à l'aide d'un ordinateur en entrant les valeurs dans un tableur.
3. Comparez les deux courbes.
4. Dans quelle ville fait-il le plus chaud l'été ? Le plus froid l'hiver ?
5. En considérant la situation géographique de ces deux villes, expliquez les différences observées. Indiquez également leur climat que vous choisirez parmi la liste ci-dessous.  
*polaire / équatorial / méditerranéen / continental / saharien / tropical / océanique /*

**Activité 3 : Calculer une température moyenne**

Un de vos camarades a relevé chaque jour pendant une semaine la température minimale.

Jour	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
T (°C)	- 3	- 1	2	4	1	-2	-1

1. Que représente la température minimale ?
2. Quels jours a-t-il « gelé » ?
3. Calculez la température minimale moyenne pendant cette semaine.

**Activité 4 : Comprendre que les plantes et les animaux réagissent aux variations de température**

En un lieu donné, la température dépend de la saison.

1. Décrivez comment varie la température suivant la saison.
2. Beaucoup de plantes meurent l'hiver en laissant des graines dans le sol.
  - a) Que deviennent ces graines au printemps ?
  - b) Quelle(s) condition(s) météorologique(s) favorisent ce phénomène ?
3. Les animaux réagissent également aux saisons.
  - a) A quelle catégorie d'animaux appartient l'hirondelle ?  
Décrivez son comportement et expliquez-le.
  - b) Le loir, quant à lui, est un animal hibernant. Comment se comporte-t-il suivant la saison ?

## 9. Activités liées à la pluviométrie

### Activité 1 : S'informer sur le vocabulaire

- Quelle différence y-a-t-il entre
  - La bruine et la pluie ?
  - La grêle et le grésil ?
- Les nuages sont classés en dix catégories en fonction de leur forme et de leur altitude. Retrouvez les noms des nuages correspondant à ces définitions.
  - Nuage parfois très bas formant une couche grise uniforme et responsable de la bruine.
  - Nuage très fin et très élevé qui ne donne pas de précipitations.
  - Nuage sombre et de très grande taille qui se développe lors des orages.

### Activité 2 : Constater des grandes disparités pluviométriques à la surface de la Terre

Un logiciel de climatologie a permis de relever les hauteurs mensuelles de précipitations (h) en différents lieux : Assouan en Egypte ( $h_{EG}$ ), Calcutta en Inde ( $h_{IN}$ ) et le Touquet en France ( $h_{FR}$ )

Mois	Ja	Fe	Ma	Av	Mai	Ju	Jt	Ao	Se	Oc	No	De
$h_{EG}$ (mm)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$h_{IN}$ (mm)	15	40	15	75	95	265	315	285	330	225	15	5
$h_{FR}$ (mm)	70	50	60	50	55	60	60	54	80	95	105	80

- Commentez la pluviométrie à Assouan en Egypte. Quel est le climat d'Assouan ?
- Calculez la pluviométrie annuelle au Touquet et à Calcutta.
- A l'aide d'un tableur, représentez par des histogrammes de couleurs différentes les pluviométries mensuelles dans ces deux villes.
- En Inde, sévit la mousson. Recherchez à quoi correspond ce phénomène et expliquez la pluviométrie à Calcutta.

### Activité 3 : Comprendre le cycle de l'eau

- L'eau de mer s'évapore progressivement : en quoi consiste cette transformation ?
- La vapeur d'eau qui s'élève dans l'air –provenant de l'évaporation de l'eau de mer ou de l'évapotranspiration des végétaux- se refroidit et devient liquide et même solide, formant les nuages. Comment s'appellent ces transformations ?
- L'eau et la glace des nuages tombent sur la terre sous forme de précipitations. Citez quelques noms de précipitations solides et liquides.
- Une partie de cette eau (ou de cette glace après fusion) s'infiltré dans le sol et vient alimenter les réserves d'eau souterraines. Comment s'appellent ces réserves ?
- Une autre partie de l'eau ruisselle et vient grossir les rivières puis les fleuves. Où aboutit l'eau des fleuves ? L'ensemble de ces opérations constitue donc un cycle.

### Activité 4 : Prendre conscience qu'une pluie peut être acide

- A partir de quel pH dit-on qu'une pluie est « acide » ?
- Citez deux polluants atmosphériques responsables de l'acidité des pluies.
- Quelles peuvent être les conséquences d'une pluie acide ?
- Comment lutter contre l'acidité des pluies ?

### Activité 5 : Découvrir les risques liés à la pluviométrie

- Lorsqu'une pluie très importante s'abat sur une région, quels sont les risques ?
- Quelles mesures les pouvoirs publics peuvent-ils prendre pour limiter ces risques ?
- Si les sports d'hiver attirent de nombreux touristes, il convient d'être conscient des risques liés à la pratique de ces activités. Quels sont les risques ? Comment peut-on éviter de mettre sa vie et celles des autres en danger ?

On trouvera ci-après un exemple d'utilisation du tableur grapheur pour construire des graphiques :  
 cette activité peut être à la charge des élèves et conduire à la validation d'item du B2i.  
 En mathématiques, le professeur peut l'utiliser pour introduire les différentes formes de graphique et faire réfléchir les élèves sur la pertinence de chacun.  
 Un travail semblable à propos d'autres villes peut venir illustrer les différences entre divers types de climats.

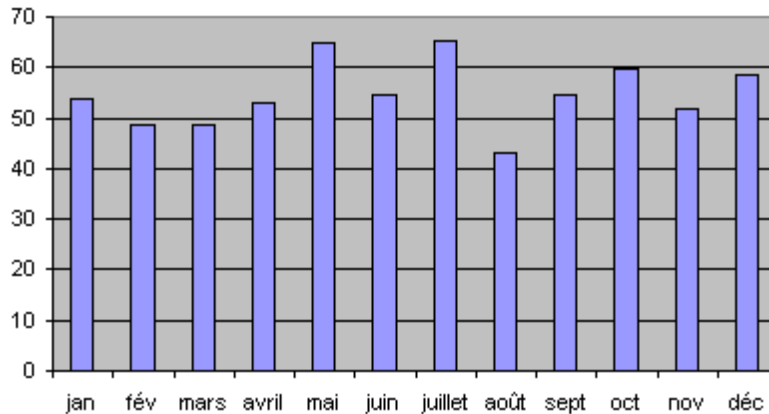
**Hauteurs mensuelles moyennes de pluie à Paris**

Mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
<i>h</i>	53,7	48,7	48,5	53	65	54,6	65,1	43	54,7	59,7	51,9	58,7

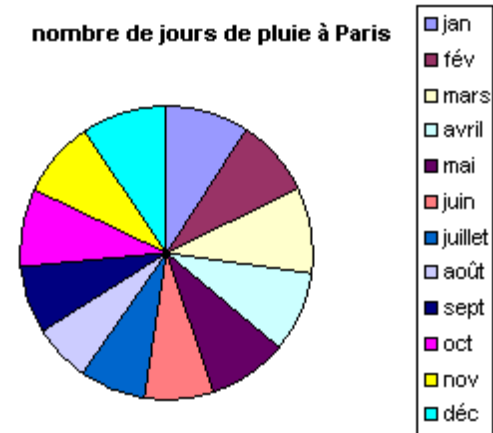
**Nombre de jours de pluie à Paris**

Mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
<i>j</i>	10,5	9,5	10,5	9,5	9,5	8,5	8	7	8,5	9,5	9,5	10,5

**hauteur de précipitations à Paris**



**nombre de jours de pluie à Paris**

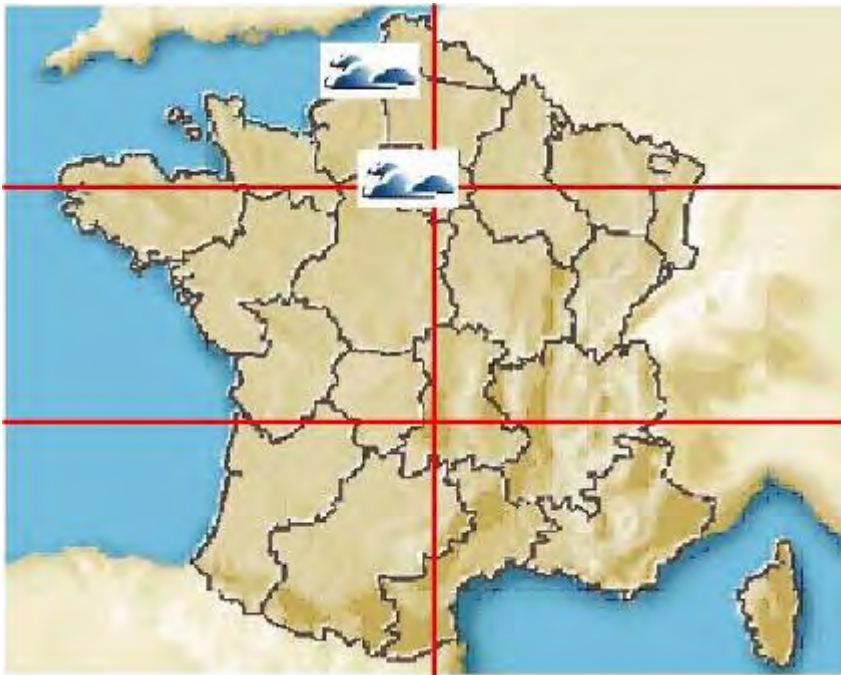


## 10. Activités sur les pictogrammes

Pour chaque phrase du bulletin météo qui suit, replacer le ou les pictogrammes correspondants sur la carte qui vous est fournie (*les pictogrammes qui correspondent à la première indication sont déjà placés à titre d'exemple*).

### Bulletin météorologique du 1<sup>er</sup> avril 2050, 12h00

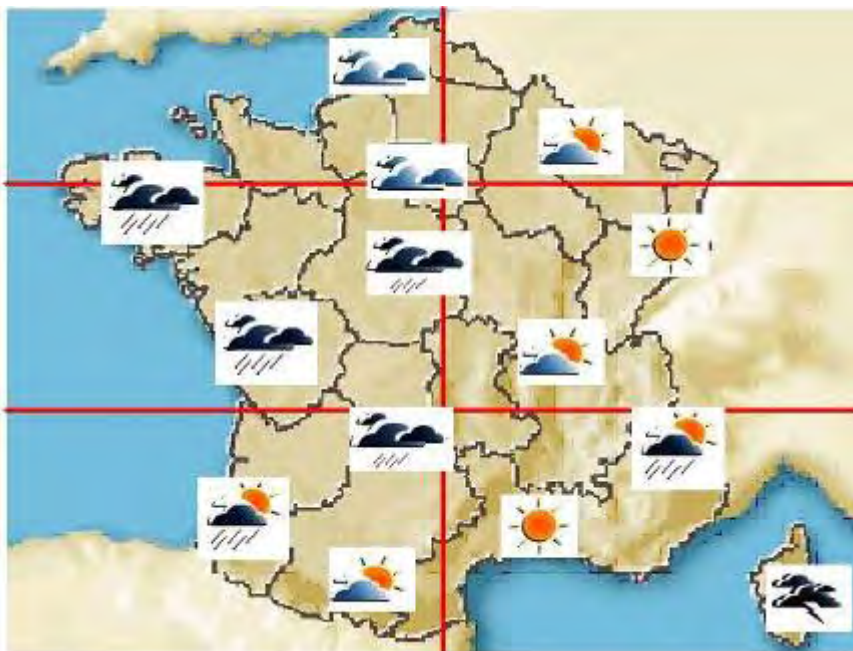
- Passages nuageux sur la Picardie et l'Ile de France.
- Le Centre et le Limousin restent sous un ciel nuageux et connaissent de fréquentes averses.
- Sur la Bretagne et la Vendée, les pluies restent très soutenues.
- En Aquitaine et sur les Alpes, les averses alterneront avec de belles éclaircies.
- Les passages nuageux feront place à des éclaircies de plus en plus fréquentes sur la Champagne et les Pyrénées.
- Beau soleil sur le Languedoc et l'Alsace.
- Ciel couvert et risque d'orage sur la Corse.



Pictogrammes à découper et à coller sur la carte.



### *Travail réalisé*





# 11. Rôle de l'imagerie satellitaire

Faire attention à bien distinguer la fonction « imagerie » (vue à la télévision) de la fonction « mesure de profils » qui rentre dans l'observation assimilable par les modèles de prévision météorologique.

