



## 09 ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE

### ÉTUDIER LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS SUR SON TERRITOIRE EN ANALYSANT LES DONNÉES DES STATIONS DE MESURES

#### ANNEXE 1

## ÉTUDIER LES DONNÉES D'UNE STATION AIRPARIF



# ÉTUDIER LES DONNÉES D'UNE STATION AIRPARIF



*Le travail sur les données fournies par des stations Airparif permet aux élèves de se familiariser avec l'étude des données brutes avant de se lancer eux-mêmes dans des séries de mesures. Il vient compléter utilement les premières notions acquises sur les différents polluants et leurs sources sur le territoire et sera l'occasion d'analyser les résultats et les représentations graphiques obtenues.*

**ATTENTION : les formules données ci-dessous ont été réalisées avec la version Microsoft Excel 2010. Nous ne garantissons pas leur compatibilité avec d'autres versions de ce logiciel.**



## Pour accéder aux données

Sur le site Airparif (<http://www.airparif.asso.fr>) :

- Aller sur « État de l'air » - « Par station » puis « **les résultats par station** ».
- Choisir une station et définir une période couvrant par exemple une année scolaire du 1<sup>er</sup> septembre 2016 au 1<sup>er</sup> septembre 2017.
- Accepter les conditions d'utilisation puis valider votre panier pour obtenir les données de concentration heure par heure pour les polluants en  $\mu\text{g}$  par  $\text{m}^3$ . Les stations ne mesurent pas toutes les mêmes polluants ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ...). Retrouvez la répartition des mesures par station sur le site d'Airparif, rubrique Etat de l'air / par station / la fiche réseau de mesure.

**Attention :** Il vous sera demandé de valider votre demande via votre boîte mail. Une fois celle-ci validée, l'obtention des données par courrier électronique peut prendre jusqu'à 1h d'attente.

Il existe différents types de stations des stations de fond, éloignées des voies de circulation, et des stations à proximité du trafic. L'étude sera beaucoup plus intéressante si elle porte sur ces deux types de stations. On peut également ajouter une station relevant également les concentrations en ozone.

Fiche réalisée par  septembre 2017

Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



Ces données peuvent être étudiées sous divers aspects avec les élèves. Nous vous proposons ici cinq pistes d'études de ces données brutes :

- A) Calculer et représenter des moyennes mensuelles pour mettre en évidence des variations saisonnières.
- B) Étudier la différence entre les jours de semaine et le week-end.
- C) Calculer le nombre de dépassements de seuil.
- D) Étudier les variations au cours de la journée.
- E) Construire un indice de qualité de l'air.



### Calculer et représenter des moyennes mensuelles pour mettre en évidence des variations saisonnières.

L'objectif est de mettre en évidence les variations de concentration de  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  et  $NO_2$  d'un mois à l'autre.

À l'aide d'une fonction du type « =MOIS(B3) », créer une colonne contenant le numéro du mois pour chaque ligne de données.

	A	B	C	D	E	F
1	mois	date	heure	$PM_{2,5}$	$PM_{10}$	$NO_2$
2				$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$
3	6	01/06/2016	1	8	11	15
4	6	01/06/2016	2	5	11	11
5	6	01/06/2016	3	4	11	10
6	6	01/06/2016	4	10	18	12
7	6	01/06/2016	5	15	20	20
8	6	01/06/2016	6	14	24	30
9	6	01/06/2016	7	15	24	29

À l'aide d'une formule permettant le calcul de moyennes conditionnelles (de type « MOYENNE.SI(plage ou chercher la condition ; condition ; plage dont il faut calculer la moyenne conditionnelle) », calculer les concentrations moyennes mensuelles.

Fiche réalisée par  septembre 2017

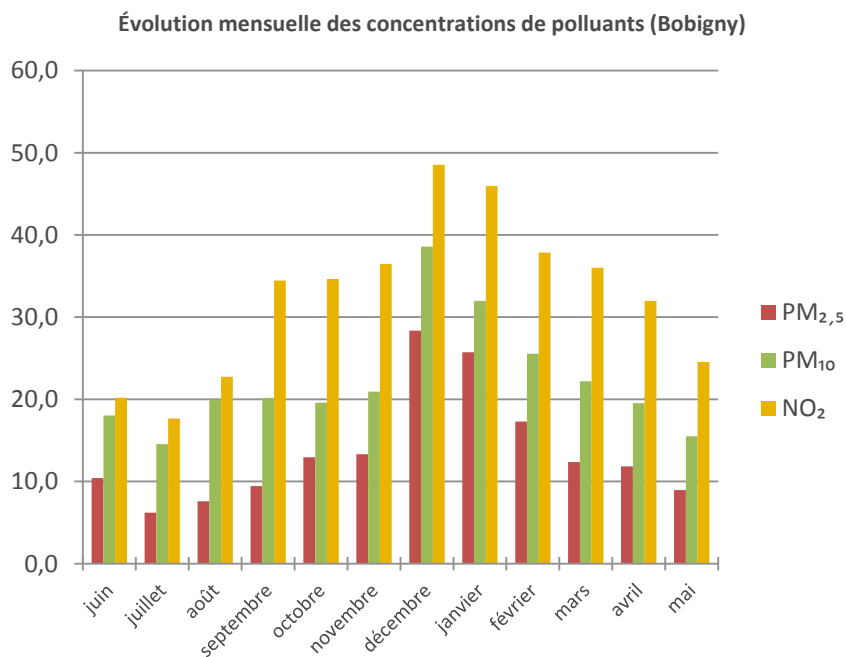
Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



Moyennes mensuelles				
Mois		PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>
juin	6	10,4	18,0	20,2
juillet	7	6,2	14,5	17,7
août	8	7,6	19,9	22,7
septembre	9	9,5	20,2	34,4
octobre	10	12,9	19,6	34,6
novembre	11	13,3	20,9	36,5
décembre	12	28,3	38,6	48,5

*fx* | =MOYENNE.SI(\$A\$3:\$A\$8762;\$H4;D\$3:D\$8762)

Représenter graphiquement les résultats obtenus et interpréter :



## Étudier la différence entre les jours de semaine et le week-end.

Afin de mettre en évidence les différences de concentration des polluants entre les jours de semaine et le week-end, on utilise une fonction du type « =JOURSEM(date ; 1 si dimanche=1 ou 2 si lundi=2) » qui permet d'obtenir dans une première colonne le numéro du jour de la semaine.

Fiche réalisée par **Monde pluriel** septembre 2017



Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



1	numéro jour	date	heure	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>
2				µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
3	3	01/06/2016	1	8	11	15
4	3	01/06/2016	2	5	11	11
5	3	01/06/2016	3	4	11	10
6	3	01/06/2016	4	10	18	12
7	3	01/06/2016	5	15	20	20
8	3	01/06/2016	6	14	24	30

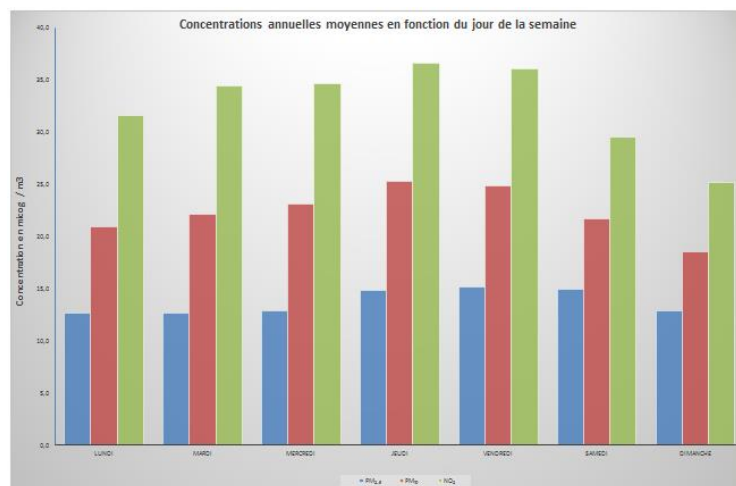
*fx* | =JOURSEM(B3;2)

En utilisant une formule du type « =MOYENNE.SI(plage ou chercher la condition ; condition ; plage dont il faut calculer la moyenne conditionnelle) », on peut alors calculer les moyennes annuelles pour chaque jour de la semaine et les représenter graphiquement.

		PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
lundi	1	12,7	20,8	31,5
mardi	2	12,6	22,0	34,4
mercredi	3	12,8	23,1	34,6
jeudi	4	14,8	25,3	36,6
vendredi	5	15,1	24,8	36,1
samedi	6	14,9	21,6	29,5
dimanche	7	12,9	18,5	25,2

*fx* | =MOYENNE.SI(\$A\$3:\$A\$8762;\$H3;D\$3:D\$8762)

Représenter graphiquement les résultats obtenus et interpréter. Les différences entre semaine et week-end sont ici peu importantes la station choisie étant une station de fond et non une station de trafic.



Fiche réalisée par **monde pluriel** septembre 2017



Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.





## Calculer le nombre de dépassements de seuil.

Rechercher sur le site Airparif les définitions des seuils OMS [ICI](#).

Pour les particules fines, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>, deux calculs sont nécessaires :

On peut tout d'abord calculer la moyenne annuelle simple.

	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
<b>Moyennes annuelles</b>	13,7	22,3	32,6

$f_x$  | =MOYENNE(D3:D8762)

On s'intéresse ensuite aux moyennes journalières qui permettront d'identifier les jours connaissant un dépassement de seuil. Pour calculer ces concentrations moyennes par jour, on pourra utiliser une fonction du type « =MOYENNE.SI(plage du critère ; critère ; données dont on calcule la moyenne) ».

$f_x$  | =MOYENNE.SI(\$A\$4:\$A\$8763;\$G4;C\$4:C\$8763)

						Concentrations moyennes par jour			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	date	heure	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>	date	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>
			µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
4	01/06/2016	1	8	11	15	01/06/2016	16,0	21,5	19,9
5	01/06/2016	2	5	11	11	02/06/2016	9,6	15,9	14,4
6	01/06/2016	3	4	11	10	03/06/2016	9,0	13,2	17,7
7	01/06/2016	4	10	18	12	04/06/2016	13,1	18,9	12,5
8	01/06/2016	5	15	20	20	05/06/2016	23,9	29,8	19,8
9	01/06/2016	6	14	24	30	06/06/2016	27,6	37,6	40,4
10	01/06/2016	7	15	24	29	07/06/2016	22,1	32,6	28,3

Pour les dépassements de seuil, on utilise une fonction du type « =NB.SI(plage ; critère) » qui permet de calculer, par exemple, le nombre de jours où la concentration de PM<sub>2,5</sub> dépasse le seuil de 25µg/m<sup>3</sup>.

	PM25	PM10	NO2
Critère (moyenne sur 24h)	25	20	200
Nombre de dépassements de seuil	41	12	0

$=NB.SI(P:P;">25")$

Pour le NO<sub>2</sub>, les dépassements de seuil sont calculés en fonction d'une moyenne horaire. Le calcul des moyennes journalières n'est donc pas nécessaire.

La définition des seuils est différente pour la procédure d'information et d'alerte en Île-de-France (voir [ICI](#)). Pour les PM<sub>10</sub>, il s'agit comme pour l'OMS d'un seuil à partir d'une moyenne calculée sur la période entre 0 et 24 heures. Il n'y a pas de procédure pour les PM<sub>2,5</sub>. On peut donc reprendre les calculs précédents en changeant simplement le niveau du seuil. L'exemple donné ici a été réalisé avec les concentrations journalières moyennes des PM<sub>10</sub>.

Fiche réalisée par  septembre 2017

Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



	Niveau d'information et de recommandation	Niveau d'alerte
Critère (moyenne sur 24h)	50	80
Nombre de dépassements de seuil	12	4

**NB :** A noter que les critères de déclenchement de la procédure sont le critère de surface (au moins 100 km<sup>2</sup> au total sur la région est concernée par un dépassement de seuil) et le critère de population (au moins 10 % de la population d'un département sont concernés par un dépassement de seuils) (Voir [ICI](#)).



## Étudier les variations au cours de la journée.



### Attention

Dans le tableau fourni par Airparif, **les données sont en Temps Universel (TU)**. Il est donc possible de décomposer le tableau de départ en 2 parties : l'une correspondant à l'heure d'été pour laquelle il faut d'ajouter 2 heures au TU ; l'autre correspondant à l'heure d'hiver pour laquelle il suffit d'ajouter une heure au TU.

**NB :**

Passage à l'heure d'été	Passage à l'heure d'hiver
Dans la nuit du 26 au 27 mars 2016	Dans la nuit du 30 au 31 octobre 2016
Dans la nuit du 25 au 26 mars 2017	Dans la nuit du 28 au 29 octobre 2017

On utilise les moyennes conditionnelles comme pour les variations mensuelles afin d'obtenir des moyennes de concentrations à 1h, 2h, 3h...

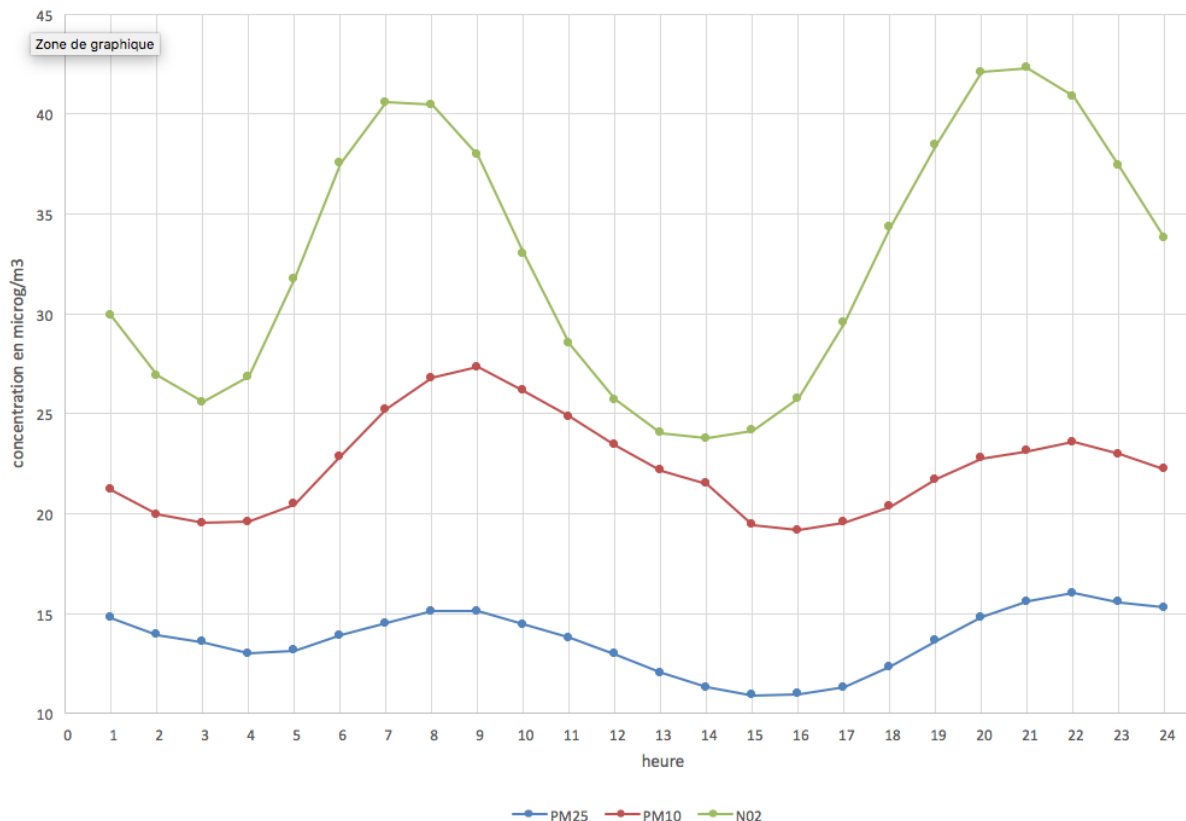
heure	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>2</sub>
1	14,8	21,2	29,9
2	13,9	19,9	26,9
3	13,6	19,5	25,6
4	13,0	19,6	26,8
5	13,1	20,5	31,7
6	13,9	22,9	37,5
7	14,5	25,2	40,6
8	15,1	26,8	40,5
9	15,1	27,3	38,0
10	14,5	26,1	33,0

Fiche réalisée par  septembre 2017

Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



Représenter graphiquement les résultats obtenus et interpréter.



## E Construire un indice de qualité de l'air.

Pour réfléchir avec les élèves à la construction d'un indice de qualité de l'air, il convient tout d'abord de leur faire rechercher les différents critères et seuil établis par exemple par l'OMS ou la France. Ces informations se trouvent notamment sur le site d'Airparif [ICI](http://www.airparif.fr).

Il est possible de mener un travail de réflexion collectif avec la classe pour faire un choix de critères : quels seuils fixer ? Faut-il utiliser le maximum de chaque polluant ? Sur quelle durée journalière ? 1 heure ou 3 heures consécutives ? Suffit-il qu'un seul polluant connaisse des dépassements de seuil ? Faut-il s'intéresser à la somme des concentrations des différents polluants ?

Une fois, ces choix faits, il est possible de répartir les jours d'un mois donnés entre les élèves afin que chacun donne le résultat de l'indice pour le jour qui lui a été confié.

Cette fiche méthodologique a été réalisée en partenariat avec :



Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.







## 09 ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE

# ÉTUDIER LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS SUR SON TERRITOIRE EN ANALYSANT LES DONNÉES DES STATIONS DE MESURES

### ANNEXE 2

## ÉTUDIER LES DONNÉES DE CONCENTRATION EN OZONE D'UNE STATION AIRPARIF

*Ce document annexe a été réalisé par des enseignants ayant participé au projet. Ils ne sont pas des experts, les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usage et n'engagent pas la responsabilité des auteurs, ni des partenaires du projet. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.*



# ÉTUDIER LES DONNÉES DE CONCENTRATION EN OZONE D'UNE STATION AIRPARIF

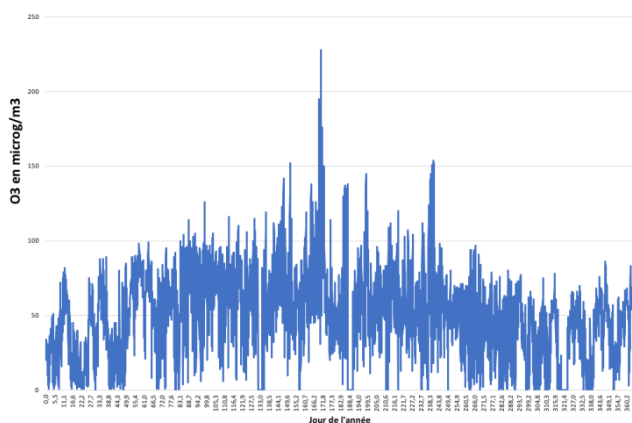


*L'ozone est un polluant atmosphérique créé dans la basse atmosphère (troposphère) par la combinaison conjointe de conditions d'ensoleillement favorable, d'oxydes d'azote (NOx) et de COV. Ses effets sur la santé humaine commencent à être bien connus, mais ses propriétés oxydantes altèrent aussi la photosynthèse et la respiration des végétaux. Ces altérations sur les plantes peuvent d'ailleurs être observées à l'œil nu.*



## Évolution à long terme de la concentration en ozone.

Les élèves disposent chacun d'un ordinateur et des données horaires de concentration en ozone d'une station d'observation. Pour la station de mesure des Ulis, les données sont disponibles depuis 2000 et les élèves, répartis en binôme, étudient chacun une année différente.



Ils calculent à l'aide d'un tableur quelques indicateurs simples : concentration moyenne au cours de l'année, écart type, médiane, quartiles et maximum. Ils peuvent également représenter graphiquement l'évolution de la concentration au cours de leur année afin de mettre en évidence l'influence de la saison sur la concentration en ozone comme sur la figure ci-contre. L'ozone est en effet un polluant estival qui résulte de la transformation chimique de l'oxygène de l'air au contact d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures sous l'action des rayons UV solaires.

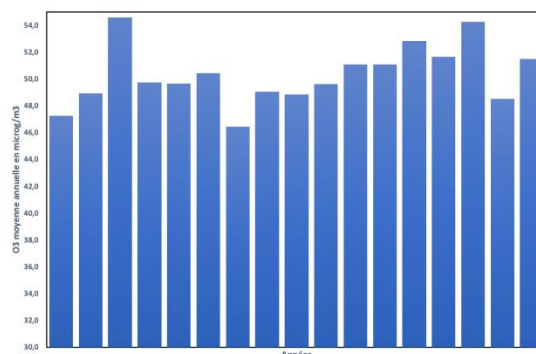
Fiche réalisée par **monde pluriel** septembre 2017



Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



Les résultats des différents groupes sont ensuite mis en commun et analysés. Sur l'exemple ci-contre, on observe la concentration en ozone aux Ulis pour la période 2001-2017.



## Seuils et dépassements.

La ligne directrice OMS pour l'ozone est de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière sur 8 heures. En France, le seuil d'alerte à la pollution par l'ozone est déclenché lorsque la concentration dépasse 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 1h ; le seuil de recommandation et d'information est lui fixé à 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Des fonctions de type « NB.SI(plage, condition) » ou un simple retour sur les maxima observés dans la première partie, permettent aux élèves d'observer pour le cas des Ulis les seuils français n'ont jamais été atteints au cours des dernières années.

Il existe toutefois un autre seuil de protection qui concerne la végétation. La plupart des végétaux sont en effet sensibles à l'ozone, en particulier le blé ou le soja. C'est au niveau des feuilles, lorsque les plantes réalisent des échanges avec l'atmosphère, que l'ozone a un impact sur les plantes. Plus la quantité de polluants absorbée est grande, plus les effets sont importants surtout lors des périodes de croissance des végétaux. L'idée est donc de calculer avec les élèves des cumuls de concentration au cours de ces périodes de croissance. Le modèle le plus accessible consiste à utiliser les AOT40. Les AOT 40, exprimés en  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{heure}$ , sont le cumul des concentrations horaires au-delà de 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs mesurées entre 8 heures et 20 heures. Le nom AOT 40 signifie « Accumulated ozone exposure over a threshold of 40 Parts Per Billion » (40 ppb ou partie par milliard=80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Le seuil est alors fixé à 6 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{heure}$  pour l'AOT 40 pour une période de 3 mois. Pour les Ulis, les élèves se sont intéressés à la période du 15 avril au 15 juillet.

Fiche réalisée par  septembre 2017

Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.



Le calcul des AOT nécessite l'utilisation de fonctions conditionnelles de type « SI(test logique ; valeur si vrai ;valeur si faux) ». Il est possible de procéder par étape : tout d'abord ne conserver que les valeurs entre 8h et 20h (colonne E) puis pour celles qui dépasse le seuil de 80 l'écart entre la valeur et le seuil (colonne F) avant de calculer le cumul de ces dépassements pour la période allant du 15 avril au 15 juillet.

A	B	C	D	E	F
Année	date	heure	O3 microg/m3	Valeurs entre 8h et 20h	Ecart au-dessus du seuil de 80microg/m3
2001	22/03/2001	7	89	0	0
2001	22/03/2001	8	86	86	6
2001	22/03/2001	9	84	84	4
2001	22/03/2001	10	81	81	1
2001	22/03/2001	11	80	80	0
2001	22/03/2001	12	84	84	4
2001	22/03/2001	13	84	84	4
2001	22/03/2001	14	90	90	10
2001	22/03/2001	15	94	94	14
2001	22/03/2001	16	93	93	13
2001	22/03/2001	17	89	89	9
2001	22/03/2001	18	71	71	0

Formule pour la colonne F:  $=SI(OU(C3<8;C3>20);0;D3)$

Formule pour la colonne E:  $=SI(E3<80;0;E3-80)$

Les élèves calculent ensuite le nombre de dépassement de seuil puis regroupent leurs résultats dans un tableau.

Année	concentration moyenne annuelle de l'air en ozone (microg/m3)	nombre total d'heures de dépassement du seuil de 80 (microg/m3) au cours de l'année	nombre d'heures de dépassement du seuil de 80 (microg/m3) au cours de la période du 15 avril au 15 juillet	AOT40 calculé du 15 avril au 15 juillet (microg/m3.h)
2012	51,08	1032	516	12828
2013	51,08	1275	569	16633
2014	52,84	1040	466	7492
2015	51,63	1312	739	9667
2016	54,27	916	423	7214
2017	48,50	1106	562	14596

Fiche réalisée par **Monde pluriel** septembre 2017

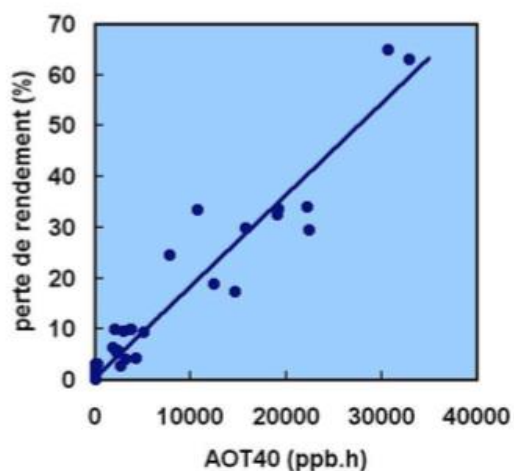


Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.





## L'évaluation des pertes de rendements.



Des programmes de recherche ont permis d'estimer les effets de l'ozone sur le rendement des cultures notamment en France et en Europe, d'autres programmes existent pour d'autres cultures dans différentes régions du monde. La méthode la plus simple consiste à utiliser un modèle linéaire pour évaluer ces effets (voir figure ci-contre). Les paramètres de ce modèle linéaire peuvent être calculés par les élèves ou faire l'objet d'une recherche documentaire. Pour le rendement du blé, les élèves utilisent la formule suivante : Rendement relatif =  $0.99 - 0.0161 \times \text{AOT40}$  où l'AOT40 est exprimé en ppm.h donc en millièmes de ppb.

Les élèves calculent alors des rendements relatifs pour les années qu'ils ont étudiées et estiment les pertes dues à l'ozone pour un agriculteur et évaluent leur coût en utilisant les cours moyen annuel de vente du blé.

	Rdt relatifs calculés
2010	0,887
2011	0,856
2012	0,930
2013	0,912
2014	0,932
2015	0,873
2016	0,937
2017	0,892

**Bon à savoir !**

Le site d'[Airparif](#) dispose d'une page consacrée à l'impact de l'ozone sur les plantes.

Fiche réalisée par **monde pluriel** septembre 2017



Ce document annexe a été réalisé par des enseignants et partenaires du projet. Les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usages et n'engagent pas la responsabilité des auteurs. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.





## 09 ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE

# ÉTUDIER LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS SUR SON TERRITOIRE EN ANALYSANT LES DONNÉES DES STATIONS DE MESURES

### ANNEXE 3

Fichier xlxs : Annexe n°3 \_ Feuille de calcul automatisée.xlsx

*Ce document annexe a été réalisé par des enseignants ayant participé au projet. Ils ne sont pas des experts, les contenus proposés doivent être utilisés avec les précautions d'usage et n'engagent pas la responsabilité des auteurs, ni des partenaires du projet. De même, les productions d'élèves sont présentées à des fins d'exemples de ce qui peut être réalisé dans le cadre de la séquence proposée.*

