

EXPERIMENTATION : écrit n°1 sur l'action 2008/2009 (2^e année de l'expérimentation)

Titre de l'action : E3D (établissement en démarche de développement durable)

Académie de Nancy-Metz

Lycée régional d'enseignement général et technologique Arthur Varoquaux rue Jean Moulin 54510 Tomblaine

Bilan de la démarche E3D pour l'année scolaire 2008 - 2009

L'histoire du climat en classe de terminale scientifique

Laurent LITZENBURGER

INTRODUCTION

Les grandes lignes de l'expérience

Ce compte-rendu concerne une expérience pédagogique sur le thème de l'histoire du climat réalisée en 2008-2009 avec une classe de terminale scientifique dans le cadre de la démarche E3D (Etablissement en Démarche de Développement Durable) du lycée Arthur Varoquaux (Tomblaine, Meurthe-et-Moselle, Lorraine).

Le projet visait à plonger les élèves au cœur des débats et réflexions sur les changements climatiques en les mettant directement au contact de la démarche de l'histoire du climat. A partir de sources historiques locales et régionales, les objectifs pédagogiques visaient – dans un même mouvement – la production et l'interprétation de séries d'informations à caractères climatiques (en mettant en pratique les outils méthodologiques propres aux disciplines scientifiques qui constituent la spécificité de leur filière) et l'analyse historique :

Figure 1 – Les objectifs de l'expérience

Etapes	Objectifs à caractères scientifiques	Objectifs pédagogiques
Objectif final	Mettre en évidence de façon univoque la tendance climatique de la région Lorraine pour le XIX ^e et le début du XX ^e siècle	Construire son esprit scientifique et critique en participant au débat sur les changements climatiques en tant qu'acteur
Etape 1	Extraire plusieurs séries de données climatiques dans des sources d'archives régionales numérisées et accessibles sur Internet	Critique historique des sources consultées ; critique historique des informations contenues dans ces sources
Etape 2	Mettre en forme et interpréter ces séries de données	Utilisation d'outils statistiques relativement simples mais incontestables
Etape 3	Comparer ces diverses séries entre elles puis avec des séries concernant la même époque mais d'autres espaces	Valider les reconstructions et leurs interprétations selon un processus scientifique : validation interne (comparaison de plusieurs séries locales de la région) puis validation externe (comparaison des séries avec des reconstructions de référence) ; évaluation de la pertinence du travail réalisé et corrections si nécessaire
Etape finale	Valider la (les) reconstruction(s) réalisée(s)	Mettre en forme, expliquer et communiquer les résultats

Cette expérience n'a pas totalement abouti, puisque l'étape finale n'a pas été atteinte. Ce compte-rendu vise donc à préciser la démarche et les modalités de l'expérience, ses limites, ainsi que les pistes qui devraient permettre de la finaliser lors de la prochaine année scolaire.

La forme de ce compte-rendu mêle systématiquement les approches scientifiques et pédagogiques. Les informations reprennent tout ou partie du contenu des séquences qui ont rythmé le travail des élèves.

Qu'est-ce que l'histoire du climat ?

La première publication des rapports du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) sur les changements climatiques en 1990, a placé ce sujet au centre des préoccupations relevant du développement durable. Les discussions sur l'augmentation de l'effet de serre naturel par des facteurs anthropiques depuis le début de l'époque industrielle, ainsi que sur les mesures d'atténuation envisageables, sont à l'origine de nombreuses enquêtes.

L'histoire du climat est une reconstruction des paramètres météorologiques à une échelle planétaire sur une très longue échelle de temps. Le climat est défini dans ce cadre comme le comportement moyen du temps sur la longue durée. Les indices indirects (*proxys*) qui permettent ces reconstructions, d'origines organiques (cercles de croissance des arbres, pollens fossiles, etc.) ou inorganiques (carottes de glace, moraines marquant les avancées et retraits des glaciers, etc.) sont privilégiés et exploités dans le cadre d'approches spécialisées des géosciences (dendrochronologie, glaciologie, etc.). L'intérêt se porte avant tout sur le système climatique, sur sa complexité et son évolution depuis les âges géologiques jusqu'à nos jours, dans l'optique d'identifier les phénomènes d'origines naturels et anthropiques expliquant sa variabilité¹.

Les travaux fondateurs d'Emmanuel Le Roy Ladurie et de Pierre Alexandre – pour se limiter au contexte français – ont démontré le potentiel des recherches historiques sur ce sujet². Leurs approches ont initié une intense réflexion sur les outils conceptuels et méthodologiques de l'histoire du climat, ce champ d'investigation redonnant davantage de place à l'entrée historique : dans cette conception, il s'agit de s'intéresser aux variations fines du climat dans les périodes historiques, datées et localisées avec précision grâce aux observations directes relatives par des auteurs contemporains des événements, ou par le biais de relations indirectes, qu'il est possible d'infirmer ou de confirmer grâce à d'autres sources documentaires. La critique historique des sources et de leur contenu est donc au cœur de la méthode.

¹ Un ouvrage récent, coécrit par une équipe franco-américaine de vingt-quatre auteurs spécialisés dans les sciences du climat, dont la plupart sont membres du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), fait le point sur les objectifs, les méthodes et les résultats de l'histoire du climat. Ce travail, destiné à rendre accessible aux non-spécialistes le contenu du rapport du GIEC publié en 2007, est particulièrement utile à l'historien pour s'approprier des outils et concepts qui échappent à sa formation. Jean-Louis FELLOUS et Catherine GAUTIER (dir.), *Comprendre le changement climatique*, Paris : Odile Jacob, 2007, 297 p. Dans le même esprit, le Collège de France a édité en 2006 les actes d'un colloque qui a réuni deux ans plus tôt une vingtaine de chercheurs issus de toutes les disciplines – y compris des historiens – afin de faire une mise au point la plus complète possible sur le thème des interactions entre l'homme et le climat. Edouard BARD (dir.), *L'Homme face au climat*, Paris : Odile Jacob, 2006, 446 p.

² Emmanuel LE ROY LADURIE, *Histoire du climat depuis l'an mil*, Paris : Flammarion, 1967, 377 p. Pierre ALEXANDRE, *Le climat en Europe au Moyen Âge : contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*, Paris : Éditions de l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1987, 827 p.

Comme le souligne le sous-titre de la thèse de Pierre Alexandre, il s'agit avant tout de contribuer à l'histoire des variations climatiques, en d'autres termes d'épauler les sciences exactes en apportant une foule d'informations qualitatives et quantitatives qui leur échappaient jusqu'alors à travers les seuls indices indirects d'origines végétales, minérales et gazeuses³. Cette approche s'est complétée récemment d'enquêtes plus proprement historiques cherchant à mesurer le degré d'impacts du climat su

Sur le plan logiciel, les ordinateurs utilisés doivent disposer des derniers lecteurs (mis à jour) de fichiers .pdf ou .tiff, formats principaux utilisés par les bibliothèques numériques. Un logiciel simple et rapide permettant de trier et consulter des photos (captures d'écrans, pages enregistrées) peut également se révéler très utile.

Le réseau de l'établissement doit – au moins temporairement – accepter le téléchargement de documents relativement lourds (parfois plusieurs centaines de Mo), qui seront ainsi distribuables aux élèves et permettront des consultations sans être nécessairement connecté à Internet.

Quelques ressources bibliographiques générales

Jean-Louis FELLOUS et Catherine GAUTIER (dir.), *Comprendre le changement climatique*, Paris : Odile Jacob, 2007, 297 p.

Edouard BARD (dir.), *L'Homme face au climat*, Paris : Odile Jacob, 2006, 446 p.

Emmanuel LE ROY LADURIE, *Histoire du climat depuis l'an mil*, Paris : Flammarion, 1967, 377 p.

Emmanuel LE ROY LADURIE, *Abrégé d'histoire du climat du Moyen Âge à nos jours*, Paris : Fayard, 2007, 177 p.

Frédéric DENHEZ, *Une brève histoire du climat*, L'œil Neuf, 2008, 144 p.

Emmanuel LE ROY LADURIE, *Histoire Humaine et comparée du climat*, Paris : Fayard, tome I : *Canicules et glaciers, XIIIe-XVIIIe siècles*, 2004, 738 p., tome II : *Disettes et Révolutions, 1740-1860*, 2006, 612 p., tome III (avec le concours de Guillaume SECHET) : *Le Réchauffement de 1860 à nos jours*, 2009, 461 p.

La démarche de l'histoire du climat vise à reconstituer une tendance climatique univoque pour toutes les échelles de temps historiques et à l'aide de toute la documentation disponible. De nombreux filons documentaires sont aujourd'hui accessibles sur Internet, ce qui en facilite l'accès et l'étude. Un cadrage plus général peut servir d'introduction au projet, faisant correspondre la démarche au « penser global, agir local ».

1. Introduire le thème et la méthode

Deux sources principales permettent d'entrer dans le vif du sujet, mais à deux échelles différentes :

- les *résumés à l'intention des décideurs* des rapports du GIEC, qui sont directement disponibles sur leur site (en français) et produits par ses membres, concernent une approche mondiale et globale de la question ;
<http://www.ipcc.ch/languages/french.htm>
- les rapports régionaux sur les changements climatiques, accessibles sur les sites de certaines préfectures de régions (comme c'est le cas pour la région Lorraine), qui abordent souvent la question en fournissant une masse de données relative à l'époque industrielle jusqu'à nos jours.
<http://www.lorraine.pref.gouv.fr/index.php?nav=8-12-167&headingid=167&articleid=241>

Ces documents sont massifs et particulièrement roboratifs pour les élèves. Deux ou trois documents tirés de ces documents ressources peuvent suffire à lancer la réflexion.

Interrogé comme n'importe quel document habituellement étudié par les élèves en histoire ou en géographie, le document suivant (cf. figures 2 et 3 ci-dessous) permet par exemple de dresser quelques constats de départ :

Questions	Eléments de réponse	Constats de départ
Qui ? Quand ?	Susan Solomon, co-présidente du Groupe de Travail n°1 du GIEC Le Groupe de Travail n°1 du GIEC a pour mission d'établir scientifiquement les bases physiques du système climatique et des changements climatiques 2007, année de la publication du dernier et quatrième rapport du GIEC sur les changements climatiques	Le GIEC, acteur majeur incontournable sur le climat, est composé de 2000 membres nommés par les Etats participants. Il ne produit pas directement de données, mais évalue, synthétise et élabore des scénarios à partir de l'ensemble des recherches disponibles. Le processus d'élaboration étant particulièrement long, leurs rapports ne sont publiés que tous les 6 ans en moyenne.
Quoi ? Comment ?	Deux documents ressources contenus dans le dernier et quatrième rapport du GIEC (2007) Le premier document est une reconstruction des anomalies de T° dans l'hémisphère nord durant le dernier millénaire à partir de douze études différentes (courbes de couleur) comparées et calibrées à une période de référence obtenue à partir de mesures instrumentales (1961-1990) Le second document localise les enquêtes climatiques réalisées à partir de sources biophysiques ou géochimiques (selon leur localisation : coraux, anneaux d'arbres, forages et carottes de glaces) qui constituent	Les informations retenues par le GIEC dans ses rapports sont finalement extrêmement peu nombreuses : douze séries pour les anomalies de T° du dernier millénaire ; la totalité de ces informations sont d'origine géochimique ou biophysique et sont issues d'un tout petit peu plus d'une trentaine de sites répartis inégalement dans l'espace mondial. Les courbes montrent une tendance univoque que retranscrit la courbe moyenne habituellement utilisée par les médias, dite « crosse de hockey » (cf. figure 3 ci-dessous), mais les écarts sont importants entre les profondeurs des « creux » et des « sommets »

	actuellement le socle des connaissances sur le sujet	des différentes courbes. La demande en informations complémentaires de toutes natures est donc extrêmement forte pour affiner ces reconstructions dans l'espace et dans le temps.
Où ?	Le document 1 se limite à l'hémisphère nord, le document 2 concerne l'échelle planétaire, mais limité à quelques lieux particuliers : calottes glaciaires, forages sous-marins, etc.	L'inégalité nord-sud dans les recherches climatiques reflète en partie les inégalités de développement : seuls 5 sites se trouvent dans l'hémisphère sud. Si la totalité des séries construites actuellement confirment l'hypothèse d'un réchauffement global depuis le milieu du XIXe siècle, les enquêtes méritent d'être multipliées et diversifiées sur le plan spatial.

Figure 2 – Document tiré d'une présentation powerpoint de Susan SOLOMON (co-présidente du Groupe de Travail n°1 du GIEC)

[\[http://www.ipcc.ch/languages/french.htm\]](http://www.ipcc.ch/languages/french.htm)

Northern Hemisphere Temperature Reconstructions

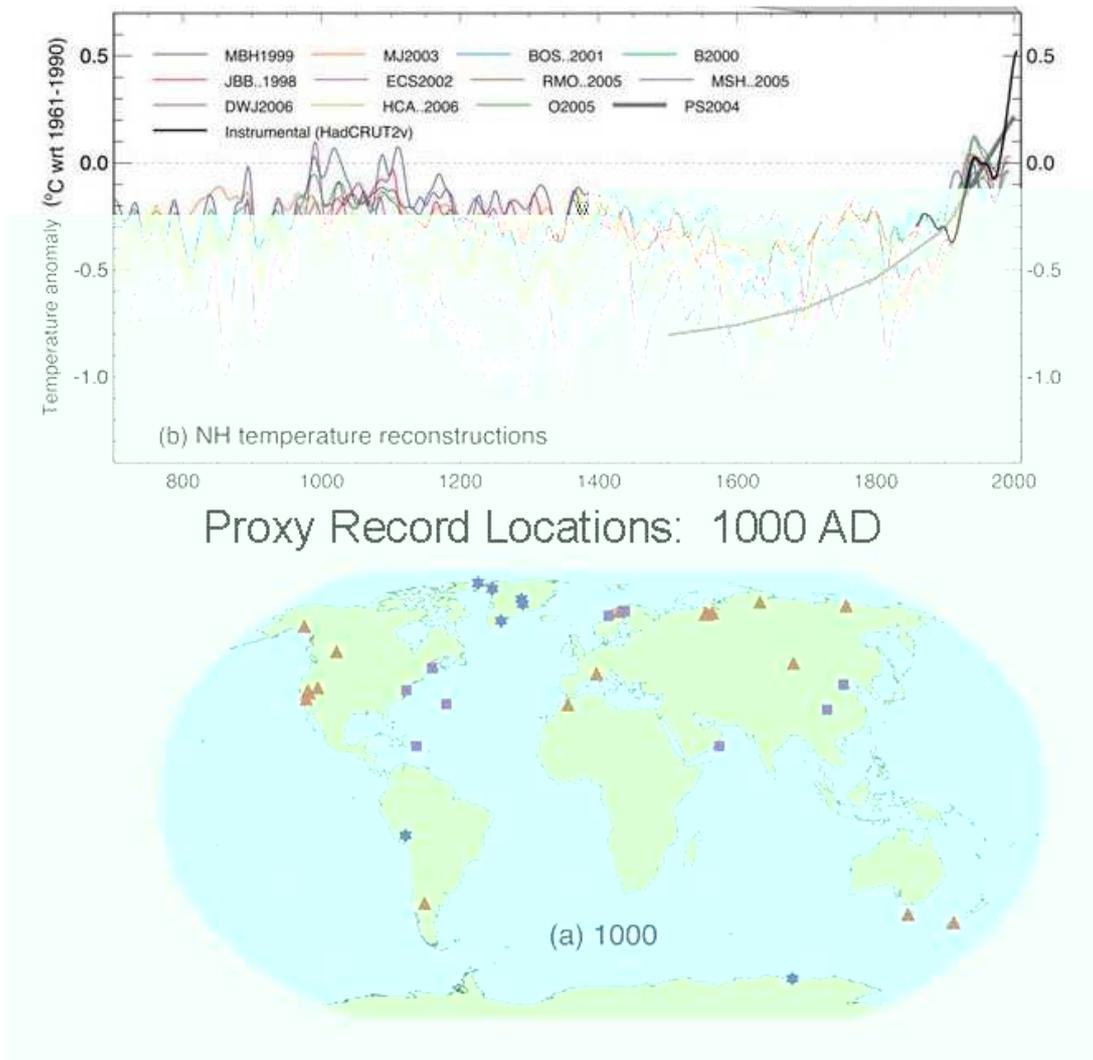
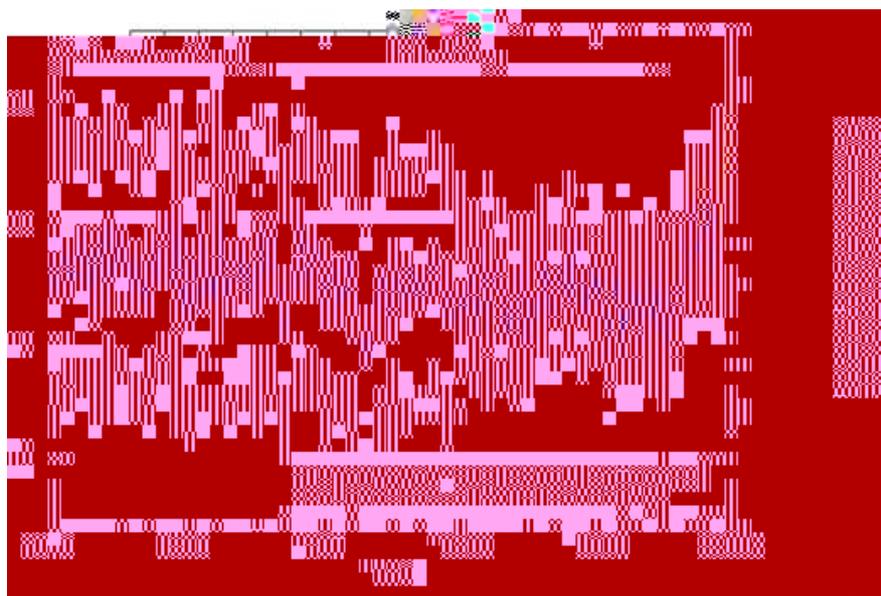


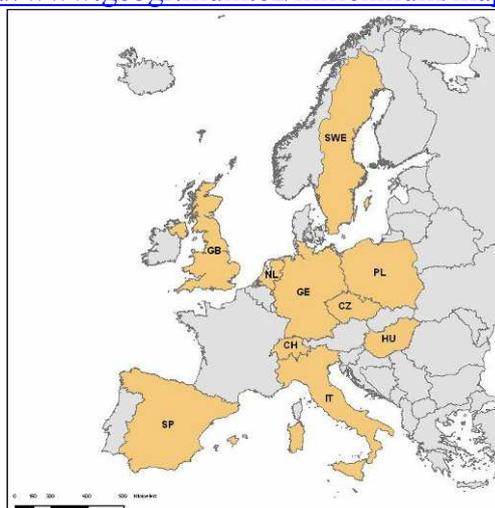
Figure 3 – La courbe dite « crosse de hockey »
[<http://www.ipcc.ch/languages/french.htm>]



La tendance climatique des 150 dernières années est incontestable. C'est la période pour laquelle les écarts entre les différentes séries et avec les informations d'origines instrumentales sont les plus réduits (document 2). Les écarts (document 3, partie grisée) à la moyenne mobile ou courbe de tendance (document 3, courbe noire) disparaissent systématiquement lorsque le document est publié dans la presse généralisée, ce qui a alimenté de nombreuses polémiques qui n'ont pas vraiment lieu d'être.

Dans l'optique de compléter et d'affiner les connaissances sur le sujet, l'Union Européenne a lancé dans les années 2000 un programme qui s'inscrit dans la lignée des travaux du GIEC. A l'instar de celui-ci, le programme contient un volet reposant sur des enquêtes géochimiques et biophysiques, mais également un volet exploitant le matériel historique. Le site du projet « *European climate of the past millenium* » propose une carte montrant la multiplication des recherches de ce type dans les Etats de l'UE :

Figure 3 – Les recherches climatiques en Europe
[<http://www.geogr.muni.cz/millennium/map.htm>]



Sites du projet Millennium :

<http://geography.swan.ac.uk/millennium/index.htm>

<http://www.geogr.muni.cz/millennium/index.htm>

Les équipes françaises manquent pour le moment à l'appel dans ce cadre européen, ce qui ne signifie pas pour autant qu'elles soient inactives, bien au contraire⁵. Il y a d'ailleurs actuellement un fort besoin d'informations climatiques extraites de sources locales afin d'affiner nos connaissances sur le climat.

2. Les sources

Les préoccupations relatives au climat ont toujours été dans l'air du temps. A Metz, comme dans le reste de la Lorraine et un peu partout en France, les sociétés savantes montrent un intérêt de plus en plus marqué pour la météorologie depuis la fin du XVIIIe siècle. Si l'utilité de ces observations est avant tout d'améliorer la productivité agricole, de faciliter et rendre plus sûre la navigation en mer ou de prévenir les tempêtes, le phénomène se transforme progressivement en un véritable engouement scientifique chez certaines élites locales. Dès le début du XIXe siècle, toutes les sociétés savantes lorraines voient émerger dans leurs rangs de véritables passionnés qui se spécialisent dans cette activité, n'hésitant pas à investir du temps, de l'énergie et parfois leurs propres deniers pour se procurer le coûteux matériel nécessaire. Les appareils de mesure sont en effet rapidement obsolètes, au rythme des améliorations techniques, ou peinent à s'imposer face à la multitude d'inventions mises ((DœDéng'f8Dœ,,à,éeg(8,.scrmuat

qui donne un nouvel élan à ce réseau épars, notamment par le biais de la création du bureau central météorologique en 1878, dépendant du ministère de l'instruction publique, qui centralise désormais les données à l'échelle nationale.

Les bibliothèques numériques GALLICA et EUROPEANA rendent accessibles une large collection des journaux édités par les sociétés savantes des quatre départements lorrains au cours du XIXe siècle et du début du XXe siècle. Ils contiennent donc une foule d'informations climatiques de première main encore inexploitées : relevés météorologiques quotidiens, mensuels, annuels, bilans pluriannuels, observations phénologiques, etc. (cf. figure 4, ci-dessous, pour avoir un aperçu de la forme et de la qualité des informations disponibles).

Sites ressources :

<http://gallica.bnf.fr> – le site de la Bibliothèque Nationale de France propose une gigantesque collection d'ouvrages numérisés. Les journaux des sociétés savantes de Lorraine sont accessibles en tapant les mots clés « sociétés savantes+Lorraine » dans la fenêtre de recherche.

<http://www.europeana.eu/portal/> - le site *Europeana* est une déclinaison à l'échelle européenne du site Gallica. En ce qui concerne les documents régionaux, les liens qu'il propose pointent donc directement sur le site Gallica. Ce moteur de recherche permet néanmoins d'élargir son horizon sur le plan géographique et/ou linguistique.

Figure 4 – Un exemple de relevé météorologique disponible sur Gallica, tiré de M. Demangeon, « Observations météorologiques d'Epinal en 1872 », dans *Annales de la Société d'Emulation du département des Vosges*, 1873 (tome XIV, 2^e cahier), p. 318.

OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE D'ÉPINAL.
 M. A. DEMANGEON, Secrétaire de la Société météorologique de France. Ils ont été installés avec soin et dans les meilleures conditions possibles.)
Résumé des observations météorologiques faites en l'année 1872-73 (de mars 1872 à février 1873 inclusivement, 36 jours) — Long. 45°15' E; Lat. 48°12' N; Alt. des baromètres, 337 mètres.

MOIS ET SAISONS.	PRESSION ATMOSPHERIQUE A ZÉRO.		TEMPÉRATURE CENTIGRADE. (Les degrés négatifs sont précédés du signe —)		MOYENNE MENSUELLE.		OBSERVATIONS DIVERSES. ORAGES, TEMPÊTES et autres phénomènes atmosphériques.
	7 mm.	7 mm.	Maxima absolue.	Minima absolue.	Maxima.	Minima.	
Février 1873. (pour mémoire)	30.94, le 22.	21.64, le 26.	732.43	400, le 2.	13°75, le 11.	0°20	Le 1, de 6 h. r. à minuit, orage avec tonnerre et pluie abondante. (Site de l'île de Mirs.)
Mars	42.21, 3 et 7.	19.06, le 30.	729.17	3°40, le 23.	21°05, le 30.	4°53	Orage de l'aube le 18 mars. — (pour 23 jours.)
Avril	41.13, le 8.	14.82, le 21.	730.22	2°05, le 19.	23°05, le 27.	3°40	Sécheresse extraordinaire le 14. (Site de l'île de Mirs.)
Mai	39.22, le 27.	21.17, le 17.	730.39	0°35, le 14.	24°35, le 17.	0°51	Météorite le 2, orage le 14, le 28 (9), le 30 et 31.
Jun	39.61, le 16.	20.33, le 9.	732.47	4°25, le 8.	27°65, le 16.	102.2	Orage le 10, le 26, le 27 (3) avec grêle — grande dégel.
Juillet	37.42, le 1.	26.14, le 30.	732.15	0°35, le 5.	32°54, le 26.	77.73	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Août	38.05, le 29.	24.42, le 7.	732.44	3°00, le 18.	29°40, le 19.	108.0	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Septembre	40.27, le 13.	23.22, le 24.	732.63	0°05, le 23.	29°75, le 3.	108.0	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Octobre	39.50, le 29.	20.37, le 25.	728.65	0°04, le 16.	21°00, le 8.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Novembre	42.89, le 7.	15.02, le 30.	729.78	2°35, le 15.	16°30, le 23.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Décembre	36.39, le 27.	08.76, le 10.	727.00	0°20, le 13.	12°20, le 27.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Janvier 1873.	43.80, le 14.	04.07, le 20.	730.94	7°00, le 30.	11°30, le 9.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Février	48.85, le 19.	13.67, le 27.	732.49	0°35, le 2.	10°35, le 26.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Printemps.	42.21, 3-7 mars.	14.82, 21 avril.	729.93	3°40, 23 mars.	24°35, 17 mai.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Été.	39.61, 16 juin.	24.82, le 7 août.	732.35	4°25, 8 juin.	32°54, 26 juillet.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Automne.	42.89, 7 novembre.	15.02, 30 novembre.	730.33	2°05, 15 novembre.	29°75, 3 septembre.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Hiver.	48.85, 15 févr. 1873.	04.07, 20 janv. 1873.	730.14	7°00, 30 janvier 73.	12°20, 27 décembre.	102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Moyennes annuelles et totaux.			730.69			102.2	Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Maxima.	748.85, le 19 févr. 73.				32°54, le 26 juillet.		Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).
Minima.		704.07, le 20 janv. 73.		7°00, le 20 janvier 73.			Orage le 7, le 12 (2), le 23, le 24 (9), le 29 (2), le 30 (3).

(Voir la suite au tableau B.)

3. La méthodologie

L'exploitation des journaux des sociétés savantes locales nécessite une organisation méthodique. Ces documents et leurs contenus doivent faire l'objet d'une attention particulière, et sont nécessairement sujets à des interrogations qui prennent corps dans le cadre d'un esprit scientifique :

Etapes	Exploitation des documents	Analyse critique	Du point de vue de l'élève
Objectif final	Extraire des journaux des sociétés savantes lorraines des séries de données climatiques.	S'assurer que les données disponibles soient fiables, normalisées, calibrées et donc utilisables.	Réflexion systématique à chaque étape du travail, dans une démarche « pas-à-pas » préparée à l'avance.
Etape 1	<p>Identifier les différentes informations climatiques disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - relevés de T°, de P°, de pression atmosphérique, etc. - descriptions d'événements extrêmes (inondations, sécheresses, embâcles/débâcles, tempêtes) ; - observations phénologiques : cycle de vie des plantes, migrations, etc. ; - prendre en compte la périodicité des relevés : journalière, hebdomadaire, mensuelle, annuelle, etc., afin d'isoler les séries continues de longue durée ; - cartographier les sites d'observations, dans une perspective comparative entre les différentes stations identifiées. 	<ul style="list-style-type: none"> - s'interroger sur les auteurs et leur assiduité, leur formation sur la question, les conditions des mesures (sous abri ou non), les outils utilisés (quel type de baromètre, de thermomètre,...), etc. ; - s'interroger sur les unités de mesures utilisées (degré Réaumur, °C, etc.) et envisager les conversions possibles ; - identifier les relations entre les érudits locaux et les observatoires nationaux : les instruments, les mesures effectuées, le sérieux des auteurs est-il reconnu par une autorité de référence (par exemple François Arago, de l'observatoire royal de Paris, qui calibre les instruments de mesure messin dans les années 1830). 	<ul style="list-style-type: none"> - mise en fiche systématique des ressources identifiées, de leurs références précises, des auteurs, des sites, des appareils de mesure utilisés, des lacunes des séries disponibles, etc. ; - réflexion approfondie afin d'isoler la (ou les) série(s) potentiellement les plus pertinentes à exploiter (séries continues, de longues durées, sans rupture dans la chaîne de documentation, etc.) ; - choix raisonné et documenté d'un type d'indicateur seulement par groupe : T°, P°, pression atmosphérique, observations phénologiques, événements extrêmes, etc. ; - prévoir des équipes travaillant en « double-aveugle » sur les mêmes sujets dans un but comparatif.
Etape 2	<ul style="list-style-type: none"> - extraction des données, constitution de séries sous la forme de tableaux clairs (site, date, lieu, auteur, type d'information) ; - construction des graphiques en fonction des données recueillies. 	<ul style="list-style-type: none"> - interprétation des séries et des graphiques, à l'aide d'outils statistiques simples mais incontestables : * calcul de la moyenne mobile (ou courbe de tendance) pour les longues séries de données, permettant de réduire le « bruit » (les événements extrêmes) et de faire ressortir la tendance globale ; * plus la série de données est longue, plus la courbe représentant l'intensité des événements récoltés/mesurés doit tendre vers une forme gaussienne (en cloche) ; * calcul de la fréquence des événements extrêmes (inondations, sécheresses, etc.) ; * de l'écart-type, des marges d'erreurs, etc. pour les séries qui s'y prêtent. 	<ul style="list-style-type: none"> - comparaison des données recueillies par les équipes ayant travaillé sur les mêmes sujets en « double-aveugle » ; - identification des ruptures, des erreurs et des oublis dans les séries ; - le cas échéant, retour aux sources, vérification des tableaux de données, puis correction des séries et des graphiques.
Etape 3	Comparer ces diverses séries entre elles puis avec des séries	* comparaison des pentes (ou directions) des graphiques dans	Validation des recherches locales à l'aide d'autres séries

	concernant la même époque mais d'autres espaces	le cadre des comparaisons en « double-aveugle » et avec des séries de référence extérieures à la région ; * comparaison statistique : % d'évènements communs, divergences, etc.	locales ou de plus grande ampleur géographique
Etape finale	Mise en forme finale des documents et de leurs annexes	Valider la (ou les) reconstruction(s) réalisée(s) ; mettre au clair les méthodologies employées	Expliquer et communiquer la méthode et les résultats obtenus

Les séries d'informations permettant de vérifier les informations recueillies sont peu nombreuses mais sont absolument nécessaires. Ces quelques liens pointent vers des documents ressources dont la validité ne fait pas de doute :

Type de données	Données locales	Données extérieures à la région
T° et P°	Les rapports régionaux sur les changements climatiques, construits à l'aide de séries compilées et consignées par Météo France, disponibles sur le site de la préfecture de région : http://www.lorraine.pref.gouv.fr/index.php?nav=8-12-167&headingid=167&articleid=241	Sites du projet européen Millenium : http://geography.swan.ac.uk/millennium/index.htm http://www.geogr.muni.cz/millennium/index.htm
Données phénologiques (sur la vigne uniquement)	Étude sur les <i>Vendanges en France</i> , par Alfred ANGOT, disponible sur le site de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), très gros fichiers à télécharger, mais fondamental et rare : http://docs.lib.noaa.gov/rescue/cd009_pdf/00261282.pdf Alfred Angot a réalisé une étude de référence sur les dates de vendanges en France en compilant des centaines de séries récoltées sur tout le territoire. Plusieurs concernent les Vosges, la Meuse et la Meurthe (mais pas la Moselle alors annexée). Ses tableaux contiennent donc des séries complètes, calibrées, corrigées et analysées, qui font souvent référence actuellement.	La seule série longue de dates de vendanges étudiée systématiquement par un groupe multidisciplinaire concerne la Bourgogne. Elle remonte au XIIIe siècle jusqu'à nos jours et s'appuie en partie sur les travaux d'Alfred Angot, corrigés et complétés. Elle est l'œuvre de Valérie Daux et a été publiée à deux reprises dans les annexes des dernières livraisons d'Emmanuel Le Roy Ladurie : Emmanuel LE ROY LADURIE, <i>Abrégé d'histoire du climat du Moyen Âge à nos jours</i> , Paris : Fayard, 2007, 177 p. Emmanuel LE ROY LADURIE, <i>Histoire Humaine et comparée du climat</i> , Paris : Fayard, tome III (avec le concours de Guillaume SECHET) : <i>Le Réchauffement de 1860 à nos jours</i> , 2009, 461 p.

Un exemple réalisé par les élèves

Cet exemple de travail d'élève repose sur l'utilisation des dates de vendanges rapportées par l'instituteur Etienne Olry dans les annexes d'un opuscule publié en 1885, disponible sur Gallica et Europeana :

OLRY, *Recherches sur les phénomènes météorologiques de la Lorraine*, tiré à part du *Bulletin de la société de géographie de l'Est*, Nancy : Berger-Levrault et Cie, 1885, 108 p.

Potentiel de l'approche phénologique des dates de vendanges

Depuis les travaux pionniers d'Emmanuel Le Roy Ladurie sur la question, les dates de vendanges constituent un indicateur (*proxy*) climatique particulièrement bien étudié, qui a été l'objet d'une mise au point interdisciplinaire récente⁹. La vigne est une plante particulièrement sensible à l'évolution du contexte météorologique au cours de l'année. Les variations des dates de vendanges renseignent sur la quantité de chaleur reçue par la plante durant sa période de croissance, avant la floraison et la véraison (le changement de couleur du raisin du vert au rouge ou au blanc), c'est-à-dire entre avril et août. Selon les membres de l'équipe OPHELIE (Observations phénologiques pour reconstruire le climat de l'Europe), « *quelle que soit la précocité ou la tardivité des cépages et quelle que soit la situation géographique (incluant sol, orientation et météorologie), une variation de dix jours de la date des vendanges reflète une variation de 1°C de la température maximale diurne de la période de croissance (avril à août).* »¹⁰. Le temps qui sépare la véraison de la vendange dépend quant à lui davantage de l'importance des précipitations et de l'état phytosanitaire des sols¹¹. Les dates de vendanges constituent donc un excellent indicateur des températures printano-estivales.

Etape 1 – Analyse critique de la source

Cet ouvrage pose un véritable problème lorsqu'il est confronté à l'analyse historique : il recense de nombreuses dates de vendanges entre le Moyen-Âge et le XIXe siècle, mais sans jamais citer ses sources. Il existe donc une suspicion sur l'origine de ces informations, qui ne peuvent être vérifiées et validées qu'au prix de longues et minutieuses recherches, très souvent infructueuses. Les dates antérieures à la période à laquelle il écrit sont donc systématiquement écartées, d'autant plus qu'elles sont rarement exprimées sous la forme de dates exactes. Les relevés qui lui sont contemporains sont les seuls qui soient dignes d'un usage sérieux.

Voici un exemple, pour la période 1850-1860 des informations disponibles dans l'ouvrage d'Olry (p. 95). Ces informations concernent les vignobles du Toulouis.

1850, 17 octobre . . .	Vin ordinaire, récolte hâtée par la gelée du 4 octobre.
1851, 20 octobre . . .	Vin détestable, petite récolte.
1852, 13 octobre . . .	Mauvaise qualité, petite quantité.
1853, 7 octobre . . .	Mauvaise qualité, récolte hâtée par la gelée du 12 octobre.
1854, 11 octobre . . .	Petite récolte ; la gelée du 24 septembre a tout compromis.
1855, 13 octobre . . .	Petite récolte, qualité médiocre.
1856, 18 octobre . . .	Peu de vin et mauvais.
1857, 5 octobre . . .	<i>Vin très bon</i> , récolte abondante.
1858, 30 septembre.	<i>Vin de bonne qualité</i> et en quantité.
1859, 3 octobre . . .	<i>Vin de bonne qualité</i> et en quantité.
1860, 18 octobre . . .	Vin en quantité, fiéret, appelé <i>Garibaldi</i> ; la neige du 12, suivie de gelée, cause du dommage.

Ces informations peuvent être considérées comme relativement sûres et peuvent être vérifiées, puisque Olry cite ses sources dans une note de la page précédente (p. 94).

(1) Pour les appréciations qui suivent, voir d'abord : 1^o *Observations météorologiques de la Commission météorologique de Meurthe-et-Moselle, année 1881* (les appréciations dans ce cas viennent de Foug) ; 2^o *la Vallée de Cleurie, par X. Thiriat, de Gérardmer.*

Malheureusement, les données dont il s'inspire ne sont pas numérisées sur Gallica ou Europeana. Il reste évidemment possible de chercher et de consulter ces références directement dans les dépôts d'archives ou les bibliothèques locales, ce qui reste malaisé et difficile dans le cadre d'une démarche scolaire. Cette note de l'auteur montre également les limites de cette source, puisque Olry ne différencie pas les données relatives à Toul ou à Foug. Pour toutes ces raisons, une vérification à l'aide d'une autre série de données est donc nécessaire.

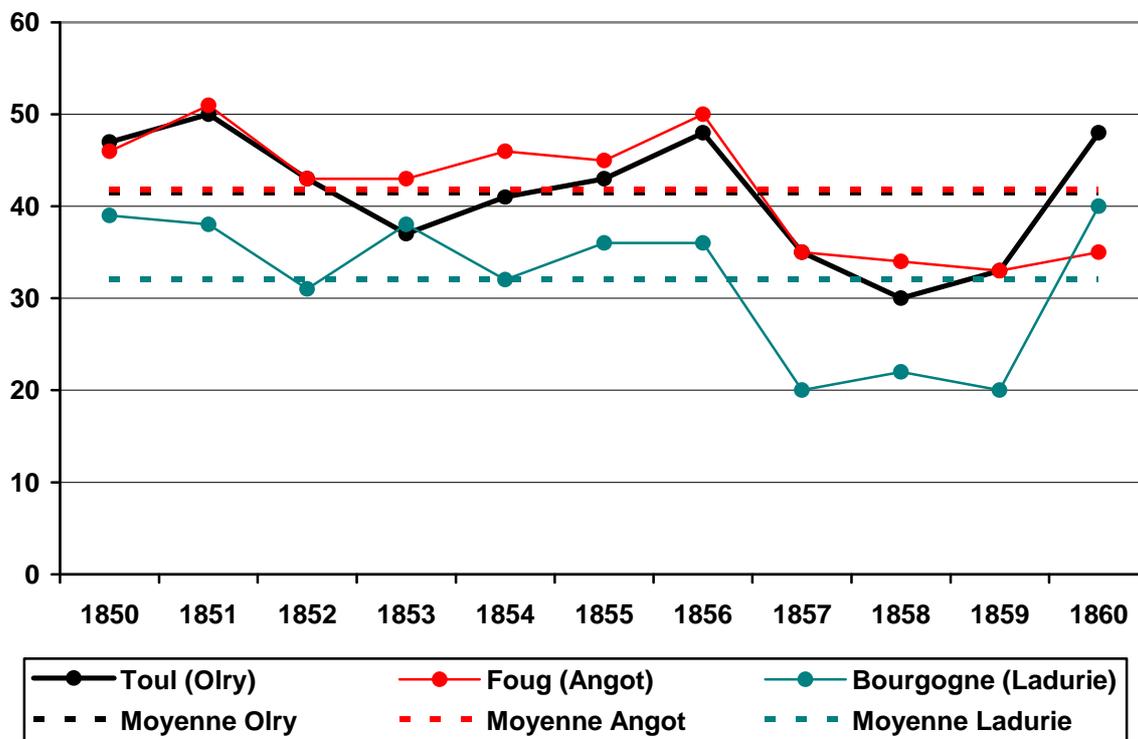
Etape 2 – Extraction des données et construction du graphique

Afin de rendre comparable les dates fournies par Olry avec les travaux portant sur ce sujet, mais concernant d'autres espaces, les dates ont subi une transformation : elles sont exprimées – pour rendre comparables les calculs – en jours de retard par rapport au 31 août : le 1^{er} septembre prend la valeur 1, le 1^{er} octobre la valeur 31, le 25 août la valeur « moins six », le 31 août la valeur zéro, etc.

Cette représentation graphique permet de mettre immédiatement en évidence toute avance ou tout retard des vendanges, car rappelons qu'« une variation de dix jours de la date des vendanges reflète une variation de 1°C de la température maximale diurne de la période de croissance (avril à août). »¹²

La vérification repose sur deux autres séries : les dates de vendanges de Foug (Alfred Angot) et de Bourgogne (Valérie Daux et Emmanuel Le Roy Ladurie).

Figure 5 – Les dates de vendanges dans le Toullois, à Foug et en Bourgogne entre 1850 et 1860



Série Toul/Foug : OLRy, *Recherches sur les phénomènes météorologiques de la Lorraine*, tiré à part du *Bulletin de la société de géographie de l'Est*, Nancy : Berger-Levrault et Cie, 1885, p. 95.

Série Foug : Alfred ANGOT, « Etude sur les vendanges en France », dans *Annales du Bureau Central Météorologique de France*, Paris : Gauthier-Villars, 1885, p. B. 52.

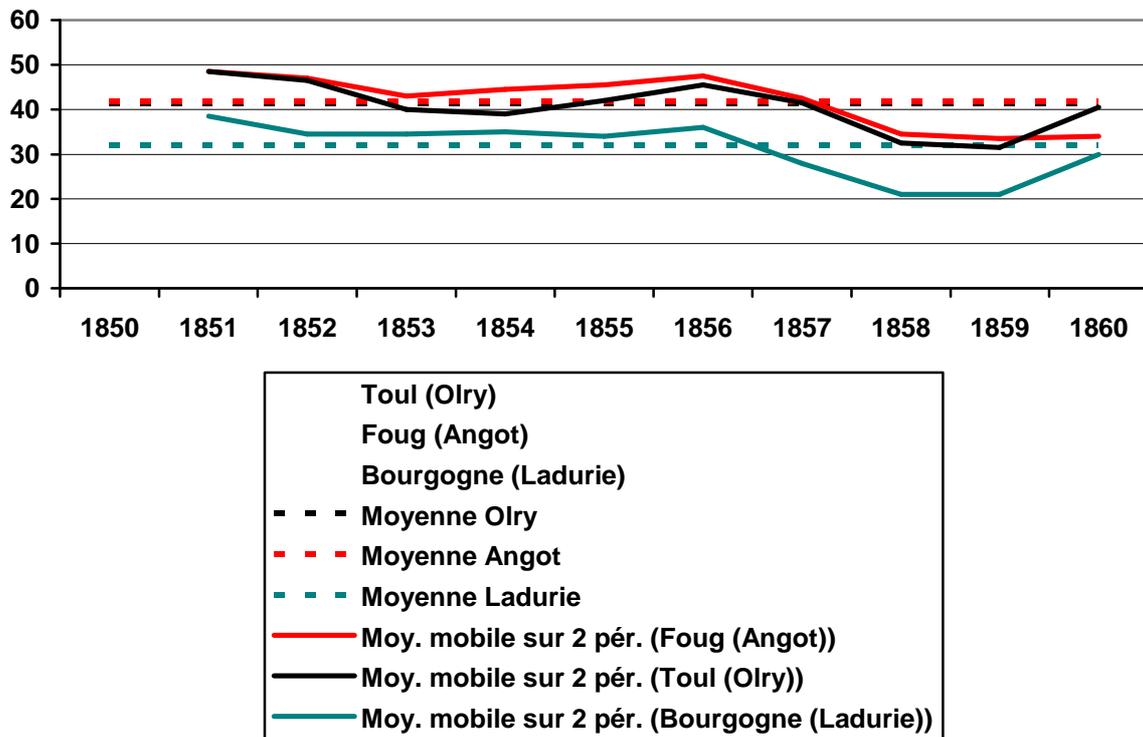
Série Bourgogne : Emmanuel LE ROY LADURIE, *Abrégé d'histoire du climat du Moyen Âge à nos jours*, Paris : Fayard, 2007, p 169.

¹² Valérie DAUX, Pascal YIOU, Emmanuel LE ROY LADURIE, Olivier MESTRE, Jean-Michel CHEVET et l'équipe d'OPHELIE, *op. cit.*, p. 4-5.

Etape 3 – Vérification de la reconstruction

Les trois séries de données peuvent être comparées par le biais de divers outils statistiques, qui sont normalement maîtrisés par les élèves de terminale scientifique. La moyenne mobile (ou courbe de tendance) permet de réduire le « bruit » parasite et de comparer les trois tendances, qui sont très proches, ce qui n'apparaît pas au premier coup d'œil en observant les graphiques obtenus à partir des données brutes.

Figure 6 – Courbes de tendances dans le Toullois, à Foug et en Bourgogne entre 1850 et 1860



L'interprétation des résultats repose sur la comparaison entre les dates moyennes des vendanges de l'ensemble de la période étudiée (traits horizontaux) et les moyennes mobiles (courbes) : la tendance est plus chaude – dans une fourchette de 0,5 à 1 °C – entre 1850 et 1856, nettement plus froide – de l'ordre de 1 °C – pour la fin de la décennie.

Bilan

Sur la démarche scientifique

Les dates de vendanges consignées par Etienne Olry semblent crédibles et exploitables pour la période qui lui est contemporaine. La démarche permet de mettre en évidence une tendance climatique univoque (figure 6) : les différences entre les sites d'observations (Toul, Foug, Bourgogne) expliquent les différences de T° (latitude, longitude) mais montrent une même évolution dans la durée.

La portée de l'exemple ci-dessus est très limitée : seule l'étude de longues séries peut apporter du sens. L'évolution d'une tendance météorologique sur une décennie ne peut en rien révéler une évolution du climat plus générale. Reste donc à étendre le champ d'investigation.

La démarche repose sur une approche méthodique, une exploitation pas-à-pas, limitée dans le temps et dans l'espace des sources disponibles sur Gallica et Europeana, qui sont de véritables gisements documentaires, relativement simples et aisés à utiliser en classe.

Sur la démarche pédagogique

Ce type de démarche est par nature interdisciplinaire : les outils et les concepts de l'histoire du climat sont historiques, statistiques, mathématiques, etc. Ils reposent sur des méthodes contenues dans les programmes scolaires. En classe de terminale scientifique, les élèves maîtrisent déjà ces divers outils : il s'agit simplement pour eux de les utiliser dans un contexte différent du cadre scolaire habituel.

Ce type d'expérience prend donc tout son sens dans une démarche EDD. Elle peut donner du sens aux enseignements théoriques de plusieurs disciplines. Le thème est alors un liant montrant l'intérêt d'utiliser certains outils particuliers, une mise en perspective concrète de méthodologies inhérentes aux diverses disciplines.

Tout ceci contribue à faire de l'élève un acteur du débat sur les changements climatiques, tout au moins à l'échelle locale. C'est une façon d'échapper aux avis très contradictoires des « experts » et au catastrophisme quasi systématique dont les médias grands publics se font trop souvent l'écho sur ce sujet particulier. La mise en pratique de la culture scientifique contribue donc à l'éducation aux choix.

Amélioration envisagées

La difficulté essentielle repose sur la vastitude des approches et la masse documentaire disponible. L'expérience n'a pas été conduite à son terme faute d'avoir méthodiquement limité le travail par groupes. Les élèves peuvent rapidement se perdre dans les séries disponibles, qui peuvent en outre connaître des ruptures importantes (séries de documents manquants). Le travail en amont, préparatoire, doit être particulièrement méticuleux afin d'identifier – avant toute autre démarche – les séries exploitables les plus pertinentes (séries continues, homogènes en terme de quantité et de qualité des données). L'association une série de données – un groupe – un nombre limité de manipulations statistiques devrait éviter que les élèves se perdent en cours de route.

Le rythme de travail est également un facteur clé : une séance mensuelle en demi-classe ne permet pas une exploitation des documents en classe. Ce travail doit être réalisé entre les séances par les élèves, le temps collectif étant réservé à discuter et tenter de régler les problèmes particuliers. Cela pose le problème concret de l'accès à un poste de travail et à Internet pour tous les élèves, problème qui peut trouver une solution simple si l'établissement dispose de salles équipées en libre accès.

Enfin, la démarche prend énormément de temps et doit être envisagée à l'échelle d'une année scolaire, ce qui ne fait au final qu'une dizaine de séances par demi-classes si ce projet devient l'axe central des cours d'ECJS.