Sciences à l'École

C.GENIAL

Fondation pour la culture scientifique et technique

PAR FRÉDÉRIC GENEAU, MARIE BRIER, LUKAS EHRLICH ADAM, FABRICE NDABASHINZE

ANNÉE 2015-2016

Lycée Rochambeau
French International School
Washington D.C.
U.S.A.

LYCÉE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

Sommaire :

1. Introduction (p 2)
2. Commencer un système : les bactéries (p 3-4-5)
3. Filtrage de l'eau (p 5-6)
4. La Faune aquatique : quoi choisir ? (p 6-7)
5. Produire : comment et quoi faire pousser ? (p 7-8)
6. Plomberie et Technologie dans le système (p 8-9-10)
7. Conclusion (p 11)
8. Sources (p 12)
9. Remerciements (p 13)

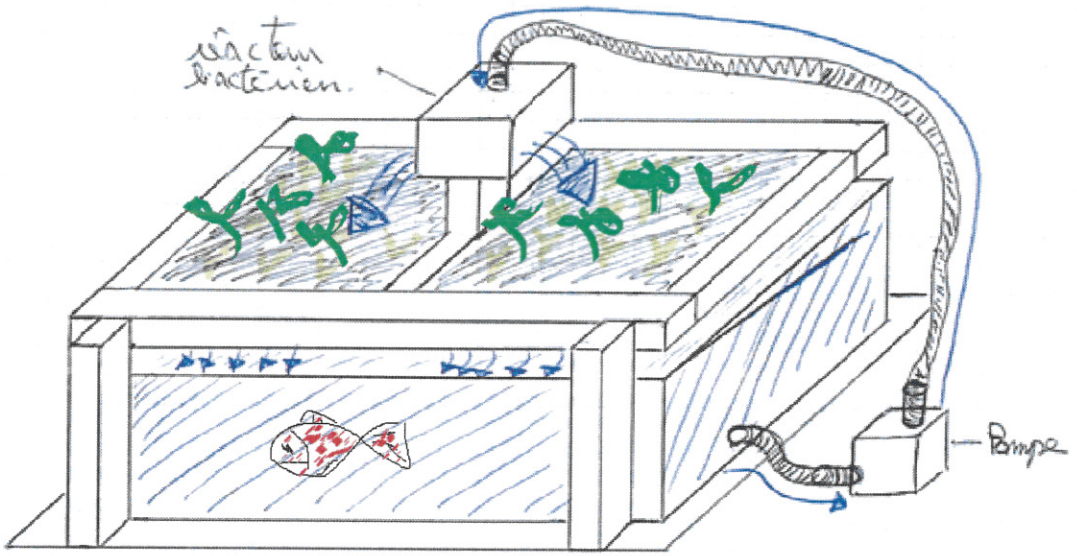
LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

1. Introduction :

De nos jours l'innovation se traduit surtout par des nouvelles techniques de communication, ou des solutions aux problèmes environnementaux généraux. Nous avons voulu faire un projet plus concret et accessible à tous. Vivant dans un milieu ou la surabondance alimentaire est omniprésente, nous avons voulu explorer des solutions simples mais efficaces pour une meilleure gestion des ressources. Nous savions que l'aquaponie existait déjà en milieu industriel mais pouvions-nous la rendre accessible à tous ? Nous nous sommes posé comme défi de concevoir un système d'aquaponie à petite échelle pour une utilisation domestique. Ce projet devant respecter les piliers du développement durable que nous étudions en cours de géographie.

L'aquaponie est une aquaculture intégrée qui associe la culture de végétaux et l'élevage de poissons. Pour respecter les piliers du développement durable, nous avons limité les intrants pour aller vers un système auto-suffisant.

Voici un premier schéma de notre projet :

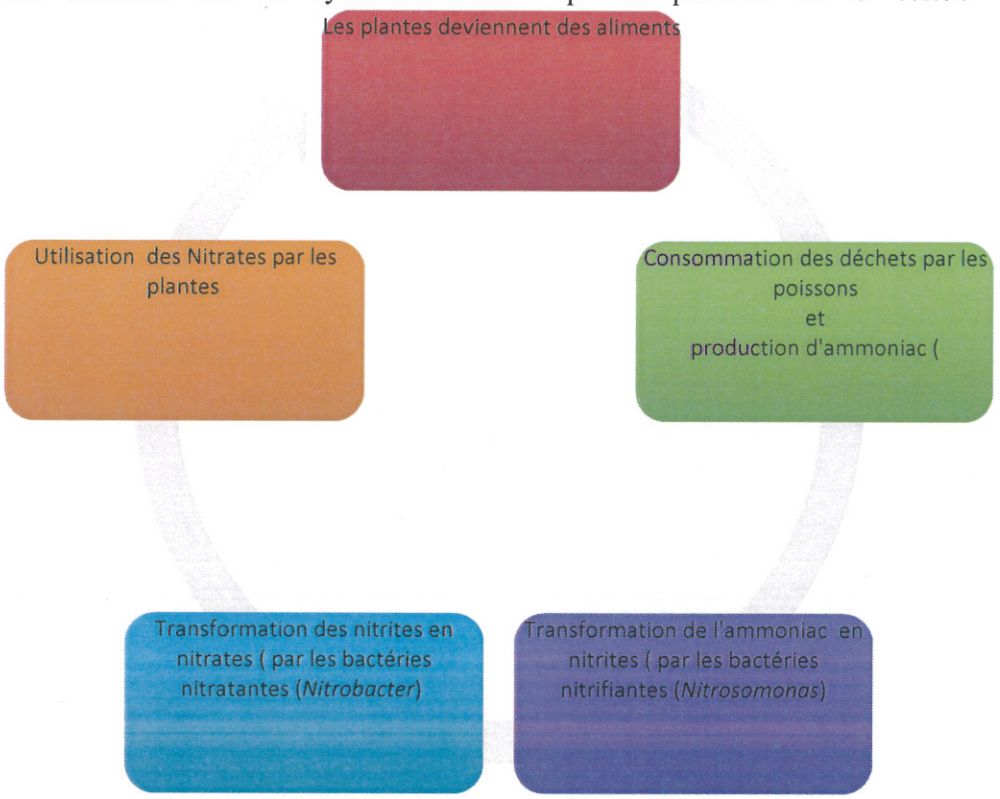


Les flèches bleues symbolisent la circulation de l'eau dans le système

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

2. Commencer un système : les bactéries

L'aquaponie est basée sur une aide mutuelle entre les organismes vivants dans le système. Elle n'inclut pas seulement les échanges poissons-plantes, mais aussi toute une flore bactérienne permettant la transformation des déchets fécaux de la faune aquatique. Le système est construit sur un cycle de l'azote qui se présente de la sorte :



Le cycle de l'azote dans le système aquaponique

Il y a deux façons de commencer un système aquaponique :

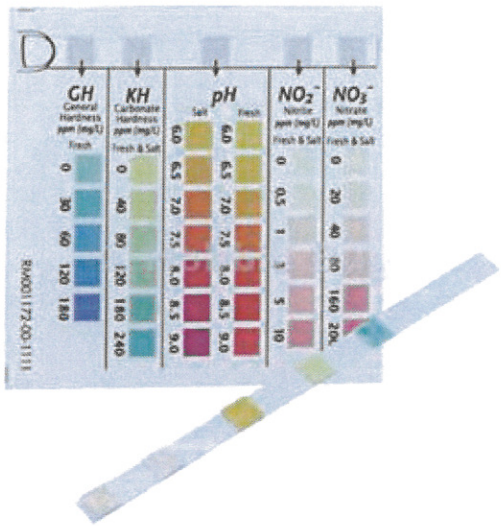
- La méthode « Naturelle » : il s'agit de mettre tout le système en place et d'obtenir par le simple développement naturel des bactéries, un cycle permettant le bon fonctionnement du principe aquaponique. Cette méthode est plus écologique mais plus lente (plusieurs mois).

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

- La méthode « Productiviste » : une version plus capitaliste que la méthode naturelle, elle utilise une flore bactérienne déjà existante, et crée un milieu propice pour leur bon fonctionnement en ajoutant de l'ammoniac au système.

Nous avons choisi la formule « Productiviste » afin de remplir les exigences de temps du concours.

Premièrement, nous avons rempli notre aquarium avec 30 galons-US d'eau (20 galons eau du robinet et 10 gallons eau distillée). Nous avons ensuite ajouté du sulfate d'ammonium (*NH4+*) afin de simuler la présence de poissons, soit 0.5mg/L. Nous avons préféré rajouter plus de sulfate d'ammonium afin d'obtenir une flore bactérienne plus efficace.



Pour mesurer les quantités de chaque composant, nous avons utilisé un kit de chromatographie pour aquarium. Il est évident que cette technique n'est pas d'une grande précision. Nous avons alors envisagé l'utilisation d'un spectrophotomètre, mais celui-ci nécessitait des réactifs spécifiques pour les tests requis au projet.

Nous avons étudié l'évolution des différentes caractéristiques de l'eau de l'aquarium sur 3 semaines. Nous avons utilisé du papier test américain (Gh mesure la richesse de l'eau en carbonates et Kh mesure la richesse de l'eau en magnésium et calcium) :

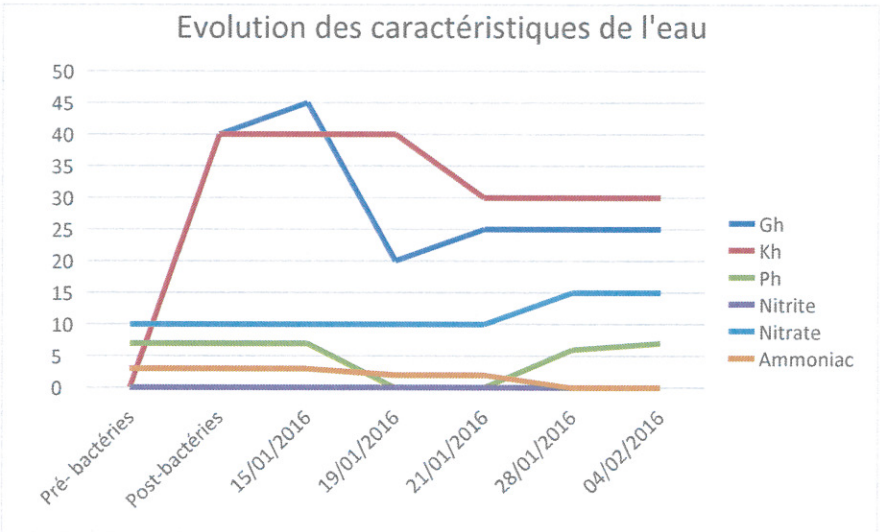
	Avant l'ajout de bactéries	Après l'ajout de bactéries	15/01/2016	19/01/2016	21/01/2016	28/01/2016	04/02/2016
Gh	30/40	40	45	20	25	25	25
Kh	40/80	40	40	40	30	30	30
Ph	7	7	7	6.5	6.5	6	7
Nitrites	0	0	0	0	0	0	0
Nitrates	10	10	10	10	10	15	15
Ammoniac	3	3	3	2	2	0.75	0

Tableau de nos résultats

Les bandes chromatographiques ne sont pas très sensibles et seul le taux d'ammoniac a baissé de façon nette alors que nous aurions dû constater aussi une

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

augmentation des nitrates. Puisque, au bout de 3 semaines, l'ammoniac avait disparu, nous avons choisi l'hypothèse que le cycle de l'azote était respecté. On observe également l'absence de nitrites et un taux de nitrates qui augmente légèrement. Les bactéries sont donc fonctionnelles et permettent la réalisation d'un réacteur bactérien dans le système.



3. Filtrage de l'eau :

Le filtrage de l'eau est primordial pour le bon fonctionnement du système. En effet, la vie des poissons dépend de la propreté de l'eau. Nous avons installé deux filtres différents :

- Le premier est le réacteur bactérien. Celui-ci a pour fonction d'accueillir les bactéries dans un matériel propice pour leur développement. Nous utilisons un morceau de tulle. Les bactéries seront toujours présentes partout dans le système, mais elles seront essentiellement regroupées dans le réacteur.
- Le deuxième système de filtration est aussi présent dans un système aquaponique : les plantes. Effectivement, les plantes vont consommer les composés azotés et rendre l'eau saine pour les poissons.

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

L'une des questions qui nous a préoccupés a été de savoir si les poissons pouvaient transmettre des microbes pathogènes aux plantes. Nous nous sommes renseignés auprès des partenaires avec lesquels nous avions établi des liens. La réponse obtenue de la part de Laura Genello, responsable de la ferme aquaponique de l'université John Hopkins, a été que les poissons, contrairement aux animaux à sang chaud, ne transportent pas de maladie importante pour les humains.

Madame Genello nous a ut exploré, mais que des ce type de système. Par contre, l'eau demeure non potable.

4. La Faune aquatique : quoi choisir ?

Pour choisir quelle espèce mettre dans votre aquarium, il fallait prendre en compte plusieurs éléments :

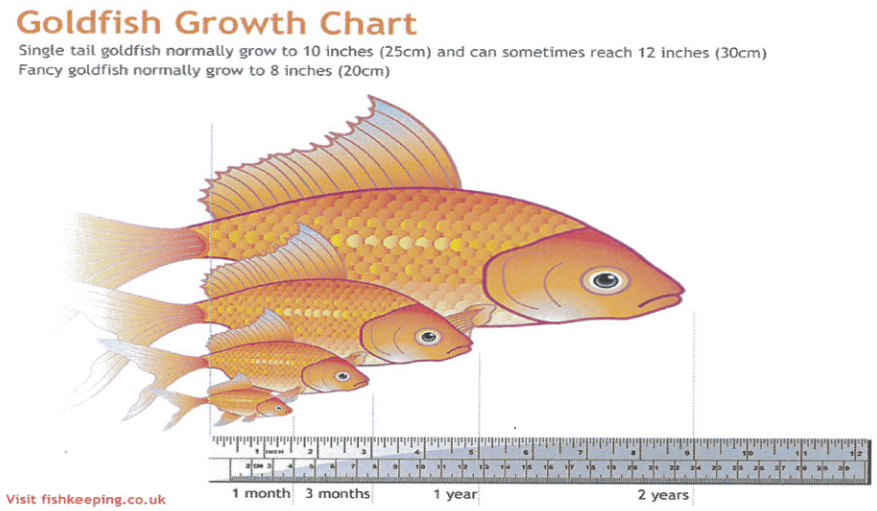
- La température de l'eau, son pH, sa dureté.
- L'alimentation et le comportement du poisson
- Les soins requis

Pour notre aquarium, qui se maintient à environ 20° C avec un ph de 7 et de dureté moyenne, nous avons choisi de prendre des poissons rouges communs (*Carassius auratus*). Des poissons faciles à élever, pouvant se nourrir de végétaux. Étant donné leur alimentation végétarienne, ces poissons peuvent consommer des restes de cuisine tel que des épluchures de carottes ou de

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

concombre ou encore les racines des végétaux que nous faisons pousser, ce qui permet de réduire les intrants du système. Ces poissons peuvent se trouver dans n'importe quelle animalerie. Ils préfèrent vivre en groupe de quelques individus. Cependant, ils peuvent atteindre de grandes tailles après plusieurs années. Les poissons rouges produisent une grande quantité de matière fécale, ce qui est utile pour le projet.

Nous avons donc établi une faune aquatique de 5 poissons mesurant environ 8cm chacun.



5. Produire : comment et quoi faire pousser ?

L'aquaponie offre une grande possibilité et un accès à une grande diversité d'espèces végétales. Elle est basée sur une technique d'hydroponie traditionnelle. L'hydroponie est un concept utilisé en horticulture qui consiste à faire pousser des végétaux sur un substrat immergé par une eau riche en minéraux utiles aux plantes. Ce concept fut utilisé d'abord par les Aztèques. Ceux-ci cultivaient des légumes sur le bord de cours d'eau (utilisant souvent comme substrat du limon), où la nécessité d'irrigation était absente. De nos jours, l'hydroponie est utilisé dans des cultures sous serres ou en milieux montagneux (souvent du riz).

L'hydroponie étant notre seule limite, toute plante comestible, voire décorative, qui accepte de pousser hors-sol peut être utilisée pour cette technique. Étant donnés les objectifs du projet, il était important de choisir des plantes rentables aussi bien en prix qu'en temps de production. Voici quelques exemples des plantes envisageables :

- Les radis et betteraves : ils ont une croissance rapide, et nécessitent peu d'entretien. Certaines variétés peuvent même atteindre leur maturité en 24 jours seulement.

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

- Les choux : plantes résistantes au froid qui poussent dans des milieux humides, les choux sont des candidats parfaits pour des systèmes hydroponiques. Ils sont malheureusement peu rentables à petite échelle car leur croissance est lente est peut prendre jusqu'à 6 mois. Ils restent toujours envisageables.
- Les hydroponistes ont souvent tendance à faire pousser des mélanges de plantes de la famille des Brassicacées. Ceux-ci ont une croissance rapide, et demandent peu de soins. Le mesclun a pour avantage sa diversité de variétés et se consomme tel quel en salade.

Les plantes, dont les racines sont constamment dans l'eau ont toujours besoin de reposer sur un substrat. Il existe plusieurs modèles dont voici les deux principaux :

- La terre, substrat traditionnel, elle est souvent utilisée dans des systèmes aquaponiques à grande échelle car elle reste peu coûteuse et permet une disposition facile et régulière des plantes. Elle est souvent utilisée sur des plateaux flottant dans un bassin d'eau (voir annexe. L'un des inconvénients de ce substrat est qu'il est salissant pour le système car la terre a souvent tendance à se détacher de son pot et de tomber au fond du bassin.
- Des billes d'argiles (*expanded clay pellets* an anglais), elles sont très utilisées dans la culture d'orchidée car c'est un substrat facile à gérer et qui reste peu salissant. L'avantage de ce dernier substrat est qu'il est quasiment neutre et permet une innocuité presque parfaite.

Nous avons tenté de faire pousser certaines des plantes énoncées ci-dessus. Nous avons planté des radis, du mesclun, des bok choy et des tournesols.

6. Plomberie et Technologie dans le système

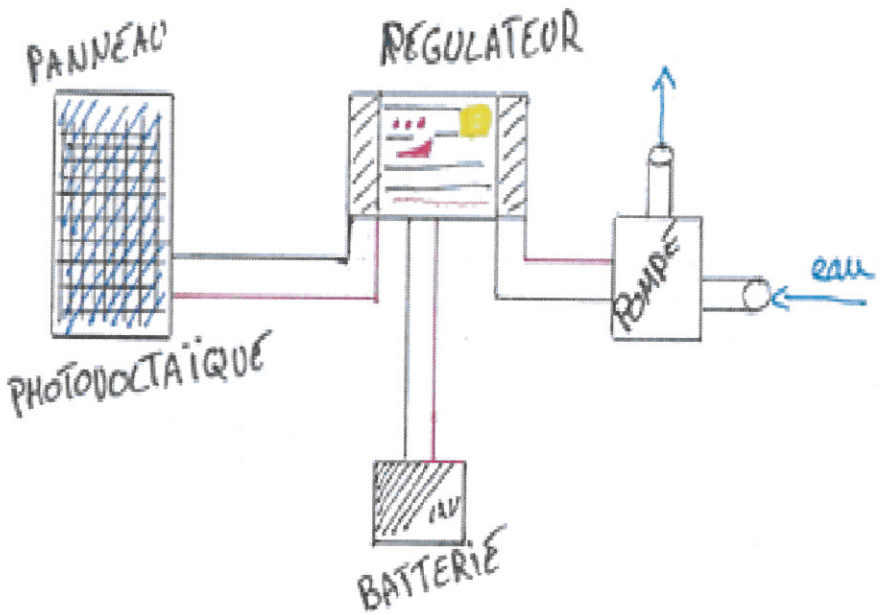
Le système est simple : une pompe pour faire monter l'eau, et la gravité fait le reste. En effet, la gravité est un facteur important dans le système de tuyauterie, il peut

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

être un ami comme un ennemi. Pour monter l'eau, la gravité est l'ennemi juré de l'aquaponiste.

Comme expliqué ci-dessus, nous utilisons une pompe pour élever l'eau de l'aquarium vers les plantes. Pour respecter nos critères de minimalisation des intrants, nous avons envisagé plusieurs solutions possibles :

- Installation d'un système hydroélectrique avec conduite forcée. Cette source d'énergie propre et renouvelable restait toujours trop insuffisante étant donné le débit de l'eau dans notre système.
- Installation de panneaux photovoltaïques pour alimenter la pompe, sauf la nuit ou par mauvais temps.



Les panneaux solaires ont été sélectionnés par notre équipe malgré leurs inconvénients. Nous avons donc élaboré un système électrique permettant d'emmagasiner l'énergie produite durant la journée, afin de pouvoir faire fonctionner la pompe en continu.

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

Ce réseau permet d'emmagasiner de l'énergie pour l'utilisation nocturne de la pompe. Nous utilisons une batterie rechargeable de 12V (comme celle d'une batterie de mobylette). C'est notre accumulateur.

Les panneaux solaires qui produisent une tension de 12V et une puissance de 45W, peuvent facilement recharger la batterie tout en alimentant la pompe de 5W.

Il fallait aussi penser à un moyen de réguler le débit d'eau retournant à l'aquarium. Nous avons tout simplement foré des petits trous au fond de nos bacs de culture pour stabiliser le niveau d'eau. Cela retient le niveau de l'eau au niveau des racines, rendant donc le système autonome en cas de problème ou de mauvais fonctionnement.

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

7. Conclusion :

Nous avons réussi à fabriquer un système d'aquaponie domestique fonctionnel à peu de frais (250€). Ce système est auto-suffisant en énergie grâce à l'utilisation de panneaux solaires et génère ses propres engrais. Il permet également l'utilisation de déchets organiques (végétaux) pour nourrir les poissons. Le pilier environnemental du développement durable est donc respecté. Le deuxième pilier, économique, est observé par une production d'aliments à faible coût. Ce faible coût rend donc le projet envisageable pour tous les foyers. Ceci est donc conforme au pilier social du développement durable.

Il ne nous reste plus qu'à attendre de savourer notre récolte.

LYCEE ROCHAMBEAU
Le PROVISEUR
WASHINGTON

Nous aimerions poursuivre le projet vers une culture de végétaux riches en protéines. Ceci apporterait une diversité dans notre apport de protéines alimentaires qui de nous jours est essentiellement d'origine animale. Nous pourrions atteindre les objectifs d'une meilleure santé tout en réduisant les impacts de l'élevage animal sur l'environnement.

Afin de commercialiser ce système d'aquaponie personnel, il serait intéressant de l'automatiser. Cela le rendrait plus attrayant pour les personnes voyant ce système comme trop contraignant. Nous croyons que les nouvelles technologies nous permettraient d'atteindre cet objectif.

8. Sources et Partenaires :

Sources :

- The complete idiot's guide to Aquaponic Gardening, Meg Stout, Alpha book, 2013
- Aquariums, Thierry Maître-Allain et Christian Pied-noir, Firefly Book, 2005

Partenaires :

- Laura Genello
  Farm Manager and Educator
  Food System Lab @ Cylburn
  (Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health)
- Dr. Richard Villemur, PhD.
  Professeur-Chercheur
  INRS Institut Armand-Frappier

Images :

http://topbestaquaponics.blogspot.com/2015/06/aquaponics-system-designs.html

http://fishkeeping.co.uk.html

http://seahorseaquarium.com.html

http://cogressionalaquarium.com.html

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON

9. Remerciements :

Nous voulons remercier toute les personnes ayant participé à ce projet, et particulièrement celles-ci :

- Merci à M. Marc Roux, notre professeur de SVT, qui nous a toujours conseillés et encouragés à aller plus loin dans ce projet.
- Merci à M. Angel Berridi et Mme. Dennia Berridi, les techniciens de laboratoire du Lycée Rochambeau, pour leur patience envers nous lors de nos nombreuses visites dans le but d'obtenir du matériel scientifique pour la réalisation du projet et pour leurs encouragements continuels.
- Merci à nos partenaires Mme. Laura Genello et au Dr. Richard Villemur pour nous avoir conduit sur la bonne voie lorsque nous nous égarions dans nos questionnements scientifiques.
- Merci aux professeurs de SVT pour nous avoir prêté leur ''salle de collection '' que nous occupions si souvent qu'ils nous demandaient si nous ne dormions pas dans la salle.
- Merci à la fondation Science à l'école pour avoir contribué financièrement au projet. Sans elle le projet n'aurait pu avoir lieu.
- Merci à nos parents pour leur aide matérielle et pour leur soutien moral.

LYCEE ROCHAMBEAU
WASHINGTON
9600 FOREST RD.
BETHESDA, MD. 20814
U.S.A.

LYCEE ROCHAMBEAU
Le PROVISEUR
WASHINGTON

LYCEE ROCHAMBEAU
LePROVISEUR
WASHINGTON