

# Une activité sur le thème de la météorologie en troisième et première ES : un problème « ouvert » sur le monde

Florent Girod(\*)

Cet article résume un travail du groupe Probabilités-Statistique de l'IREM de Grenoble<sup>(1)</sup> réalisé pendant l'année scolaire 2011/2012.

Nous avons cherché une situation permettant d'utiliser les outils statistiques étudiés en classe, répondant aux critères suivants :

- une situation partant de **données réelles**, dans le cadre du thème de la **météorologie** ; ce thème fait partie des *thèmes transversaux* présentés dans l'introduction des programmes de Sciences pour le Collège. Des données réelles et abondantes relatives à la météorologie sont téléchargeables librement et gratuitement sur le site <http://eca.knmi.nl/><sup>(2)</sup>. Le fait d'utiliser des données réelles permet d'ancrer les mathématiques enseignées dans une problématique rencontrée dans *la vraie vie*.
- un travail en lien avec la démarche statistique ;
- des élèves acteurs du traitement de la problématique : libre à eux d'utiliser les outils mathématiques les plus pertinents pour y répondre.

## L'activité inscrite dans la progression annuelle

Ces activités se sont déroulées en mai 2012 pour les deux classes concernées. On indique brièvement le contexte, en terme de progression pour les deux classes.

---

(\*) Professeur de mathématiques à l'Externat Notre Dame (Grenoble).

[florent.girod@ac-grenoble.fr](mailto:florent.girod@ac-grenoble.fr)

(1) Ce groupe était composé en 2012 de :

- Frédérique Letué de l'IUT STID de Grenoble
- Philippe Garat de l'IUT STID de Grenoble
- Damien Jacquemoud, professeur au Collège Geneviève Anthonioz de Gaulle à Cluses
- Florent Girod, professeur à l'Externat Notre Dame à Grenoble

(2) Les données sont recueillies dans le cadre du projet ECA&D (Cet acronyme signifie European Climate Assessment & Dataset). Des indications techniques pour procéder au recueil de ces données se trouvent dans l'article de la revue MathémaTICE relatant ces activités à l'adresse suivante :

[http://revue.sesamath.net/spip.php?article463&var\\_mode=calcul](http://revue.sesamath.net/spip.php?article463&var_mode=calcul)

On y trouve aussi les *graphiques en couleurs* qui figurent ci-dessous en nuances de gris.

### Pour la classe de Troisième

La progression des éléments de statistique a été mise en place dans le cadre d'une progression de type spiralée, aux dates approximatives suivantes :

1. notions de médiane et d'étendue, vues en octobre ;
2. notion de quartiles<sup>(3)</sup> vue en février ;
3. activité de synthèse présentée ici faite en mai.

Des exercices de reprise des notions ont été faits par le biais de *Devoirs Maison* notamment. En théorie, les élèves ont à leur disposition tous les outils de statistiques du programme de troisième pour aborder cette activité.

### Pour la classe de Première ES

Les notions de statistiques descriptives (moyenne, écart-type, médiane et quartiles, diagramme en boîte) ont été vues en octobre 2011.

La loi binomiale a été abordée en janvier 2012. La notion de fluctuation d'échantillonnage a été vue ensuite. Les calculs d'intervalles de fluctuation au seuil de 95% ont été vus en mars 2012.

### La situation

Voici la consigne donnée aux élèves (pour les deux niveaux de classe) :

**« Les températures des dernières années sont-elles significativement différentes de celles des années précédentes ? »**

### Déroulement dans les classes

Pour les deux niveaux de classe, la démarche a été globalement la même :

1. présentation de la problématique et du travail attendu : un compte rendu par groupe (tout ou partie sous forme informatique) reprenant l'ensemble de la démarche ; ce compte-rendu sera évalué comme un Devoir à la Maison ;
2. recherche individuelle par rapport à la question pendant quelques minutes ;
3. échange avec la classe (environ 15 min) : précisions sur la problématique, en particulier sur le sens donné à « dernières années », recherche d'arguments « objectifs »;
4. proposition par l'enseignant d'utiliser les données sur les températures minimales de Besançon (explications de ce choix) ; un fichier (tableur) est présenté en classe<sup>(4)</sup> ;
5. discussion sur le grand nombre de données impossibles à exploiter telles quelles : choix de prendre les moyennes mensuelles des températures

---

(3) Pour établir le premier quartile d'une série de valeurs, (au sens de la définition utilisée dans le secondaire), on prend la première valeur de la série telle qu'au moins un quart des valeurs de la série lui soient inférieures. On définit de même le troisième quartile, en considérant les trois quart des valeurs de la série.

(4) Toutes les données numériques sont accessibles sur le site : <http://www.mesmaths.com/spip.php?rubrique61>

minimales journalières pour construire un jeu de données comprenant les « normales saisonnières »<sup>(5)</sup> ;

6. travail par groupe : comment exploiter ces données ?
7. passage en salle informatique : le fichier tableur est mis à disposition ;
8. poursuite du travail à la maison ;
9. présentation rapide par quelques groupes de la démarche et des résultats ; échange avec la classe ;
10. reprise du travail à la maison ;
11. travail rendu (sous forme papier ou informatique) ;
12. bilan de ce travail.

Pour la classe de Première, la partie « travail à la maison » était encadrée par une consigne plus précise. Pour cette classe, outre la comparaison des températures des dernières années aux normales saisonnières à l'aide de quartiles, les données fournissaient des résultats complémentaires à ce qui a été donné en Troisième : une donnée météorologique « classique » consiste à compter le nombre de jours par mois où la température minimale est inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  ; une moyenne sur 30 ans (normales saisonnières) en donne une estimation. Par exemple, les normales saisonnières (1971/2000) pour le mois de janvier à Besançon indiquent que 16,6 jours ont eu (en moyenne en janvier) une température minimale inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$ . Nous avons choisi de modéliser cette situation par une **loi binomiale** (deux issues possibles : la température minimale est inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  ou non, répétition 31 fois pour janvier, avec une probabilité de « succès » égale à  $16,6 : 31$ ). À partir de ces données découle un intervalle de fluctuation à 95 % : ainsi, d'après les normales saisonnières, un mois de janvier standard compte entre 11 et 22 jours avec une température minimale inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  ; si un mois de janvier compte moins de 11 jours avec une température minimale inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$ , on pourra le qualifier de « chaud », s'il compte plus de 22 jours, on pourra le qualifier de « froid ». Ayons conscience qu'il s'agit d'un **modèle** qui suppose que le fait d'avoir une température minimale inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  pour un jour est indépendant de ce qui s'est passé la veille, ce qui évidemment est discutable. Ce principe est également appliqué avec la température  $-5^{\circ}\text{C}$ .

## Commentaires, impressions pour la classe de troisième

### Élèves déroutés

Les premières réactions des élèves ont traduit un certain étonnement : « *c'est pas des maths ça !* »... La question du réchauffement climatique est tellement présente dans les médias que certains ne se demandent pas si c'est vrai, ni comment cela est justifié. Après avoir balayé quelques banalités (« *ils le disent à la télé* »), des questions plus profondes sont apparues, notamment sur une démarche scientifique qui pourrait confirmer ou infirmer l'énoncé.

(5) Les normales saisonnières d'une grandeur sont les moyennes calculées sur une période de 30 ans ; actuellement, elles portent sur la période 1971/2000.

### La question de l'autonomie

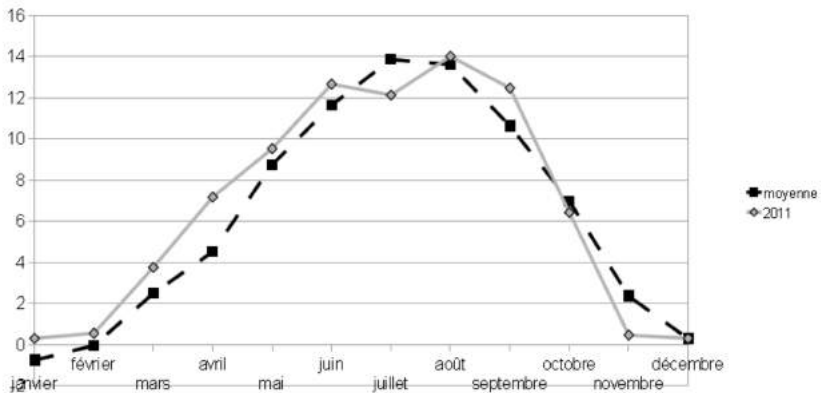
Que faire face à des élèves qui ne démarrent aucune démarche dans une telle activité ? Sur les sept groupes, trois sont restés très peu actifs et ont rendu un travail très peu abouti.

Quelques pistes expliquant ce manque d'entrain :

- le manque de pratique sur ce type de problème ;
- le fait d'être face à un problème ouvert sans réponse toute faite ;
- la difficulté de se retrouver en salle informatique sur un tableur ;
- un manque de motivation de certains élèves, quel que soit le type d'activité.

### Prépondérance de la moyenne comme outil statistique

La plupart des groupes ont tout de suite cherché à calculer des moyennes sur les 30 années de référence définissant les normales saisonnières. Ceux qui sont allés le plus loin dans cette piste ont ensuite tracé des courbes comme celle-ci :



Le problème est qu'on n'a pas de critère pour dire si on est très éloigné ou pas de la moyenne, et les commentaires sont restés assez succincts dans le travail final pour les groupes qui avaient fait ce choix.

Un groupe a déterminé les quartiles correspondants aux valeurs des 30 années des normales saisonnières, et a ensuite comparé les données des années plus récentes à ces quartiles, pour dire si la moyenne des températures minimales journalières du mois étudié était inférieure au premier quartile des normales saisonnières, si elle était entre le premier quartile et la médiane, entre la médiane et le troisième quartile ou supérieure au troisième quartile.

Voici le tableau qui résume son travail :

**2) Traitement numérique :**

a) On a pris les quartiles et la médiane de la température moyenne minimale entre les années 1970 et 2000. Puis on a classé les années de 2001 à 2012 dans un tableau ci-dessous en fonction des quartiles.

b)

**Quartiles**

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2001	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>
2002	1 <sup>er</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>
2003	1 <sup>er</sup>	1 <sup>er</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>
2004	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>
2005	1 <sup>er</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>
2006	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>
2007	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>
2008	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	1 <sup>er</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>
2009	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>
2010	2 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>
2011	3 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	3 <sup>eme</sup>
2012	2 <sup>eme</sup>	2 <sup>eme</sup>										

**3) Conclusion :**

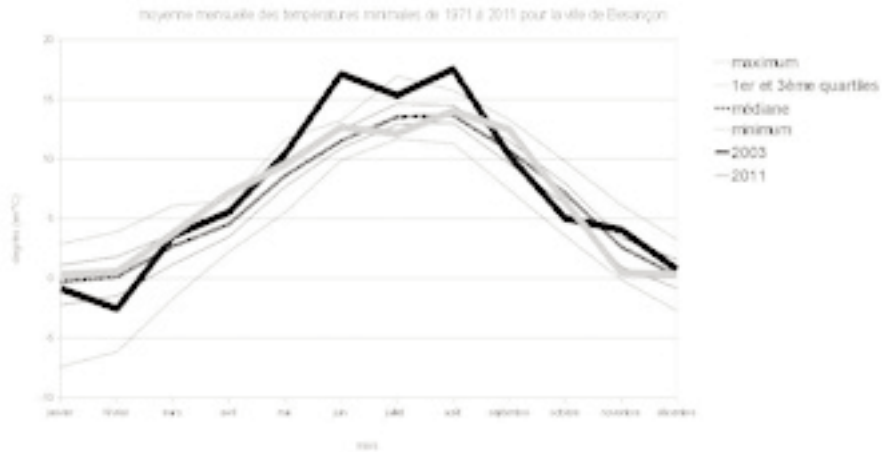
Le climat de ces dernières années est révélateur du changement climatique car l'hiver, les températures moyennes minimales sont un peu en dessous (les trous dans la couche d'ozone peuvent en être la cause) des normales saisonnières mais en été, elles sont très souvent dans le quatrième quartile (36/55 entre mars et juillet).

Dans la conclusion, ce groupe a mis en évidence qu'entre mars et juillet, la fréquence d'apparition du quatrième quartile est anormalement élevée. On peut reprocher ce choix (de mars à juillet) qui a été fait a posteriori et qui *oriente* la réponse. Néanmoins, on sent chez ce groupe un début d'analyse, une confrontation entre les données des dernières années et le modèle constitué par les 30 années de normales saisonnières.

Enfin, un groupe a construit les courbes des quartiles correspondant aux normales saisonnières, et y a superposé la courbe d'une année donnée, pour voir si les mois de l'année en question étaient :

- froids (inférieurs au premier quartile) ;
- plutôt froids (entre le premier quartile et la médiane) ;
- plutôt chauds (entre la médiane et le troisième quartile) ;
- chauds (supérieurs au troisième quartile).

Ce diagramme (peu lisible sous cette forme...) est à rapprocher des courbes présentes dans le carnet de santé (un élève a fait le lien) ; des zones aux nuances de gris différentes mettraient en évidence les valeurs les plus fréquemment atteintes, comme ici les valeurs situées dans la zone interquartile.



### Un bilan de ce travail

Un des buts était de mettre en avant les quartiles, comme indicateurs de positionnement de valeurs par rapport à une référence (les normales saisonnières ici). La moyenne est restée le réflexe de beaucoup, même après des échanges en classe ! Comment être surpris quand on parle si souvent de leur note moyenne ou de moyenne de classe tout au long du Collège ? Une suggestion : utiliser les quartiles comme indicateurs lorsque l'on rend un devoir. Et si les quartiles ont été vus avant cette activité, ils ne sont pas aussi présents dans l'esprit des élèves que la moyenne, qui apparaît bien avant dans la scolarité.

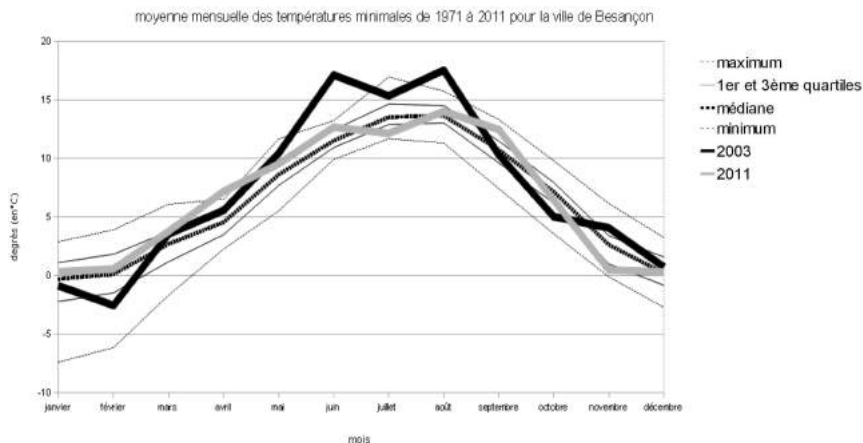
### Commentaires, impressions pour la classe de Première

Si la plupart des élèves ont trouvé le thème intéressant et la démarche enrichissante, certains n'ont pas joué le jeu et ont repris le travail fait par d'autres. Pour éviter ce problème, on peut donner à chaque groupe un travail différent (cela est désormais possible puisque les données de départ ont été enrichies).

En plus de l'intérêt du travail sur les quartiles, il s'agissait de donner vie aux intervalles de fluctuation comme une aide à la décision : les mois d'hiver des dernières années ont-ils été significativement froids ? chauds ? Pour se donner des critères de décision, un modèle utilisant la loi binomiale a été proposé aux élèves. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il s'agit d'un modèle, et que ce modèle est critiquable.

Un premier travail d'élève demandant de représenter les quartiles des normales saisonnières, et de superposer les températures d'une année donnée pour les situer par rapport à ces normales saisonnières :

On imagine 12 diagrammes en boîtes verticaux construits en reliant les courbes tracées en traits fins.



Un autre extrait de travail d'élève qui positionne les moyennes mensuelles par rapport aux quartiles des normales saisonnières ; cette élève met en évidence le fait que les dernières années se positionnent plus fréquemment dans les 3ème et 4ème quartiles, particulièrement l'été.

Proportion des Quartiles pour chaque mois :

	1 <sup>er</sup> Quartile	2 <sup>ème</sup> Quartile	3 <sup>ème</sup> Quartile	4 <sup>ème</sup> Quartile
Janvier	$(2/12)*12 = 17\%$	$(2/12)*12 = 17\%$	$(5/12)*100 = 42\%$	$(3/12)*100 = 25\%$
Février	$(2/12)*12 = 17\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(2/12)*12 = 17\%$
Mars	$(0/11)*100 = 0\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(3/11)*100 = 27.2\%$
Avril	$(0/11)*100 = 0\%$	$(0/11)*100 = 0\%$	$(5/11)*100 = 45.4\%$	$(6/11)*100 = 55\%$
Mai	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(3/11)*100 = 27.2\%$	$(6/11)*100 = 55\%$
Juin	$(0/11)*100 = 0\%$	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(0/11)*100 = 0\%$	$(10/11)*100 = 91\%$
Juillet	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(2/11)*100 = 18.1\%$	$(2/11)*100 = 18.1\%$	$(6/11)*100 = 54.5\%$
Août	$(2/11)*100 = 18.1\%$	$(3/11)*100 = 27.2\%$	$(2/11)*100 = 18.1\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$
Septembre	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(0/11)*100 = 0\%$	$(0/11)*100 = 0\%$	$(5/11)*100 = 45.4\%$
Octobre	$(2/11)*100 = 18.1\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$
Novembre	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(3/11)*100 = 27.2\%$	$(1/11)*100 = 9.1\%$	$(6/11)*100 = 55\%$
Décembre	$(3/11)*100 = 27.2\%$	$(3/11)*100 = 27.2\%$	$(4/11)*100 = 36.3\%$	$(1/11)*100 = 9.1\%$

Si les normales saisonnières étaient respectées, les températures devraient être égales dans chaque quartile, soit 25 % des températures comprises dans chaque quartile.

3 -

On peut dire que les températures des dernières années sont majoritairement plus élevées. Par exemple, pour le mois de Juin, les températures ont toujours été plus hautes que la normale saisonnière à partir de 2002. La majorité des températures se trouvent dans le 3ème ou le 4ème quartile, soit dans les températures les plus hautes. Par exemple, 100 % et 82.2 % des températures se trouvent au dessus de la normale saisonnière, respectivement en Avril et en Mai.

En revanche, pour Février, les températures se trouvent équitablement en dessous et au dessus des normales saisonnières (50 % partout). Quant à Décembre, une légère majorité est en dessous des normales saisonnières, avec 54.4 % des températures.

Il fait donc plus chaud, en grande généralité, toute l'année, depuis le début des années 2000.

Les élèves ensuite avaient à déterminer des intervalles de fluctuation, comme présenté précédemment.

	janvier	février	mars	avril	octobre	novembre	décembre
1971	8	3	8			1	7
2000*	4	0	0			0	0
normales saisonnnières	5,2	3,2	0,7			1,07	3,97
		3,3*					
2001	0	4	0			0	7
2002	7	0	0			0	0
2003	7	6	0			0	1
2004*	2	4	0			0	1
2005	6	5	3			2	3
2006	7	4	2			0	2
2007	3	0	0			0	10
2008*	0	1	0			0	1
2009	9	2	0			0	2
2010	7	4	5			2	8
2011	4	1	0			0	0
2012*	0						

Exemple pour le mois de janvier : un mois de janvier « standard » devrait compter entre 2 et 10 jours où la température minimale est en-dessous de  $-5^{\circ}\text{C}$  : c'est l'intervalle de fluctuation pour une loi binomiale de paramètres  $n=31$ ,  $p=5,2/31$ . Les mois de janvier des années 2001, 2008 et 2012 peuvent être qualifiés de *chauds*.

Des fichiers de ce type sont donnés sur le site cité dans la note 4.

## Améliorations, suite à donner

### Faire au préalable un bilan méthodologique d'une étude statistique

Il aurait été intéressant d'institutionnaliser une fiche méthode concernant l'approche statistique, lors d'une activité précédente, pour que les élèves abordent cette activité mieux armés :

1. classer les données (ce qui est souvent déjà fait quand on prend un exercice d'un livre, mais c'est rarement le cas quand on prend des données réelles) ;
2. étudier les valeurs extrêmes ;
3. modifier certaines valeurs si possible (si on a en sa possession les questionnaires ou l'étude, on peut ponctuellement corriger certaines valeurs) ou les éliminer ;
4. présenter les valeurs sous la forme adéquate (tableau, graphique) ;
5. calculer les éléments statistiques : moyenne, étendue, médiane, quartiles, fréquences, intervalles de fluctuations, autre ...

On peut ensuite, en interprétant ces éléments statistiques, donner des réponses significatives et aller plus loin qu'une simple observation des données de départ.

### D'autres aspects à partir de ces données

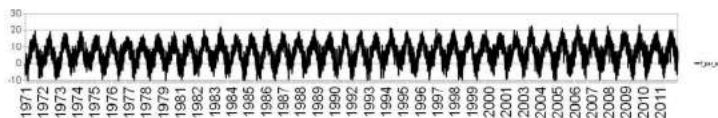
Les données de départ peuvent être utilisées à différents niveaux de classe ; voici quelques idées données plus ou moins succinctement :

**en Sixième** : construction d'un graphique donnant l'évolution des températures, ou lecture de graphiques ;

**en Cinquième** : utilisation des températures négatives pour parler des nombres relatifs. Ranger dans un ordre croissant les mois (normales saisonnières) selon les températures, compter le nombre de jours où les températures sont inférieures à  $-5^{\circ}\text{C}$ , ...

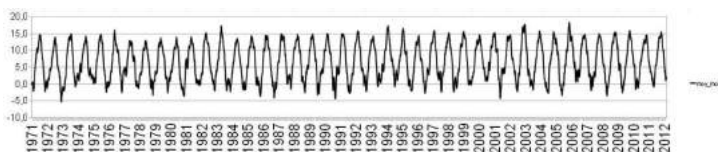


**en Quatrième** : il peut être intéressant de partir des *données brutes* (la température minimale journalière depuis une date donnée) et de les visualiser sous forme de graphique : si on prend toutes les valeurs en compte, le graphique est illisible.

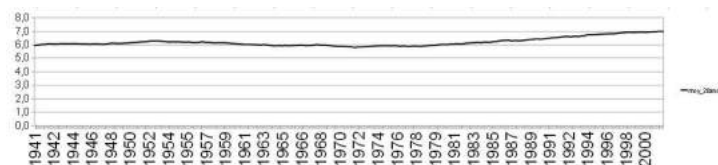


*Température minimale journalière de Besançon, entre 1971 et 2012*

On pourra alors introduire une moyenne *lissée*<sup>(6)</sup> : sur un mois, sur un an, sur 20 ans, ... pour dégager des tendances. Ce travail peut être fait en classe de quatrième, sur tableur :



*Moyenne lissée sur un mois de la température minimale journalière de Besançon, entre 1971 et 2012 : on visualise les variations saisonnières.*



*Moyenne lissée sur 20 ans de la température minimale journalière de Besançon, utilisant les valeurs de 1931 à 2012 : on visualise une tendance globale.*

Il serait intéressant d'analyser d'autres paramètres climatiques :

- températures maximales journalières ;
- précipitations ;
- vents.

Mais aussi, étudier des climats de types différents :

- plutôt continental pour Besançon ;
- océanique si on prend les données de Biarritz ;
- montagnard avec le Col du Grand Saint Bernard.

Il est motivant de travailler avec des données proches de chez soi (ce n'est pas toujours possible selon l'existence ou non de station météo fournissant des données au projet ECA&D).

On peut imaginer des groupes travaillant sur différents paramètres (température minimale journalière, température maximale journalière) ou différentes villes. Ces travaux s'enrichiront mutuellement et pourront donner des indications plus précises que le travail d'un seul groupe.

(6) La moyenne lissée (on dit aussi glissante ou glissée) est le plus souvent utilisée pour des séries temporelles. Il s'agit de remplacer une valeur par la moyenne des valeurs sur une durée donnée, pour faire apparaître des tendances.