



L'Observatoire de l'air en Île-de-France

Lycéens, collégiens, prenons notre air  
en main

Charlotte Songeur | Ingénieur Airparif | 23-11-2018



# 1 | Présentation du projet



## ► **Projet Inter-académique d'éducation au développement durable**

- DRIEE IdF et les 3 académies franciliennes
- Année scolaire 2017-2018 : thème de la qualité de l'air
- 23 collèges et lycées
- 800 élèves
- Expertise d'Airparif et de l'INRA

## ► **Objectifs**

- Enquête dans les territoires
- Mesures de la qualité de l'air avec des capteurs de pollution
- Sensibiliser les établissements
- Impliquer les jeunes

## ► Les travaux ont été menés en 3 temps

- Découverte du territoire et de la problématique
  - ✓ Analyse des données générales sur leur commune/département
  - ✓ Formation aux grandes notions de qualité de l'air
  
- Participation à la mesure
  - ✓ Prêt de  $\mu$ capteurs intérieur et extérieur par Airparif et accompagnement
  - ✓ Réalisation de mesures, mise en place de protocole, analyse des données
  
- Propositions d'actions pour améliorer la qualité de l'air
  - ✓ Suivant les environnements
  - ✓ Suivant les polluants

- ▶ **Former les professeurs (3 sessions tout au long du projet)**
  - À la qualité de l'air
  - À l'utilisation des  $\mu$ capteurs
  - Aux solutions pouvant être mises en place
  
- ▶ **Accompagner les élèves dans leurs travaux**
  - Répondre aux questions des élèves dont les professeurs n'avaient pas les réponses
  - Rencontre avec les élèves dans 1 ou 2 établissements
  - Rôle d'expert pendant la journée de restitution pour les accompagner dans leurs projets.

## ► Participation à la mesure

Air intérieur : 1 capteur fixe (CO<sub>2</sub> et PM<sub>2,5</sub>) par établissement sur toute la durée de l'expérimentation (année scolaire 2017-2018)

Air extérieur : 2 capteurs mobiles pendant une durée limitée pour tourner entre les établissements



## ► Air intérieur - NODE - Air Visual – CO2 et PM2,5

- CO2 – confinement
- Comprendre l'importance de l'aération pour la qualité de l'air intérieur
- Plusieurs questions sur les autres polluants : COV, formaldéhydes,...
- Utilisation du capteur dans la cour par certains établissements (Warning sur l'exposition directe au soleil et bien sûr à la pluie)

## ► Air extérieur – Air Beam – PM2,5

- Balades autour de l'établissement
- Proximité du trafic
- Mesures sur le chemin de l'école
- Mesures au domicile (air intérieur, feu de cheminées,...)
- Comparaison de mode de transport (à vélo et en tramway, à pied, en transport,...)

## ► Sensibilisation à la mesure

- L'ensemble des élèves a pu réaliser des mesures
- Prise de consciences des différences de niveaux de pollution
- Prise de consciences de l'impact important de certaines sources (trafic routier notamment)
- Découverte de l'incertitude de mesure
- Sensibilisation à l'analyse, à l'évaluation de données et aux limites de certains appareils (et dans certaines conditions météorologiques)

## ► Mise en place de l'expérimentation

- La logistique de prêt des  $\mu$ capteurs (fiche de suivi, code d'identification des capteurs)
- Un guide d'utilisation des capteurs
- L'utilisation des ces capteurs et le « service après vente » (beaucoup de sollicitations)
- La problématique de récupération des données.



## 2 Résultats



- ▶ **Restitution des travaux des élèves par les élèves**
  - Journée organiser à l'UNESCO
  - 4 élèves maximum par établissement pour présenter leurs travaux
  - Regroupement des établissements en 4 ateliers de travail pour présenter 2 projets à l'assemblée en fin de journée
  - Présentation des solutions retenues
  
- ▶ **Réalisation d'un kit pédagogique**
  - Les travaux des élèves ont servis à la réalisation d'un kit sous forme de « Fiches pédagogiques »
  - 3 thématiques
    - ✓ Comprendre la qualité de l'air et ses enjeux
    - ✓ Enquêter sur son territoire
    - ✓ Proposer et agir



**Collégiens et lycéens  
s'engagent pour la  
qualité de l'air !**





13

ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE

## EFFECTUER DES MESURES DE LA QUALITÉ DE L'AIR SUR SON TERRITOIRE

La concentration d'un polluant sur un territoire n'est pas constante et dépend de multiples facteurs. Dans une démarche expérimentale, les élèves élaborent des protocoles, analysent des données graphiques et proposent des hypothèses permettant d'établir une relation de causalité entre des paramètres inhérents au territoire et la qualité de l'air. Munis de leurs capteurs de données environnementales, les élèves investissent leur territoire pour mener l'enquête.

### PRINCIPALES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

- Pratiquer une démarche de recherche et d'investigation sur une question de développement durable
- Rechercher, extraire, sélectionner et organiser des informations utiles
- Repérer un problème ou un besoin lié au développement durable à l'échelle locale ou globale
- Construire et développer en public un propos construit

### CHAMPS DISCIPLINAIRES

- Sciences expérimentales,
- mathématiques,
- technologies

### CONTEXTE PÉDAGOGIQUE

Cette séquence est complémentaire de l'étude des enjeux à l'échelle locale et de l'élaboration de solutions.



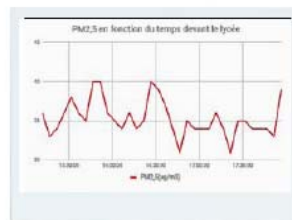
Les classes impliquées dans le projet "Prenons notre air en main" ont disposé, pendant plusieurs semaines, de capteurs prêtés par Airparif permettant de réaliser des séries de mesures afin d'analyser la qualité de l'air sur leur territoire.

Dans un premier temps, la plupart des enseignants ont interrogé leurs élèves sur leurs représentations de la qualité de l'air sur leur territoire d'étude. Certains élèves ont, par exemple, placé sur une carte les sources de pollution qu'ils ont identifiées ainsi que les zones qu'ils pensaient les plus polluées. Une fois ces hypothèses émises et éventuellement complétées par une recherche documentaire, les premières expériences sont envisagées : comparaison des concentrations de particules fines le long d'un axe routier et le long d'un bois, mesure de cette concentration dans la cour du lycée ou dans des zones de travaux, étude des concentrations de polluants en fonction du mode de transports utilisé pour venir au lycée (métro, vélo, bus). Au collège Georges Braque (Paris), les élèves ont évalué l'influence de l'altitude sur la concentration en particules fines en effectuant des mesures à des étages différents d'un immeuble d'une rue étroite de Paris.



La deuxième étape consiste à élaborer avec les élèves les protocoles permettant de réaliser les mesures sur le terrain. Au sein de chaque groupe, les responsabilités sont partagées : manipuler le capteur, compter les véhicules, consigner les valeurs mesurées (voir Annexe n°1). La réalisation des premières expériences permet d'affiner et d'améliorer les protocoles mais aussi de voir apparaître des questions qui ne s'étaient pas encore posées comme l'influence de la pluie sur la concentration en particules fines. Les élèves réfléchissent à de nouvelles hypothèses et élaborent de nouveaux protocoles pour les tester. Ils s'assurent de ne faire varier que le paramètre à tester, par exemple, la distance entre la route et le capteur s'ils veulent évaluer l'influence de cette distance sur la concentration en particules fines.

Les données sont récupérées à l'aide d'un logiciel, d'une application ou sous la forme d'un tableau rempli par les élèves pendant l'expérience en spécifiant bien le lieu, la météo, l'heure des mesures, le trafic routier... Les courbes obtenues permettent de tester les hypothèses de départ et de s'interroger sur les valeurs pertinentes à retenir : maxima, moyennes horaires ou taux d'accroissement.



### BILAN/RETOUR D'EXPERIENCE

À travers ce travail, les élèves se sont mis dans la peau de chercheurs confrontés à un exercice de mesures sur le terrain. Ils ont pu saisir toute la difficulté d'expérimenter dans un environnement dont on ne maîtrise pas toutes les variables. Ils n'en ont pas moins obtenus des résultats exploitables qui pouvaient donner lieu à des interprétations : diminution de la concentration en particules fines en montant dans les étages ou en s'éloignant de la route, importance du freinage dans la production de particules fines, influence de la météo...

### UNE AUTRE DÉMARCHE AU LYCÉE FRANÇOIS MANSART

Au lycée François Mansart, les élèves ont construit leur propre capteur (voir fiche 12). Ces capteurs ont ensuite été installés chez eux sur un balcon ou sur le rebord d'une fenêtre. Les données collectées par le capteur (température, humidité et concentration de particules fines PM2.5) sont envoyées vers l'application en ligne Thingspeak afin de les stocker et de les mettre en forme. Les élèves réalisent alors une carte collaborative montrant l'évolution de l'indice de concentration en particules fines PM2.5 sur une journée.

### POUR ALLER PLUS LOIN :

- Annexe n°1 "Analyser la qualité de l'air sur son territoire avec le capteur smog"
- Annexe n°2 "Annexe n°2 fiche élève exploitation mesure qualité air, Lycée René Cassin Arpajon"
- Annexe n°3 : "Partir des représentations des élèves pour évaluer scientifiquement la qualité de l'air sur son territoire".





12

## ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE Étudier, fabriquer et programmer un capteur avec les élèves

A travers trois séquences indépendantes, les élèves étudient puis fabriquent et programment un capteur de données environnementales connecté. Ces trois séquences permettent aux élèves de mieux comprendre l'environnement technique contemporain en s'appuyant sur une approche sciences-technique-société. C'est une opportunité pour s'appropriier en classe la dimension citoyenne et éducative de la technologie.

Le capteur de données environnementales réalise mesure des valeurs très fluctuantes et approximatives sur les particules fines (PM2.5). On privilégiera donc pour l'étude de ce polluant une analyse des variations des concentrations moyennes sur la période de mesure plutôt que sur les valeurs elles-mêmes.

### PRINCIPALES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

- Analyser le cahier des charges d'un objet technique, son architecture et ses composants.
- Mettre en œuvre, de manière collaborative, des procédés de prototypage rapide.
- Programmer un système connecté à partir d'un cahier des charges.
- Tester et valider le fonctionnement d'un produit.
- Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant.

### CHAMPS DISCIPLINAIRES

- Technologies
- Mathématiques
- Sciences expérimentales
- Les notions algorithmiques sont traitées conjointement en mathématiques et en technologies.

### CONTEXTE PÉDAGOGIQUE

Les trois séquences proposées peuvent être traitées indépendamment en fonction des objectifs pédagogiques. Pour compléter ces séquences les élèves pourront étudier la qualité de l'air sur leur territoire (voir fiche n°13)

Ce capteur de données environnementales pédagogique a été conçu et développé avec la classe de première STI2D du lycée François Mansart de Saint-Maur-des-Fossés. Nommé smogy, en référence au fameux brouillard, il a pour particularité de pouvoir être réalisé en classe dans le cadre du cours de technologies.

### SÉQUENCE ANALYSER SMOGY

La dimension liée au réel est importante et implique que les élèves puissent disposer du capteur smogy afin de l'observer dans des configurations montées et démontées. Durant la phase d'analyse, les élèves s'approprient les éléments fondamentaux qui caractérisent le capteur à travers une approche socio-culturelle mais aussi à travers la dimension d'ingénierie propre aux objets techniques. La démarche d'investigation est privilégiée durant cette phase d'appropriation : Qu'est-ce qu'un capteur de données environnementales ? À quoi cela sert-il ? À quels besoins ou enjeux sociétaux répond-il ? Quels sont ses caractéristiques ? Comment fonctionne-t-il ?

Ces questionnements permettent d'établir les relations entre les fonctionnalités du cahier des charges, le design et les solutions techniques associées.

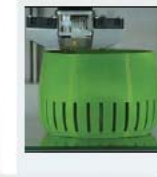
### SÉQUENCE RÉALISER SMOGY

Au fil de cette séquence, les élèves fabriquent les éléments structurels par impression 3D puis assemblent les composants électroniques plug and play : carte Wemos, capteurs, afficheur LCD, etc. Ils valident le bon fonctionnement du capteur smogy grâce à un programme test.

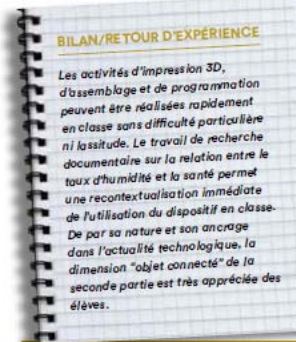
À travers les activités de création numérique, les élèves confrontent une réalité virtuelle à la possibilité de sa réalisation matérielle. Ils développent leur autonomie, mais aussi le sens du travail collaboratif.

### SÉQUENCE PROGRAMMER SMOGY

Les activités permettent aux élèves d'avancer graduellement dans la programmation du capteur, en utilisant le langage graphique du logiciel ArduBlock. Dans un premier temps, ils programment le capteur pour mesurer la température, le taux d'humidité et la concentration de particules fines (PM2.5) et affichent les valeurs sur l'écran LCD. Puis ils se questionnent sur ces valeurs et leurs conséquences sur la santé : Quelles sont les valeurs moyennes de référence ? les taux sont-ils normaux ? Quelles sont leurs conséquences ? Des recherches sont réalisées en classe et un groupe présente ses conclusions.



... les élèves ne permettant environnementales vers l'application de les stocker, le graphiques et



### POUR ALLER PLUS LOIN :

- Ressources séquence "Analyser et comprendre un capteur de données environnementales"
- Ressources séquence "Réaliser un capteur de données environnementales"
- Ressources séquence "Programmer un capteur de données environnementales"



11

## ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE RECENSER ET ÉTUDIER LES LICHENS POUR ESTIMER LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Les élèves étudient qualitativement et quantitativement des lichens dans leur lycée ou leur environnement proche afin d'estimer la pollution atmosphérique. Ils utilisent la sensibilité des lichens à différents polluants tels que l'ozone et l'azote pour suivre l'évolution de la qualité de l'air sur plusieurs années.

### PRINCIPALES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

- Mettre en œuvre un protocole expérimental dans le respect des consignes de sécurité et de l'environnement.
- Rechercher, extraire, sélectionner et organiser des informations en réponse à un besoin ou un problème repéré.
- Utiliser différents supports de communication par exemple une carte interactive.
- Valider ou invalider une hypothèse, un résultat d'expérience.

### CHAMPS DISCIPLINAIRES

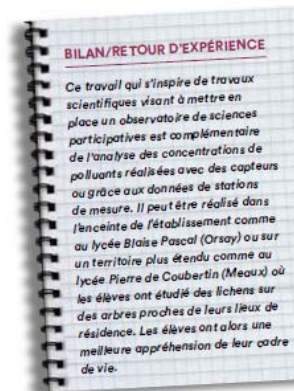
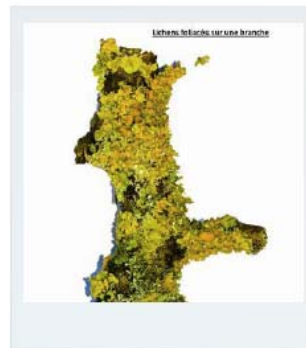
- Sciences expérimentales,
- technologie et mathématiques
- Sciences humaines et sociales

### CONTEXTE PÉDAGOGIQUE

Les élèves ont acquis au préalable des connaissances sur les différents polluants présents sur leur territoire et leurs sources d'émission.

Lors de la première séance, l'enseignant présente plusieurs lichens sur son bureau. Les élèves découvrent que ce sont des êtres vivants résultant d'une symbiose entre algue et champignon et identifient les caractéristiques morphologiques permettant de reconnaître les différents types de lichens. La détermination des espèces par les élèves peut s'avérer difficile mais leur biodiversité est facilement appréhendable : type, nombre et taille des lichens présents. Afin de tester leurs connaissances avant de partir en observation sur le terrain, les élèves répondent à un petit questionnaire en ligne.

Chaque groupe a ensuite pour consigne d'aller chercher un lichen de type foliacé dans la cour, ou dans l'environnement proche de l'établissement, sur un tronc d'arbre, un mur ou un rocher. De retour en classe, les élèves peuvent observer leur lichen au microscope optique puis ils réalisent une photographie à laquelle ils ajoutent une légende et un titre. Chaque groupe réalise alors une carte d'identité de son lichen comprenant sa photo, son nom, son type et ses caractéristiques morphologiques (couleur, forme...) (voir annexe n°4).



### BILAN/RETOUR D'EXPERIENCE

Ce travail qui s'inspire de travaux scientifiques visant à mettre en place un observatoire de sciences participatives est complémentaire de l'analyse des concentrations de polluants réalisées avec des capteurs ou grâce aux données de stations de mesure. Il peut être réalisé dans l'enceinte de l'établissement comme au lycée Blaise Pascal (Orsay) ou sur un territoire plus étendu comme au lycée Pierre de Coubertin (Meaux) où les élèves ont étudié des lichens sur des arbres proches de leurs lieux de résidence. Les élèves ont alors une meilleure appréhension de leur cadre de vie.

Au début de la deuxième séance, l'enseignant rappelle quelques traits caractéristiques des lichens : leur croissance lente, leur longue durée de vie et leur capacité à absorber et stocker les polluants atmosphériques éventuellement présents. L'hypothèse est émise que les lichens peuvent être un outil de biosurveillance mais qu'ils n'ont peut-être pas tous la même sensibilité face aux polluants atmosphériques. Les élèves proposent donc des idées pour concevoir un protocole et tester cette hypothèse. Leur pertinence est discutée collectivement et le protocole élaboré avec la classe est comparé avec celui mis en place par des chercheurs sur le site PartiCitéE.

Les élèves sortent dans la cour munis de leur protocole finalisé (voir annexe n°2) afin de recenser les lichens sur un arbre à l'aide d'une clé de détermination numérique ou imprimée. Ils prennent des photos de l'arbre dans son environnement ainsi que des lichens observés puis remplissent une fiche de renseignement (voir annexe n°3). Chaque groupe présente ses résultats sur un site de cartographie interactive comme UMAP en positionnant un repère correspondant à la localisation précise de l'arbre étudié. Cette carte interactive et les données photographiques recueillies seront utilisées et serviront de témoins les années suivantes afin d'assurer un suivi à long terme des populations de lichens.

### POUR ALLER PLUS LOIN :

- Annexe 1: fiche de terrain avec le protocole utilisé par les élèves du lycée Blaise Pascal
- Annexe 2: fiche à compléter par les élèves lors de l'étude de terrain





L'Observatoire au service de la Santé  
et de l'Action

[airparif.fr](http://airparif.fr)



Contact : [charlotte.songeur@airparif.fr](mailto:charlotte.songeur@airparif.fr)