Académie Orléans Tours

Lycée Jean Moulin

45rue Jean Moulin Saint Amand Montrond

Le peuplier noir sauvage de la forêt alluviale s'adaptera-t-il au changement climatique ?

Un travail de chercheur réalisé par 26 élèves de seconde

Baptiste BERGERON, Audrey BONNIN, Solenn CAILLON, Bastien CHAGNON, Myriam COURMONT, William DEMAY, Clémence DUMAS, Quentin DUMONT, Thomas FINOCCHARIO, Bastien HUBERT, Louise LELARGE, Emeline MARTIN, Esteban MOURAO, Enzo MULLER, Audran PELLISSIER, Kyllian POIRIER, Bérénice PROCUREUR, Florian QUEIROS, Faustine RUFFEL, Julie SEABRA, Baptiste SUCHAIRE, Delphine TALABARD, Romain TORSET, Julie TROQUET, Candice VERBRUGGHE, Ivan VILLIERS.

Encadrés par Annie Jacquemin professeur de Mathématiques, Véronique Ranty professeur de Sciences et Vie de la Terre et Marc Villar chercheur à L'INRA

Table des matières

1. *Contexte du projet* 3
   a) Qui sommes nous 3
   b) Le matériel d'étude 4
   c) Le travail en groupe pendant les séances 4
2. *Nos premières hypothèses* 4
   a) Les arbres ont besoin de lumière 4
   b) Les feuilles réalisent la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse 5
   c) L'énergie solaire reçue au sol dépend de la latitude 5
3. *Préparation du matériel nécessaire pour notre étude* 6
   a) La récolte 6
   b) Bilan de la journée 7
4. *Acquisition et vérification des données* 8
   a) Compilation et vérification des données de terrain 8
   b) Choix du logiciel pour calculer la surface de chaque feuille 8
   c) Scan des feuilles 9
   d) Vérification des mesures automatiques de surface 9
5. *Traitement mathématique des données et premières conclusions* 10
   a) Test pour valider la récolte 11
   b) Premiers calculs de moyennes 11
      Histogramme de répartition des feuilles en fonction de leur surface 12
   c) Second calculs de moyennes. 12
      Surface moyenne en fonction de la latitude des lieux de prélèvement 13
6. *Quels sont les paramètres météorologiques qui influent sur la latitude* 13
   a) Traitement des données météorologiques 14
   b) Relation entre la surface moyenne des feuilles et la température des mois de végétation 15
   c) Relation entre la surface moyenne des feuilles et la pluviométrie annuelle 16
   d) Relation entre la surface et la durée d'insolation 16
   e) Relation entre la surface et le rayonnement global mensuel 17
7. *Analyse des résultats du point de vue de la biologie* 17
8. *Prospectives* 17
9. *Annexe 1 Une partie du fichier Excel données météorologiques* 18

1. Contexte du projet

Le peuplier noir est une espèce de la ripisylve (arbres des bords de rivière) classée prioritaire au niveau national et européen dans les plans de conservation. Marc Villar, référent scientifique pour la France dans ce domaine de recherche, nous a proposé un travail collaboratif entre les élèves du lycée Jean Moulin de Saint Amand Montrond et son équipe de l'INRA à Orléans.

Le lycée participe au projet génome à l'école depuis la rentrée de 2011. La première partie de ce projet consiste à étudier la biodiversité du peuplier noir. A cette occasion Marc Villar, s'est déplacé dans notre établissement pour rencontrer les élèves de l'époque qui sont en terminale actuellement. Voir les témoignages de l'époque :

http://lyc-moulin-st-amand.tice.ac-orleans-tours.fr/eva//sites/lyc-moulin-st-amand/IMG/UserFiles/Files/genome/Articles//marcvillar.pdf

Il a alors proposé de faire des mesures sur les feuilles de peuplier pour essayer de reconnaitre un peuplier noir sauvage d'un hybride. Pour cela il avait fourni des feuilles récoltées dans toute la France, c'est comme cela que l'histoire a commencé. Voir les premiers résultats de 2011.

http://lyc-moulin-st-amand.tice.ac-orleans-tours.fr/eva//sites/lyc-moulin-st-amand/IMG/UserFiles/Files/genome/experimentation/feuilles/Temoignage%20Etude%20biom%C3%A9trique%20des%20feuilles%28bon%29.pdf

C'est donc la troisième année que des élèves de seconde du lycée Jean Moulin travaillent avec M. Villar. Cette année, il a proposé à nos professeurs de faire en classe des mesures de feuilles de peuplier pour vérifier une intuition.

a) Qui sommes nous

Nous sommes un groupe de 26 élèves de seconde issus de trois classes. En septembre 2013, lorsque nous avons commencé le projet nous arrivions au lycée et nous ne nous connaissions pas. Nous nous voyons 1h30 par semaine dans le cadre de l'enseignement d'exploration « méthodes et pratiques scientifiques (MPS) ». Nous sommes encadrés par deux professeurs : Mme Jacquemin, professeur de mathématiques et Mme Ranty, professeur de SVT. Normalement nous devrions être tous ensemble avec un seul professeur par semaine, mais vu la quantité de travail à faire nous avons pris l'habitude de travailler en deux groupes toutes les semaines dans deux salles différentes pour avoir plus de place et plus de matériel (des ordinateurs par exemple).

b) **Le matériel d'étude**

Marc Villar a remarqué depuis longtemps qu'il y avait une différence dans la taille des feuilles de peuplier noir qu'il protège sur tout le territoire français. Il émet deux hypothèses : l'origine de cette différence est soit génétique soit liée à l'environnement.

Il réalise des boutures de peupliers récoltés du sud au nord de la France (de la Corse à l'Alsace) et les plante dans une pépinière localisée à Moncontour (près de Chinon).

Si les feuilles conservent leur taille originelle à leur environnement initial, alors les différences de taille repérées sont peut-être dues à des facteurs internes à la plante (génétique).

c) **Le travail en groupe pendant les séances**

Pendant nos séances de travail nous avons toujours travaillé en équipe pour :

- Préparer le matériel pour nos recherches
- Récolter les feuilles dans la pépinière et faire la connaissance de Marc Villar
- Prendre les mesures des feuilles (longueur du pétiole, largeur de la feuille)
- Retranscrire nos données sur un logiciel informatique (Excel, Google drive)
- Vérifier toutes nos données informatiques et enlever des erreurs éventuelles
- Scanner toutes les feuilles
- Mesurer les surfaces des feuilles à partir d'un logiciel
- Répondre à des problématiques
- Concevoir une bibliographie à partir de livres de lycée et universitaires
- Correspondre avec M. Villar
- Tenir notre « cahier de laboratoire ».

2. Nos premières hypothèses

Nous essayons de comprendre les paramètres qui peuvent influencer la taille des feuilles d'un arbre comme le peuplier noir.

a) **Les arbres ont besoin de lumière**

Nous avons appris en cours de SVT que les plantes fabriquent leur propre matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de CO_2 grâce à la photosynthèse. L'énergie nécessaire est fournie par le soleil.

b) Les feuilles réalisent la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse

L'énergie lumineuse est captée par la chlorophylle qui est un pigment contenu dans les feuilles.

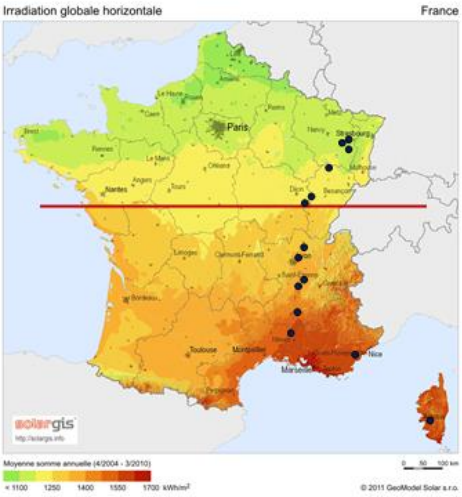
Cette dernière est utilisée pour produire de la biomasse c'est-à-dire pour construire les organes en croissance dont les feuilles font partie. On peut donc poser l'hypothèse que la taille des feuilles dépend de l'intensité de la photosynthèse. De plus, on a lu que lorsqu'une feuille de lierre est à la lumière elle est plus grande et plus épaisse qu'une feuille à l'ombre.

On s'attend en fait à ce que la taille des feuilles augmente avec la quantité d'énergie solaire reçue.

c) L'énergie solaire reçue au sol dépend de la latitude

Nous avons aussi vu que l'énergie solaire est reçue de manière inégale à la surface de la Terre. A l'Equateur, l'énergie solaire par unité de surface sera plus importante qu'aux hautes latitudes.

Aussi, nous avons essayé de savoir si elle variait selon les lieux de prélèvements des peupliers noirs. Pour cela nous avons écrit à M. Boisselier et à M. Toussaint, de la station météo de Bourges. Ils nous ont fait parvenir la carte suivante :



Limite choisie arbitrairement entre le nord et le sud en fonction du taux d'ensoleillement.
Emplacement (approximatif) des stations où les boutures ont été prélevées

<u>Moyenne annuelle d'irradiation globale</u>

Nous constatons sur la carte qu'en France l'irradiation annuelle moyenne varie de 1100 à 1700 kWh/m². Le trait rouge situé à 46 ° de latitude nord délimite deux zones :

- « le nord » avec une moyenne annuelle d'irradiation globale inférieure à 1250 kWh/m²
- « le sud » avec une moyenne annuelle d'irradiation globale comprise entre 1250 et 1700 kWh/m².

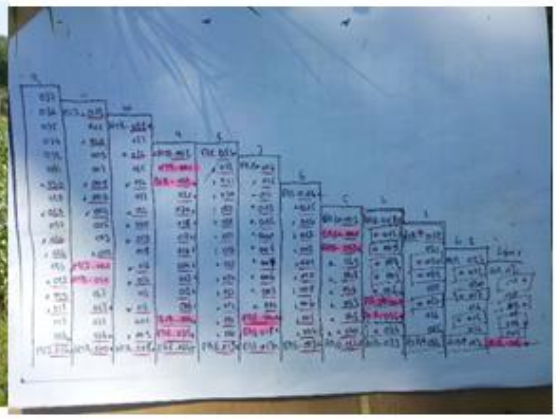
Nous avons placé sur la carte les populations où les boutures ont été prélevées. Ainsi « au nord » il y a les populations de Chalon sur Saône, Strasbourg, Erstein, Gevry, Bayon et Rhinau et au « sud » celles de St Martin d'Ardèche, Fréjus, St Maurice de Gourdon, Bregnier-Cordon, Vaux en Vélin, Montélimar, Allex, Sagone et Vallebrègues.

3. Préparation du matériel nécessaire pour notre étude

a) La récolte

Nous avons démarré le projet le vendredi 20 septembre 2013, sous la direction de Marc Villar et Olivier Forestier, ingénieur de l'Office National des Forêts. Nous sommes accueillis par le propriétaire de la pépinière Monsieur Lefèvre.

La pépinière de Moncontour.



Plan de la pépinière.

La veille, dans la pépinière, Marc Villar, a sélectionné 615 plants (signalés par de la rubalise) et sur chaque plant une feuille (signalée par un point rouge). Puis il a préparé 615 sachets avec le nom des plants. . Il y a entre 20 et 30 clones par station

Marc Villar a sélectionné deux plants par clones, nous avons donc deux feuilles (feuille -a et feuille -b) qui proviennent de deux boutures du même clone, c'est-à-dire du même arbre référent.

Marc Villar, nous a expliqué, la démarche à suivre pour récolter les feuilles de façon rigoureuse. En effet nous n'avons que quatre heures pour faire ce travail de récolte et de mesure.

Mesure du plant avec la règle d'arpenteur

Mesure des feuilles et écriture sur le sachet et dans le cahier de laboratoire

Pour chaque plant signalé, il faut d'abord vérifier son étiquette (au pied du plant) avec celle du sachet dans lequel on rangera la feuille. Ensuite il faut mesurer la hauteur du plant à l'aide d'une règle d'arpenteur, puis mesurer la largeur de la feuille (LAF) et la longueur de son pétiole (LOP) et noter ces mesures sur le sachet.

La classe est divisée en quatre groupes de cinq personnes. Dans chaque groupe deux élèves mesurent le plant, notent la hauteur du plant sur le sachet et prélèvent la feuille au point rouge et la mettent dans le sachet, un élève apporte le sachet aux deux élèves qui vont faire les mesures et les noter sur le sachet. Travailler par deux permet de réduire les erreurs, un élève mesure et l'autre vérifie. Toutes les mesures sont reportées dans notre cahier de laboratoire pour une vérification supplémentaire.

b) **Bilan de la journée**

Nous avons mis un peu de temps à nous organiser puis à devenir opérationnel dans la récolte. Ce travail demande de la concentration et de l'ordre, il faut vérifier constamment que l'on mesure bien le bon plant correspondant au nom sur le sachet.

Parfois il n'y avait pas de feuille au point rouge. Marc Villar nous a appris à choisir la bonne feuille : celle qui parait la plus grande à environ 1,30 m de hauteur.

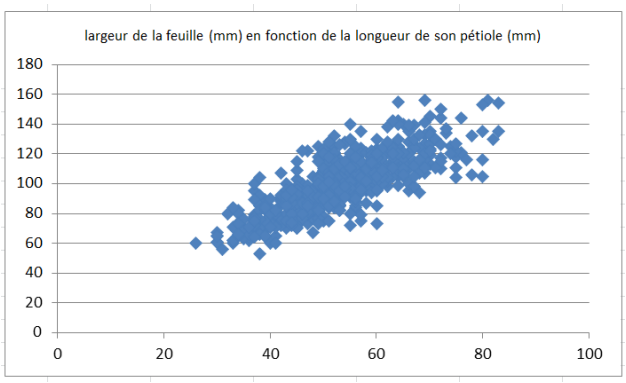
Un groupe s'est aperçu que le plant qu'il mesurait ne correspondait plus au nom du sachet. Olivier Forestier les a aidés à déterminer à partir de quel plant il y avait eu une erreur et ils ont recommencé toutes les mesures (une vingtaine).

4. Acquisition et vérification des données

a) Compilation et vérification des données de terrain

Nos professeurs ont ouvert un espace collaboratif sur Google Drive pour pouvoir entrer nos données dans un tableur tous en même temps. Pour vérifier qu'il n'y avait pas d'erreurs dans nos données, un élève, Ivan, a analysé la totalité du fichier en traçant le nuage de points donnant la largeur de la feuille en fonction de la longueur du pétiole.

Des points étaient très en dehors du nuage. Il a fallu rechercher ces feuilles, vérifier ses dimensions puis corriger les mesures dans le fichier ou bien les éliminer quand ce n'était pas possible de corriger (feuille perdue). Après correction il ne nous reste que 598 feuilles à scanner sur les 615 feuilles récoltées.



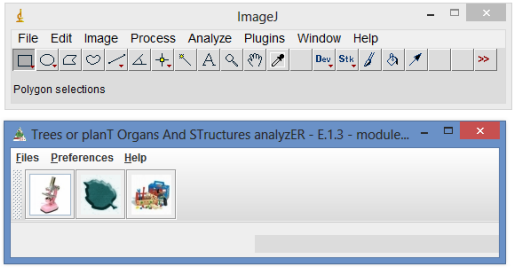
Nuage de point après correction des erreurs

Ce fichier nous sert de base pour la suite de notre étude.

b) Choix du logiciel pour calculer la surface de chaque feuille

Le logiciel utilisé, ImageJ avec le plug-in Toaster, nous a été proposé par Marc Villar qui l'a déjà utilisé pour d'autres travaux. L'intérêt de ce logiciel est qu'il peut calculer automatiquement les surfaces de plusieurs objets posés dans un même scan. Ce qui nous a permis de scanner ensemble les deux feuilles -a et -b d'un même clone.

Le logiciel accepte en entrée un dossier dans lequel on a rangé les scans des feuilles et donne en sortie l'aire, la largeur et la hauteur de chaque feuille, dans un fichier au format Excel.



Application ImageJ et le plugin Toaster

	A	B	C	D	E	F	G
1	Image	Identifiant	Area	adjLength	adjWidth	circ.	
2	ERS-01	01_01	7210.903114	113.56158	96.45881	0.5363714	
3	ERS-01	02_01	7748.591916	117.866554	101.05877	0.57601714	
4	ERS-02	01_01	8478.658022	117.50897	109.86773	0.54268223	
5	ERS-02	02_01	6398.007195	107.87773	90.702095	0.5347305	
6	ERS-03	01_01	11106.63834	139.8871	128.51305	0.57672936	
7	ERS-03	02_01	12436.73211	142.77791	132.81435	0.5319055	
8	ERS-04	01_01	13900.45722	151.71988	142.41223	0.577211	
9	ERS-04	02_01	12861.40936	149.9651	136.35335	0.5678027	
10	ERS-05	01_01	6684.501153	106.33603	102.81866	0.52302307	
11	ERS-05	02_01	7896.401584	116.93139	106.28502	0.50228167	
12	ERS-06	01_01	10254.17764	134.65741	117.69632	0.49375698	
13	ERS-06	02_01	11429.79127	141.32674	129.76347	0.58379936	

Fichier des mesures de surface calculées par Toaster

c) Scan des feuilles

Nous avons près de 600 feuilles à mesurer. Nous avons choisi de scanner toutes les feuilles pour pouvoir mesurer leur surface automatiquement à l'aide d'un logiciel.

Nous avions 4 scanners. Nous avons par groupes de deux, scanné des feuilles. Lors des scans, nous avons rencontré quelques problèmes, certaines feuilles étaient pliées (a) ou cassées (b) ou parfois les deux, car les feuilles en séchant deviennent très fragiles et peuvent donc facilement se casser. Pour remédier à cela, nous avons réparé les feuilles cassées (c) en scotchant les morceaux avant de les scanner.

Nous avons aussi remarqué à l'aide du logiciel « Image J » que parfois les feuilles avaient des trous ce qui pouvait compromettre les mesures des surfaces des feuilles donc nous avons comblé les trous à l'aide de papiers colorés (d) que nous avons scotché au dos des feuilles.

a)

b)

c)

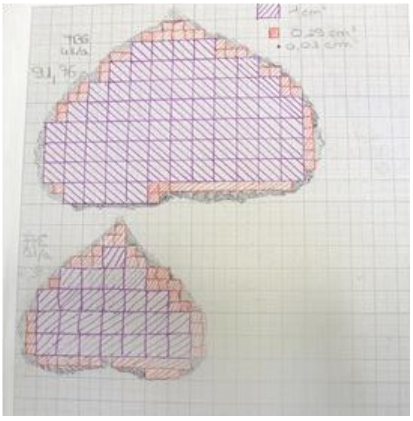
d)

Il a fallu refaire les scans d'un peu plus de 50 feuilles.

d) Vérification des mesures automatiques de surface

Pour être sûr de la validité des mesures calculées par le logiciel ImageJ, quatre élèves ont mesuré à la main la surface de deux feuilles en les décalquant sur du papier millimétré

Ils ont ensuite comparé les résultats obtenus avec ceux donnés par le logiciel Toaster.



Mesure à l'aide du papier millimétré des surfaces de deux feuilles de peuplier

	feuille TBG 48/A	feuille FRE 01/A
Surface mesurée à la main en cm²	91.76- 91.85 -91.72 - 92.17	40.68 - 40.94 - 41.08 - 41.37
étendue des mesures en cm²	0.45	0.69
marge d'erreur	$\frac{0,45}{91,72} \times 100 = 0,5\%$	$\frac{0,69}{40,68} \times 100 = 1,7\%$
Surface donnée par Toaster en cm²	92,11	40,85

L'étendue des valeurs est de 0,45 pour le calcul de la surface de la grande feuille, ce qui correspond à une erreur d'environ 0,5%. Pour le calcul de la surface de la petite feuille, l'étendue des valeurs est de 0,69 ce qui correspond à une erreur d'environ 1,5%.

Les marges d'erreurs sont faibles, on peut donc considérer que la vraie valeur de surface se situe parmi les valeurs calculées par les élèves.

Le logiciel Toaster nous donne des valeurs dans les plages en accord avec nos calculs. On peut donc considérer que les calculs automatiques de surface sont justes.

5. Traitement mathématique des données et premières conclusions

Nous avons travaillé par groupe de deux pendant deux séances pour le traitement des données. Puis dans une autre séance nous avons analysé les résultats et écrit nos premières conclusions.

Il nous restera à corréler nos données avec les paramètres météorologiques que nous avons sélectionnés.

Tous les calculs sont réalisés avec le tableur Excel

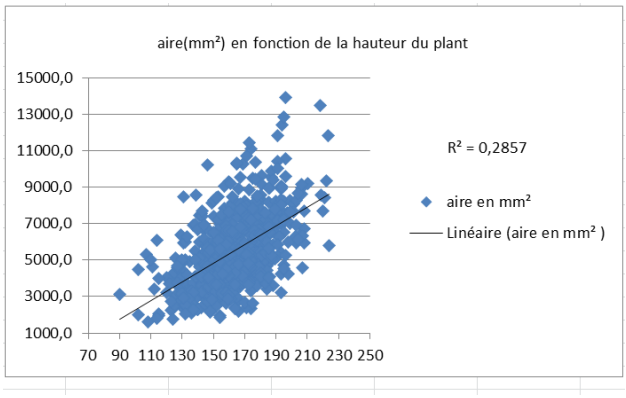
- Calcul de la moyenne sur une population : $\overline{x} = \frac{x_1+x_2+\cdots\ldots+x_n}{N}$. N est le nombre total de feuilles. La moyenne prend en compte tous les feuilles de la population.

- Nuage de points : il décrit la relation entre deux variables, si le nuage a une forme allongée, on peut alors ajouter une courbe de tendance linéaire qui indiquera la force du lien entre ces deux variables.
- Coefficient de corrélation : il donne une information sur la relation linéaire qui pourrait exister entre deux variables quantitatives. C'est un nombre compris entre -1 et 1. Proche de 1 (ou de -1) il peut exister une forte liaison entre les deux variables.

a) Test pour valider la récolte

Marc Villar nous a informés que la taille des feuilles dépend globalement de la hauteur de l'arbre dans ces premiers stades de développement. Nous avons voulu vérifier si c'était le cas pour notre récolte.

Dans ce cas notre étude du lien surface de feuille en fonction de la latitude aurait été compromise. Nous avons tracé le nuage de points qui donne la surface de la feuille en fonction de la hauteur du plant.



Nuage de points représentant l'aire des feuilles en fonction de la hauteur du plant de récolte.

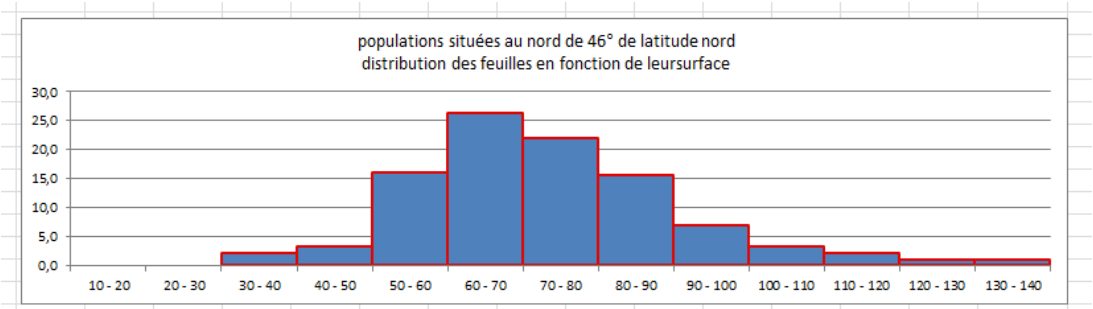
Nous avons ajouté une courbe de tendance linéaire, le coefficient de corrélation est de 0,5 environ. Donc il ne semble pas y avoir de lien entre la hauteur du plant et la taille de la feuille. **Les variations de surface ne peuvent pas être attribuées à la hauteur du plant**.

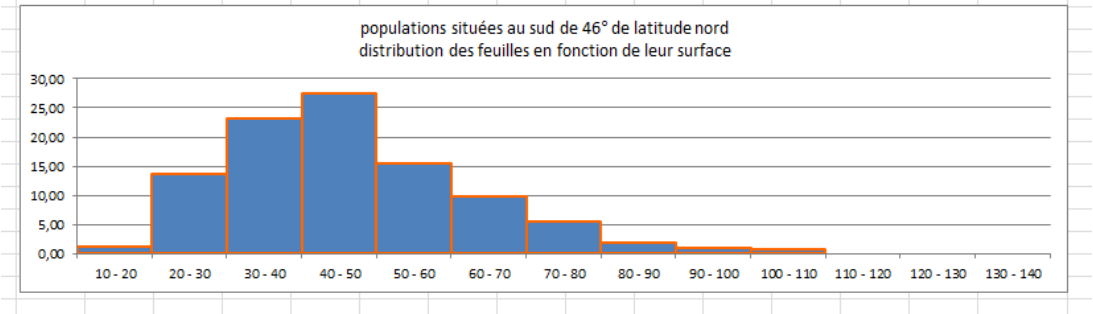
b) Premiers calculs de moyennes

Surface moyennes des feuilles situées au « nord »	73 cm²
Surface moyennes des feuilles situées au « sud »	43 cm²

La surface moyenne des feuilles situées au nord est environ 1,5fois plus grande que celle des feuilles situées au sud. **Il y a bien une différence de surface entre les feuilles du nord et celle du sud**.

Histogramme de répartition des feuilles en fonction de leur surface





Les feuilles des populations situées du « sud » ont des surfaces comprises entre environ 20 cm² et 60 cm², alors que les feuilles des populations du « nord » ont des surfaces comprises entre environ 50 cm² et 90 cm²

Dans les populations du « nord », il n'y a aucune surface inférieure à 30 cm² mais près de 10% sont au-dessus de 110 cm². Alors que dans les populations du « sud », 15% de feuilles ont une surface inférieure à 30 cm² et aucune feuille n'a une surface supérieure à 110 cm²

Nous concluons que la répartition des feuilles en fonction de leur surface est globalement décalée vers les plus grandes valeurs pour les feuilles des populations du nord par rapport à celles du sud.

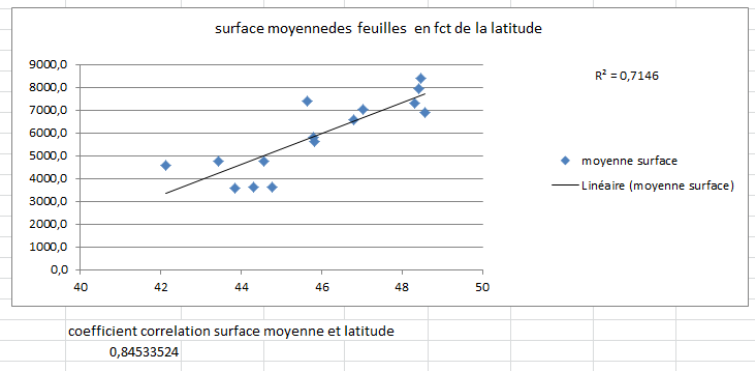
c) Second calculs de moyennes.

Pour chaque station nous avons calculé la surface moyenne des feuilles.

ABREVIATION	COMMUNES	LATITUDE EN DECIMAL	ALTITUDE	LONGITUDE	moyenne surface	surface minimale	surface maximale	surface mediane	nombre de feuilles
AIR	ST Maurice d	45,822	205	5,1956	5605,1	3232,8	10244,0	5740	28
ARD	ST Martin d'A	44,3	60	4,5663	3631,2	1936,1	5407,2	3745	30
ERS	Erstein	48,421	151	7,6616	7920,1	5028,8	13900,5	7188	30
FRE	Frejus	43,435	20	6,7369	4766,9	2765,4	7678,4	4353	58
GIR	Gevry	47,039	195	5,4436	7019,5	4797,8	10736,7	6674	22
HTR	Bregnier-Cord	45,6489	234	5,6203	7367,0	4481,6	10544,6	7355	28
MIJ	vaulx-en-Velin	45,787	170	4,9185	5800,2	3183,9	9870,7	5481	30
MOS	Bayon	48,475	250	6,3158	8391,2	6062,1	13468,0	8373	30
MTM	Montélimar	44,557	79	4,7508	4757,9	2689,4	8495,8	4620	60
RAM	Allex	44,763	124	4,9175	3619,5	1604,4	11855,3	3419	64
RHM+TBG	Rhinau	48,319	155	7,7033	7296,9	3138,9	11855,3	7397	38
SON	Chalon sur sa	46,7936	178	4,8527	6552,1	3517,9	9551,8	6334	38
STR	Strasbourg	48,584	132	7,7505	6886,9	5268,4	8885,1	6637	28
ULI	Sagone	42,113	20	8,7994	4547,5	2544,7	10324,5	4142	62
VAL	Vallabrègues	43,852	4	4,6283	3570,8	1744,2	6375,1	3680	51

Surface moyenne en fonction de la latitude des lieux de prélèvement

Nous avons tracé le nuage de points : surface moyenne des feuilles de chaque station en fonction de la latitude du lieu de prélèvement des boutures.



On a affiché la courbe de tendance linéaire. Le coefficient de corrélation est de 0,84.

Le coefficient de corrélation est proche de 1 donc **on peut conclure qu'il existe un lien entre la surface des feuilles et la latitude**.

6. Quels sont les paramètres météorologiques qui influent sur la latitude

Cependant, ce ne sont pas les résultats que nous attendions : Les feuilles ne sont pas plus grandes lorsque l'énergie lumineuse est plus importante. Il faut donc aller chercher d'autres paramètres liés à la latitude.

Nos professeurs nous ont informés que les scientifiques, avant de commencer un travail, lisent des articles dans les journaux scientifiques pour avoir accès aux connaissances démontrées par leurs prédécesseurs. C'est ce que nous avons fait pour essayer de comprendre. Pour cela nous avons utilisé des livres de SVT de lycée et des livres utilisés à l'Université

- Biologie, Campbell et Rice, 2004, Editions de boeck
- Botanique, biologie et physiologie végétales, Meyer, Reeb et Bosdeveix, 2004, Editions Maloine
- Sciences de la vie et de la terre, Terminale S, Lizeaux et Baude, 2012, Editions Bordas.

Le nouveau facteur du milieu qui a attiré notre attention est la **température**. Nous avons appris que dans les milieux très chaud les plantes ont de petites feuilles ce qui limite la perte d'eau. En effet, les feuilles possèdent des structures appelées stomates qui permettent d'échanger les gaz avec l'atmosphère mais aussi d'évacuer l'eau : les plantes transpirent.

Nous avons appris aussi que la quantité d'énergie solaire reçue, la durée d'insolation moyenne, la pluviométrie dépendent de la latitude. Nous avons donc cherché s'il existe un lien entre ces paramètres météorologiques et les surfaces des feuilles de peuplier noir.

Nous avons demandé au centre Météo – France à Bourges s'il pouvait nous fournir, pour chaque lieu où les rameaux avaient été prélevés, les paramètres : températures, pluviométrie, nombre de jours au-dessus de 30° C, nombre de jour de gel, durée d'insolation moyenne et rayonnement global..

Voici nos résultats :

a) Traitement des données météorologiques

Nous avons reçu de Météo France un fichier Excel comprenant des milliers de données (sur plusieurs années de 30 à 40 ans). Nous avons calculé toutes les moyennes mensuelles de toutes ces données. (une partie du fichier en annexe 1). Puis nous avons effectué les mises en relation.

Tableau des moyennes des données météorologiques pour chaque population :

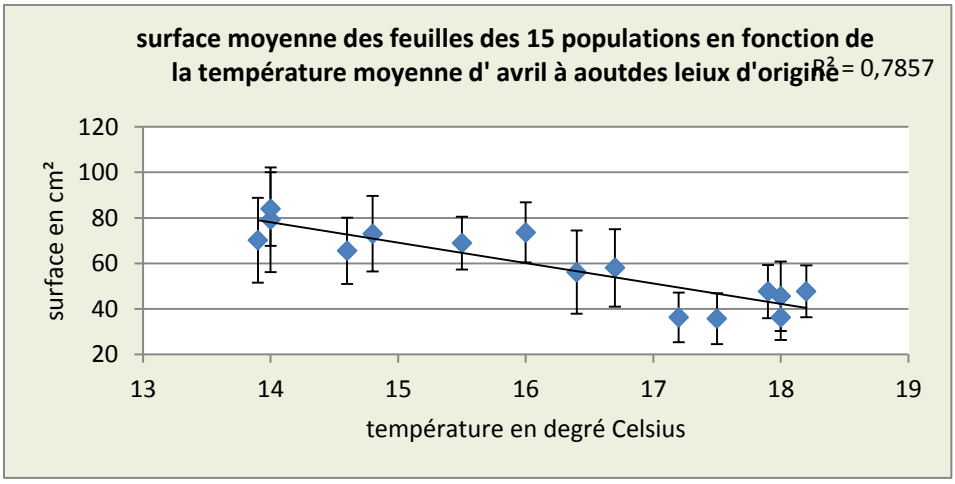
abréviation	communes	latitude (décimal)	>30° C	nb jours gel	Température moyenne AVRIL AOUT en °C	RR année (pluviométrie) en mm
ULI	Sagone	42,113	12,7	9,00	18	50,3
FRE	Frejus	43,435	14,9	20,61	18,2	65,1
VAL	Vallabrègues	43,852	32,1	32,00	17,5	47,6
ARD	ST Martin d'Ardèche	44,3	37,6	38,00	18	66,3
MTM	Montélimar	44,557	29,5	28,00	17,9	73,6
RAM	Allex	44,763	28,7	34,00	17,2	71,4
HTR	Bregnier-Cordon	45,6489	14,7	71,00	16	104,3
MIJ	vaulx-en-Velin	45,787	17,2	50,00	16,7	68,2
AIR	ST Maurice de Gourdan	45,822	16,9	52,00	16,4	74,1
SON	Chalon sur saone	46,7936	14	64,00	14,6	58,9
GIR	Gevry	47,039	12	53,00	13,9	64,5
RHM+TBG	Rhinau	48,319	10,3	55,00	14,8	48,4
ERS	Erstein	48,421	6,7	52,00	14	75,2
MOS	Bayon	48,475	6,7	90,00	14	75,2
STR	Strasbourg	48,584	10,2	65,00	15,5	62,8

Tableau des paramètres : Rayonnement global calculé mensuel et durée d'insolation mensuelle pour les quelques stations où Météo France a pu nous fournir des données.

latitude	Etiquettes	RGC en Décajoules/cm²	DI_CM (heures et dixièmes)	Surface en cm²
48,421	ERS	5026,3	157,9	79,2
43,435	FRE	7049,8		47,7
47,039	GIR	5171	202,6	70,2
48,475	MOS	5229,5		83,9
44,557	MTM	6350,6	267,5	47,6
44,763	RAM	6195,2		36,2
46,7936	SON	5353,3	212,3	65,5
42,113	ULI	6687		45,5
43,852	VAL	6594		35,7

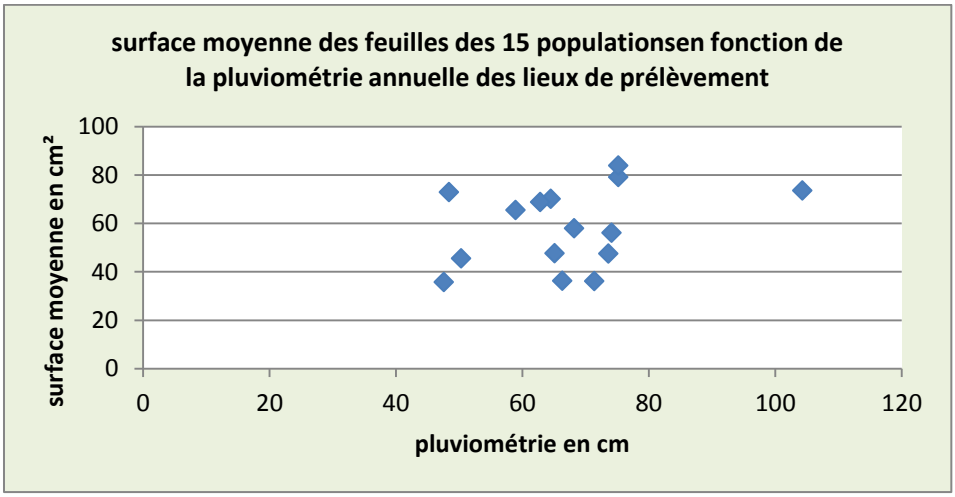
b) Relation entre la surface moyenne des feuilles et la température des mois de végétation

Nous avons choisi de travailler avec les températures moyennes des mois où la feuille pousse c'est-à-dire d'avril à septembre.



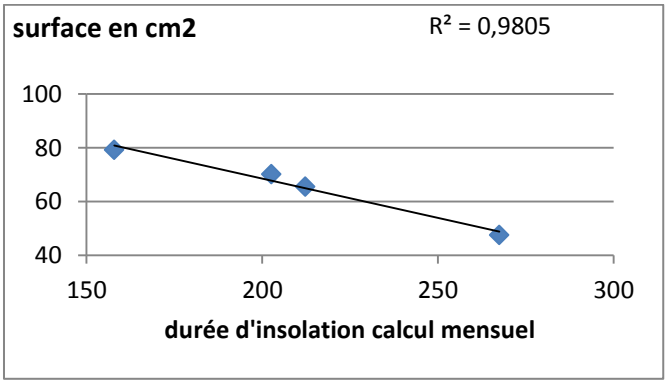
Le coefficient de corrélation de-0,88 montre qu'il existe un lien fort entre ces deux paramètres. Nous pouvons dire que plus la température augmente, plus les feuilles sont petites.

c) Relation entre la surface moyenne des feuilles et la pluviométrie annuelle



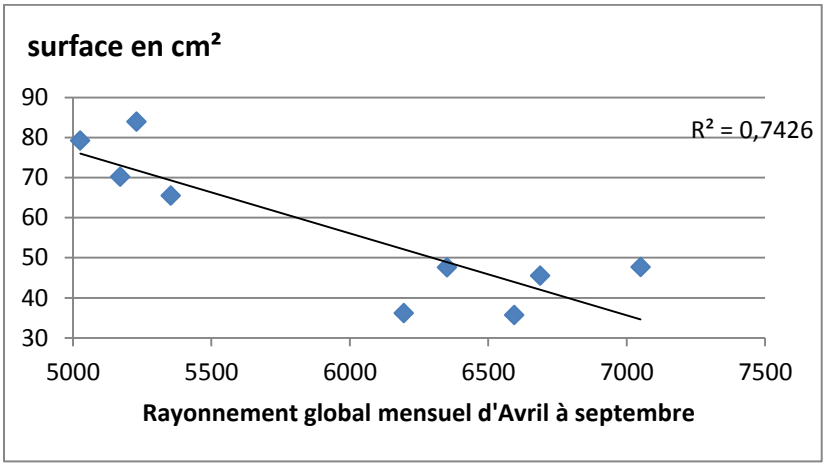
Le coefficient de corrélation de 0,33 nous informe qu'il ne semble pas y avoir de lien entre ces deux variables. En effet le peuplier noir pousse au bord de l'eau et donc ne souffre pas de la sécheresse.

d) Relation entre la surface et la durée d'insolation



Il y a peu de données (seulement quatre populations) mais les points sont presque alignés. Il semble y avoir un lien très fort entre ces deux variables.

e) Relation entre la surface et le rayonnement global mensuel



Le coefficient de corrélation est de 0,88, il indique un lien fort entre la surface moyenne des feuilles et le rayonnement global. Plus le rayonnement global est intense, plus les feuilles sont petites.

7. Analyse des résultats du point de vue de la biologie

Les résultats obtenus nous montrent qu'il existe une différence de taille entre les feuilles de peuplier noir selon la latitude **: Les feuilles du nord sont plus grandes que celles du sud**.

Cette différence existe alors que les arbres (boutures) sont tous placés dans le même environnement (la pépinière de Chinon). Les différences de taille observées ne peuvent être dues aux paramètres météorologiques mais sont intrinsèques à la plante (origine génétique).

Ces résultats montrent une biodiversité intra spécifique, qui permettra à l'INRA d'implanter éventuellement l'espèce la plus adaptée au futur climat.

8. Prospectives

La forme des feuilles est-elle différente suivant le lieu de prélèvement ? : (largeur de la feuille, longueur du pétiole).

Rôle des feuilles dans la perte en eau : Compter les stomates - collaboration avec les terminales du lycée.

Implantation de 3 nouvelles pépinières, une au sud, une au centre et une au nord avec les mêmes populations. (M Villar) pour confirmer nos mesures et nos résultats.

9. Annexe 1 Une partie du fichier Excel données météorologiques

STATION	NOM	LONGITUDE	LATITUDE	ALTITUDE	DATE	RR	NBJGELEE	NBJTX30	TM
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	janvier 1971	83	13	0	5,3
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	février 1971	3,4	0	0	7,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mars 1971	61,1	9	0	7
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	avril 1971		0	0	13,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mai 1971	35,1	0	0	16,6
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juin 1971		0	0	19,2
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juillet 1971		0	11	22,8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	août 1971		0	8	23,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	septembre 1971	48,5	0	0	19,8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	octobre 1971		0	0	16
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	novembre 1971		4	0	7,8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	décembre 1971		7	0	7,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	janvier 1972	142	4	0	7,1
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	février 1972	190,8	0	0	9,6
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mars 1972	63	0	0	10,8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	avril 1972		0	0	12,2
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mai 1972	48,4	0	0	15,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juin 1972	77,8	0	0	18,6
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juillet 1972	8,9	0	6	22,3
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	août 1972	27,5	0	2	20,2
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	septembre 1972	27,6	0	0	17,1
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	octobre 1972	91,5	0	0	14,4
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	novembre 1972	39,6	3	0	10,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	décembre 1972	130,3	8	0	7,8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	janvier 1973	83	10	0	5,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	février 1973	67,2	2	0	6,4
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mars 1973	63,1	6	0	8,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	avril 1973	27,3	0	0	10,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mai 1973	15,1	0	0	16,6
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juin 1973	61,6	0	4	20,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juillet 1973	59,2	0	10	22,8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	août 1973	12,9	0	11	23,3
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	septembre 1973	19,1	0	1	20,1
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	octobre 1973	187,8	0	0	13,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	novembre 1973	22,2	1	0	10,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	décembre 1973	92,4	14	0	6,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	janvier 1974	91,7	1	0	8,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	février 1974	165,9	3	0	8
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mars 1974	127,6	1	0	10,3
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	avril 1974	119	0	0	11,7
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mai 1974	51,3	0	0	16,3
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juin 1974	20,7	0	0	19,4
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	juillet 1974	4,2	0	9	22,3
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	août 1974	35,3	0	9	22,1
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	septembre 1974	104,1	0	0	17,7
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	octobre 1974	7,2	0	0	10,4
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	novembre 1974	16,8	0	0	9,9
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	décembre 1974	1,3	1	0	8,7
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	janvier 1975	31,7	6	0	8,1
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	février 1975	77,3	6	0	8,1
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	mars 1975	126,1	3	0	8,5
13004003	ARLES	4.69333	43.51000	1	avril 1975	11,8	1	0	12,1