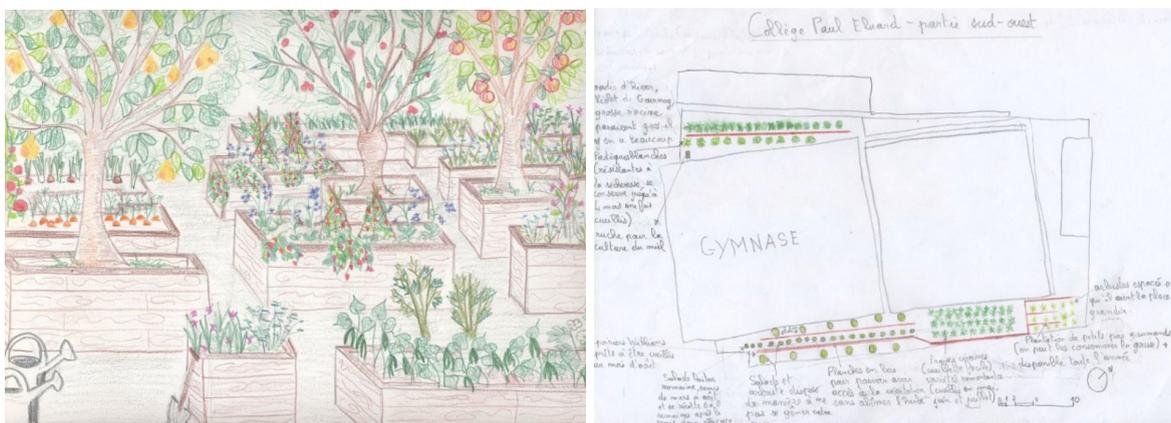


Rapport de projet d'ingénieur de 3ème année

*Dominante d'approfondissement : Ingénierie des Espaces Végétalisés Urbains
(I.E.V.U.)*

Création d'espaces cultivés à vocation pédagogique au collège Paul Eluard de Châtillon (92)



Images : Dessins d'élèves du collège Paul Eluard

Sommaire

Executive summary	3
Introduction	7
Problématique	7
L'exemple du collège Paul Eluard à Châtillon	7
Objectifs du projet	7
I. Etat de l'art	8
A. Définition et histoire des jardins pédagogiques	8
B. Utilité et vertus des jardins pédagogiques	9
1. Intérêt éducatif	9
2. Création de lien social	9
3. Intérêt environnemental	9
4. Production alimentaire	10
C. Exemples de réalisations de jardins pédagogiques en France et dans le monde	10
II. Méthodologie et moyens mis en oeuvre	11
A. Organisation	11
1. Planning, livrables et jalons	11
2. Répartition des tâches	11
3. Communication	12
4. Gestion des risques	12
B. Analyse de la contamination des sols	12
C. Inventaire floristique	13
D. Conditions climatiques	13
E. Méthodes d'enquête	13
F. Cartographie	13
III. Résultats et discussion	14
A. Diagnostic des espaces disponibles	14
1. Zonage du site	14
2. Diagnostic de la zone allouée aux cultures en bacs	16
a) Biodiversité en place	16
b) Caractéristiques climatiques	16
c) Accès aux ressources	17
3. Diagnostic de la zone de cultures en pleine terre	17
a) Contamination et qualité du sol	18
b) Biodiversité en place	18
c) Caractéristiques climatiques	18
d) Accès aux ressources	19

4; Contraintes liées au caractère scolaire du lieu	19
B. Attentes des parties prenantes	19
1. Joël Auxenfans, élément moteur du projet	19
2. La direction du collège	19
3. Le corps enseignant et le personnel du collège	20
4. Les élèves du collège	20
C. Conflits relationnels et limites de l'étude	20
1. Une faible implication générale qui affaiblit le projet	20
2. Divergence de visions et tensions pénalisant le projet	21
IV. Perspectives d'évolution : scénarios de culture	22
A. Scénario année 1 : l'amorce du projet	23
1. Les bacs	23
2. Le substrat	24
3. Les plantes cultivées	24
4. Le matériel de jardinage	25
5. Un premier composteur low-tech	26
6. Fournisseurs potentiels et financements	26
B. Scénario année 2 : Des bordures comestibles	27
C. Scénario année 3 : Jardinage pour tous	27
D. Scénario année 4 : Habiller le collège	27
E. Scénario année 5 : Un projet global et intégré	28
Conclusion	29
Annexes	30
Annexe 1: Planning prévisionnel	30
Annexe 2: Planning effectif	31
Annexe 3: Table de gestion des risques	32
Annexe 4 : Premier zonage du collège réalisé en septembre 2019	33
Annexe 5 : Étude historique des usages et de l'environnement du site : le collège Paul Eluard à Châtillon (92)	34
Annexe 6: Dessins des bacs de plantation par Joël Auxenfans	45
Annexe 7: Prévision de plantation d'arbustes par Joël Auxenfans	46
Références	47

Executive summary

This project stems from a strong need to reconnect city dwellers to nature, in a global climate change context. School greening initiatives are emerging all over the world, which leads us to wonder: How to set up cultivated educational spaces within a school?

The members of the Paul Eluard high school in Châtillon called on AgroParisTech to help them set up cultivated areas within their school. The idea is to create a pedagogical garden where students, teachers and staff can meet, bond and learn in contact with nature.

From September to December 2019, we sought to diagnose the available spaces, stakeholders' expectations and the various resources at our disposal. The aim was to give the necessary keys to the members of the school who then wish to set up the garden.

- **State of the art**

Pedagogical gardens have existed for several centuries and take many forms. They can be defined as areas of plant production located in or near schools. They are used by both students and teachers to transmit knowledge and exchange about nature. Production is not the primary goal of these gardens, they are mainly places of education but also of meetings and recreational activities. While in northern countries these gardens produce little and serve mainly as educational support, southern countries have many very productive educational gardens. In the second case, the aim is to feed the students, or even to sell the vegetables.

These gardens can be attributed many virtues. First of all, they have a pedagogical values. They help to educate young people about healthy products, agriculture and respect for the environment. They can also serve as a support for teachers in all other disciplines. In addition, they have a social interest by creating links between all those who garden there. Moreover, they can be a non neglectable source of food for the school members. In addition, like any form of vegetation, they have many ecological advantages. They are biodiversity refuges, ecological corridors, means of combating heat islands and air pollution. Finally, they reduce runoff water.

To illustrate this, we can give some examples of educational vegetable gardens. In France, the Veni Verdi association has installed market gardens in several Parisian schools and sells the production of these micro-farms to city dwellers. Elsewhere in the world, at the Sligoville School in Jamaica, the Ulubay Boarding School in Turkey or the Edible School Yard in California, teachers and students work together to produce fresh fruit and vegetables. Production, mutual support, cooking, sales, empowerment and learning are all notions associated with pedagogical gardens.

- **Material and methods**

Project management: We organized our work using a Gantt chart created with Microsoft Project software. Deliverables are included in this report, in the text body and in the appendix. In addition, we used the Trello tool to distribute tasks fairly and work on all aspects of the project. We worked on an online drive and favored e-mails for remote communication, in order to keep written records. Finally, we have built a risk management table.

Soil analysis: In order to characterize the soils that will be cultivated, we used the R.E.F.U.G.E. guide: "Characterization of contamination of urban soil for market gardening and assessment of health risks". This is a 4-step guide and we completed step 1, the "Historical Study of the Uses and Environment of the Site" and prepared a sampling plan for the second stage of soil investigation.

Flora inventory: We used PlantNet, an app that was developed by CIRAD to identify the school's flora.

Climate data: We combined the observations we made at the Paul Eluard school regarding climate conditions to the data provided by Meteo France.

Investigation methods: We tried to investigate in as many different ways as possible. We organized a meeting with all the stakeholders (that was then cancelled), we visited the high school and we talked with M. Auxenfans, our main contact, at the school, on the phone and via e-mails.

Cartography: We used QGIS 3.4 software to produce a map of the high school.

- Results

Diagnosis of available spaces: The high school can be divided in different spaces according to their functions and uses, such as buildings, green spaces and impervious open spaces. Most of the space is impervious : 90%. Two areas are available for the garden project. A concrete area for the installation of cultivation containers and an area for soil cultivation. In both cases, the climate is similar to that of the Paris basin, and is a degraded oceanic climate.

The characteristics of both areas are summarized in the following table :

<i>Characteristics</i>	<i>Area 1 : cultivation containers</i>	<i>Area 2 : soil cultivation</i>
General	137m ² : 90m ² concrete + 47m ² green space	329m ² , along the rue de Bagneux and the rue des Pierrettes
Biodiversity	3 strata: herbaceous, shrubby, tree-lined Low/medium diversity	3 strata: herbaceous, shrubby, tree-lined Low/medium diversity
Climate	Degraded oceanic climate. Facing East. No shade. No wind effects.	Degraded oceanic climate. Facing North (rue de Bagneux) with shade from buildings, and East (rue des Pierrettes). No wind effects.
Resources	Water available at the reception.	-
Soil	-	We recommend testing: 9 trace metallic elements, 16 polycyclic aromatic hydrocarbons, total hydrocarbons, soil texture, pH, soil organic matter content, cation exchange capacity

Table 1 : Characteristics of the 2 cultivation areas

Also, due to the Vigipirate action in place, schools have strict security rules. They conceal the view of the college from the outside, check the identity of people coming to the college or limit access to it. This can be a barrier to developing the garden with third parties.

Stakeholders' expectations:

The expectations from the different stakeholders regarding this project are summarized in the following diagram (diagram 1).

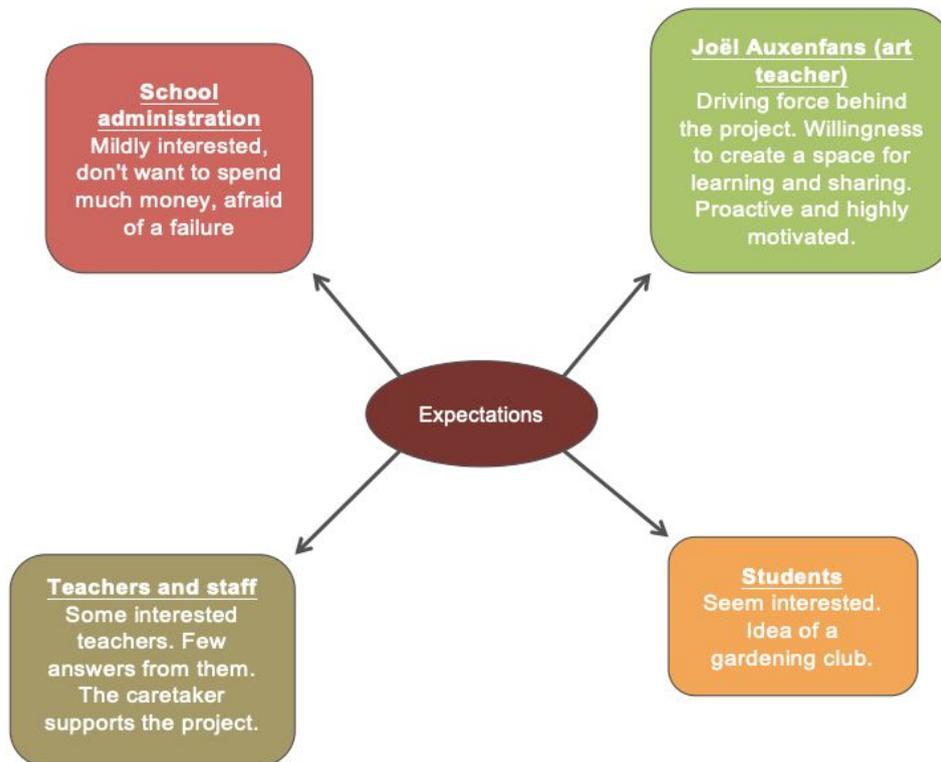


Diagram 1 : Expectations from the different stakeholders

Conflicts and limits: On the one hand, there is a low general involvement that weakens the project because it is not built with the users. On the other hand, there are differences of vision between Joel and the administration which are sources of tensions. This atmosphere reflects on us and deprives us of certain information. The lack of coherence between the different actors and the lack of unity around the project greatly penalized the project progress, as evidenced by the gap between the forecast schedule and the actual schedule. This leaves us very skeptical about the sustainability of the project once it will be implemented.

- **Perspective**

We planned a five-year greening plan as presented on the image 1.

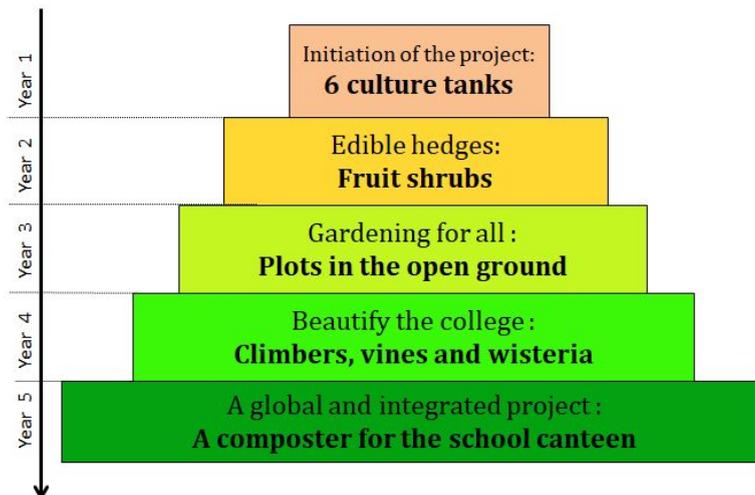


Image 1 : Five-year greening plan for Paul Eluard High School

During the first year, 6 cultivation containers will be set up in the school. The containers are made by the technical high school of wood industry in Rouen. Inside the containers, we recommend to us the lasagna technique for the substrate : a drain, a geotextile, a wood chips layer an a nutrient layer. We have also prepared a crop itinerary for the first year. Gardening equipment can be bought second hand or offered by the parents of the students. A first small low-tech composter can be installed until one is obtained for all the waste from the canteen. We have identified a list of potential suppliers and financing.

For the next four years, detailed studies are needed to follow efficiently the Five-year greening plan and adapt it to the results of what already exist. .

Despite the many barriers encountered, the project seems to get unblocked and growing. The first investments (containers) have been made and a multi-stakeholder information meeting is planned for January 2020.

To ensure the sustainability of the project, it is necessary to take the time to reflect on its design and mobilize users to get involved. This year, it is a question of focusing on scenario 1 involving the implementation of cultivation containers.

Introduction

Problématique

Dans le contexte actuel de changement climatique et face à la sensibilisation croissante des citoyens au enjeux environnementaux, de nombreux acteurs s'emparent du sujet et souhaitent s'impliquer à leur échelle. La volonté de réintroduire la nature en ville, à proximité des habitants et particulièrement de rapprocher la nature du jeune public est de plus en plus prégnante. Ainsi germent de nombreux projets de création de jardins pédagogiques dans les structures éducatives (écoles primaires, collèges, etc.). Pourtant, ces espaces, de part leur nature et leur fonction, sont parfois complexes à végétaliser. En effet, l'accueil de mineurs suppose une conception spécifique rarement pensée pour l'inclusion de la nature (respect de normes, sécurité, fonctionnalité, bon sens). De plus, il s'agit de concilier les envies et usages de l'ensemble des publics fréquentant l'infrastructure.

Comment mettre en place des espaces cultivés à vocation pédagogique au sein d'un établissement scolaire?

L'exemple du collège Paul Eluard à Châtillon

Le collège Paul Eluard, situé à Châtillon, dans les Hauts-de-Seine, a fait l'objet d'une rénovation récemment achevée en 2018. Il accueille aujourd'hui 617 élèves dont une section SEGPA. Malgré le caractère très minéral du bâti, le collège dispose d'un certain nombre de surfaces au sol qui pourraient se prêter à la création d'espaces cultivés, supports de diverses activités pédagogiques,

La décision de confier l'étude de la végétalisation de ces espaces à des étudiants d'AgroParisTech a été prise après une rencontre le 29 mai 2019 entre M. Bocage, Principal, Madame Citoleux ex-Principale adjointe et M. Auxenfans, Professeur, avec Mesdames Christine Aubry, ingénieure de recherche à l'INRA/AgroParisTech à Paris et Juliette Bertrand, en service civique pour l'association Veni Verdi.

Objectifs du projet

Il s'agit de donner les bases de la transformation des espaces disponibles du collège en jardin/verger partagé et pédagogique. Pour cela différents documents présentant des diagnostics et des propositions sont à produire:

Dans un premier temps, il a fallu diagnostiquer les espaces disponibles et les caractériser du point de vue de leur adéquation avec une activité de jardinage. Il a également fallu s'assurer de leur état sanitaire. En parallèle, il a été nécessaire de s'informer des des attentes et des contraintes des différents acteurs du collège pouvant être impliqués dans l'utilisation et l'entretien des futurs espaces cultivés. Pour créer les espaces verts pédagogiques avec un budget limité, un diagnostic des ressources locales éventuellement mobilisables s'avère utile. Il se focalise sur la création de technosols en bacs et l'approvisionnement pour certains plants.

Dans un second temps, il a été question d'inventer des scénarios d'utilisation des espaces (dimensionnement de bacs, liste de plantes, association, arbustes voire arbres, composition de technosols). Pour finir, il a fallu intégrer des fournisseurs et partenaires pour la construction des bacs, pour aider à l'amélioration des sols et au maintien de leur qualité ainsi qu'une liste d'outils indispensables.

I. Etat de l'art

A. Définition et histoire des jardins pédagogiques

Un jardin pédagogique est un espace vert potager situé dans un établissement scolaire (école, collège, lycée, etc.). Il est utilisé à la fois par les élèves et les enseignants dans un but de transmission de savoir et d'échange autour de la nature. La production n'est pas la vocation première du jardin pédagogique, il s'agit surtout d'un lieu d'apprentissage mais aussi de rencontres et d'activités ludiques. Ce type de jardin peut revêtir différentes formes avec une large diversité de cultures, de taille ou encore de gestion. Ces jardins peuvent être associés à de l'apiculture ou du petit élevage, ils peuvent être en bacs ou en pleine terre, dans la cour ou sur le toit de l'école ou même bénéficier d'une petite serre.

L'idée des jardins à vocation pédagogique était déjà présente au XVIIIème siècle chez les Lumières qui voyaient la sensibilisation à la nature comme une vertu à intégrer dans l'éducation des enfants. (Laboratoire sur l'agriculture urbaine AU/LAB, 2019) En Europe, ces jardins ont vu le jour au XIXème siècle et ont même été rendus obligatoires dans certains pays comme l'Autriche, la Suède ou la Belgique. (Mc Murry, 1914) On peut souligner que dans les pays du Nord, les jardins pédagogiques ont longtemps été mis en place pour l'apprentissage pratique des sciences, des études environnementales et d'autres sujets comme l'art et la langue. Plus récemment, suite à une prise de conscience de la déconnexion croissante entre les jeunes citadins et les sources de nourriture qu'ils consomment, il y a eu un regain d'intérêt pour cette forme de jardinage. Il est question de mettre en place des cours de récréation comestibles et d'apprendre aux jeunes d'où proviennent les aliments. Dans les pays du Sud, les jardins pédagogiques ont principalement été utilisés pour la formation agricole professionnelle, par exemple au Swaziland, au Botswana ou en Ouganda. Toutefois, on retrouve aussi le cas où l'orientation principale des jardins scolaires est la production de nourriture pour la consommation, avec la volonté d'aider à fournir les repas scolaires. De telles initiatives ne sont pas toujours viables du fait du manque de ressources, de motivation ou d'expertise. Cependant, certains pays comme le Costa Rica ont établi des politiques visant à associer les jardins pédagogiques à l'alimentation scolaire et à améliorer la qualité de l'alimentation dans le cadre scolaire et les habitudes alimentaires des enfants. (FAO, 2010)

On voit donc qu'il existe dans le monde une diversité d'usages et de formes de jardins pédagogiques dont chacun peut retirer une utilité différente. Cela nous amène à présenter l'intérêt qui existe à mettre en place de tels jardins.

B. Utilité et vertus des jardins pédagogiques

Les jardins pédagogiques possèdent de multiples vertus allant de leur intérêt éducatif à leur intérêt environnementale. Nous allons détailler ici l'ensemble de ces intérêts.

1. Intérêt éducatif

La vocation première des jardins pédagogique est généralement de servir de support éducatif. Installer un jardin à l'école permet d'éduquer les élèves sur les sujets d'alimentation. C'est un moyen de rappeler aux citoyens la façon dont poussent leurs aliments et donc le temps, l'énergie et le travail que cela requiert. Face à des problématiques propres à notre temps telle que l'obésité, les jardins pédagogiques interviennent comme un moyen de redonner goût aux fruits et légumes.

Par ailleurs, ces potagers peuvent être utilisés comme façon ludique d'appliquer ses connaissances dans diverses disciplines. Ainsi, les enseignants de biologie peuvent y montrer les mécanismes de croissance des végétaux, les enseignants de mathématiques peuvent faire calculer des débits d'eau nécessaires à l'irrigation, les enseignants de littérature peuvent demander à écrire sur le thème du jardin et ainsi de suite. On peut également noter que les jardins pédagogiques sont adaptés à la pratique des sciences participatives. Il existe d'ailleurs en France le réseau Vigie Nature École¹ qui est l'adaptation dédiée au monde scolaire du programme de sciences participatives Vigie-Nature du Muséum National d'Histoire Naturelle.

2. Création de lien social

L'installation d'un jardin au sein d'un établissement scolaire permet de créer un lieu de rencontre entre tous les membres de l'établissement. C'est un moyen de faire collaborer les élèves et leurs enseignants mais aussi l'administration et la direction de l'établissement. Dans le cas où le potager est géré par une structure associative extérieure au collège c'est également l'occasion pour tous de travailler avec des professionnels de l'agriculture urbaine. Le jardinage à l'école permet aux élèves d'apprendre à travailler en groupe et les responsabilise. En ayant la responsabilité d'un carré de potager les élèves apprennent à s'organiser entre eux pour gérer au mieux l'irrigation, le désherbage, la fertilisation, afin de maintenir leur production. Ils apprennent aussi qu'en le négligeant, le potager se détériore. (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017)

3. Intérêt environnemental

Les jardins pédagogiques sont des espaces de nature au sein de la ville et possèdent de multiples vertus écologiques.

Ils sont dans un premier lieu un support de biodiversité et recréent des habitats potentiels pour la faune. Cela leur permet de s'inscrire dans la trame verte et bleue et de constituer des éléments de corridors écologiques. On notera d'ailleurs que ces jardins sont souvent

¹ <https://www.vigienature-ecole.fr/>

accompagnés d'installations en faveur de la biodiversité comme les hôtels à insectes ou les mares pédagogiques. (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017)

Par ailleurs, l'introduction de nature en ville permet d'agir sur les composantes bio-climatiques du milieu urbain. Les plantes, par l'ombre qu'elles prodiguent et par le phénomène d'évapotranspiration, rafraîchissent l'air ambiant et rendent les cours d'école plus vivables, notamment lors des épisodes caniculaires. (Bolund et Hunhammar, 1999) Par ailleurs, la création d'espaces cultivés permet de réduire le taux d'imperméabilisation des sols. On met en place des sols capables d'absorber les eaux pluviales et on limite ainsi le ruissellement. (Villarreal et Bengtsson, 2005)

4. Production alimentaire

Pour finir, bien que ce ne soit souvent pas leur vocation première, les jardins pédagogiques sont une source de denrées alimentaires. Ils permettent d'approvisionner les membres de l'établissement scolaire en produits frais et locaux, dans des quantités très variables. Cela permet aux élèves d'apprécier des aliments sains issus de leur propre production.

A une certaine échelle, il est même possible de vendre les produits du jardin pédagogique.

C. Exemples de réalisations de jardins pédagogiques en France et dans le monde

En France, les jardins pédagogiques connaissent un regain d'intérêt depuis quelques années. Le Ministère de la transition écologique et solidaire a lancé en 2016 un appel à projets « Potagers et jardins pédagogiques » dont 1354 établissements scolaires sont ressortis lauréats, parmi plus de 10 000 candidatures.² On retrouve donc partout dans le pays des écoles, collèges et lycées mettant en place des espaces de production végétale.

En région parisienne, l'association Veni Verdi est pionnière du développement de micro fermes urbaines dans des établissements scolaires. Elle a installé dans 6 collèges et écoles des potagers au sol et sur les toits, dont la production est destinée à la vente. Ces espaces combinent des activités de maraîchage et de petit élevage. Les élèves et les membres de l'association se retrouvent autour du jardin qui devient un réel lieu de rencontre et d'apprentissage. Par ailleurs, Veni Verdi introduit également des personnes extérieures en faisant appel à des bénévoles pour l'installation de leurs potagers ou encore en organisant des ateliers de team building. C'est à la fois un modèle social, économique et écologique que l'association développe depuis 2010.³

Alors qu'en France ces jardins produisent relativement peu et ont principalement des intérêts éducatifs et sociaux, il existe de nombreux exemples ailleurs dans le monde d'écoles produisant leurs propres ressources alimentaires. En Jamaïque, la Sligoville School possède un jardin pédagogique en agriculture biologique où les élèves et le personnel se retrouvent pour cultiver. Le jardin produit suffisamment pour que les légumes soient vendus mais aussi pour fournir l'école en repas du déjeuner. En Turquie, à l'Ulubay Boarding School, les élèves mangent à la cantine des fruits et légumes qu'ils ont produit dans les serres de l'école. A Berkeley, en Californie, l'Edible School Yard éduque les enfants en leur

² <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/potagers-et-jardins-pedagogiques-1354-ecoles-laureates>

³ <http://www.veniverdi.fr/notre-histoire/>

apprenant à cultiver leurs aliments mais également à les cuisiner et le jardinage y est inscrit au programme scolaire. (FAO, 2010)

Cette synthèse bibliographique dresse un état des lieux sur notre sujet d'étude, à savoir les espaces cultivés au sein d'établissements scolaires. Il est désormais question de présenter la démarche que nous avons suivie pour accompagner la mise en place d'un potager au sein du collège Paul Eluard.

II. Méthodologie et moyens mis en oeuvre

A. Organisation

1. Planning, livrables et jalons

Aux vues des nombreux éléments attendus à l'issue ce projet, il nous a semblé essentiel de classer et d'ordonner les tâches dans un planning prévisionnel sous forme de diagramme de Gantt, réalisé sur le logiciel Microsoft Project en Annexe 1. Nous y avons indiqué les jalons et les livrables pour ne pas perdre de vue nos objectifs.

Les différents livrables sont contenus dans le rapport de projet ingénieur, incluant:

Dans le corps du rapport:

- Diagnostic des espaces disponibles
- Attentes des parties prenantes
- Contraintes de toute nature liées au projet
- Plan d'aménagement sur 5 ans avec scénarios d'utilisation des espaces en prenant en compte les ressources locales et en proposant des partenaires/fournisseurs potentiels

En annexe:

- Étude historique des usages et de l'environnement du site : le collège Paul Eluard à Châtillon (92)

Les jalons sont les différents RDV, la date de rendu de rapport ainsi que la date de la soutenance.

2. Répartition des tâches

Nous avons identifié plusieurs pôles de compétences nécessaires à la réalisation du projet:

- compétences scientifiques et techniques
- maîtrise des méthodes et des outils de l'ingénieur
- capacité à concevoir, concrétiser, tester et valider des solutions
- compétence informationnelle: capacité à trouver l'information pertinente, à l'évaluer et à l'exploiter
- aptitude à prendre en compte les enjeux et les besoins des parties prenantes
- compétence organisationnelle
- compétences en communication et relationnelles

Etant donné que nous nous sommes censées acquérir les mêmes compétences et que ce projet est aussi un exercice pédagogique, nous avons jugé judicieux de se répartir les tâches

de manière à couvrir chacune l'ensemble des compétences ci dessus. Pour se faire, nous nous sommes aidé de l'outil Trello.

3. Communication

En interne, nous avons choisi de mettre tous nos travaux sur un Google Drive d'équipe. Nous pouvions donc travailler simultanément sur les mêmes documents, nous permettant de toujours centraliser nos avancées respectives.

Pour ce qui est des échanges externes, nous avons principalement utilisé les mails et avons veillé à mettre systématiquement en copie le commanditaire (notre interlocuteur étant Joël Auxenfans) et nos tutrices de stage (Marie-Reine Fleisch et Christine Aubry).

4. Gestion des risques

Nous avons listé les différents risques du projet et avons construit une table de gestion des risques (en Annexe 2) où nous les avons répertorié par type : lié à la gestion du projet, juridique, humain et technologique. Nous avons réfléchi aux moyens à mettre en place pour gérer ces risques et avons évalué leur efficacité à posteriori.

B. Analyse de la contamination des sols

Afin d'apporter au commanditaire une pré-analyse de ses sols et un plan d'échantillonnage, nous avons bénéficié de l'aide d'Anne Barbillon. Elle nous a fourni le guide REFUGE pour la "Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires" et nous a aidé dans notre processus d'analyse et de rédaction. Le guide se divise en 4 étapes allant de l'étude historique préalable aux analyses à l'interprétation des résultats. Nous avons réalisé l'étape 1, à savoir l' "Étude historique des usages et de l'environnement du site" et avons préparé un plan d'échantillonnage pour la deuxième étape d'investigation des sols.

Pour notre étude historique, nous nous sommes appuyées sur plusieurs bases de données : BASIAS⁴, BASOL⁵, ARIA⁶, SIS⁷, ICPE⁸, Remonter le temps⁹, Infoterre¹⁰, MétéoFrance¹¹, AirParif¹², Géoportail¹³ et Géorisques¹⁴.

Nous avons ensuite ajouté à ces données les observations que nous avons pu faire lors de nos visites au collège Paul Eluard. Cela nous a permis de fournir un plan d'échantillonnage pour de futures analyses de sols, dans le but de déterminer s'il est possible de cultiver des comestibles dans les espaces de pleine terre du collège.

⁴ <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/telechargement/basias>

⁵ <https://basol.developpement-durable.gouv.fr/>

⁶ <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/le-barpi/la-base-de-donnees-aria/>

⁷ <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/sis-secteur-dinformation-sur-les-sols>

⁸ <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/telechargement/icpe>

⁹ <https://remonterletemps.ign.fr/>

¹⁰ <http://infoterre.brgm.fr/>

¹¹ <http://www.meteofrance.com/>

¹² <https://www.airparif.asso.fr/>

¹³ <https://www.geoportail.gouv.fr/>

¹⁴ <http://www.georisques.gouv.fr/>

C. Inventaire floristique

Nous avons réalisé des inventaires floristiques sur les zones d'intérêt du collège, à savoir celle prochainement allouée à la culture en bacs et la zone se trouvant le long du bâtiment SEGPA. Pour cela nous nous sommes aidées de l'application PlantNet développée par le Cirad.

D. Conditions climatiques

Lors de notre diagnostic du site, nous avons cherché à caractériser le climat spécifique à nos zones d'intérêt. Pour ce faire, nous avons observé sur place l'orientation, les ombres portées et les effets de vent. Nous avons combiné ces données à celles de Météo France sur le climat du bassin parisien.

E. Méthodes d'enquête

Nous avons souhaité avoir une approche multi acteurs en recueillant les attentes des différents utilisateurs potentiels du jardin. Pour appréhender leurs souhaits avant de se lancer dans la conception des scénarios, nous souhaitions organiser une réunion le 16 octobre avec si possible des représentants des groupes suivants:

- l'administration
- les associations de parents d'élèves
- les élèves
- les professeurs (SVT et Physique notamment)
- la cantine
- éventuellement des représentants de la collectivité

Malheureusement cette réunion fut annulée (cf. partie IV).

Nous avons également réalisé plusieurs visites du site, sans jamais pouvoir accéder à tous les espaces du collège, par manque d'autorisations nécessaires. Cela nous a permis de rencontrer M. Auxenfans avec qui nous avons également échangé par mail et au téléphone. En ce qui concerne les autres acteurs du projet, nous n'avons pu obtenir que des échanges par mail qui se sont par ailleurs avérés peu fructueux.

F. Cartographie

Afin de réaliser un zonage du collège selon les modes d'occupation des sols, nous avons choisi d'utiliser le logiciel QGIS 3.4. Les fonds de cartes utilisés proviennent de la BD ORTHO de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

Divers éléments sont représentés sur cette carte :

- Occupation du sol
- Délimitation et accès
- Ressource en eau
- Zones allouées au projet potager

III. Résultats et discussion

A. Diagnostic des espaces disponibles

1. Zonage du site

Nous avons cherché à caractériser l'ensemble des espaces du collège Paul Eluard, en réalisant une distinction selon l'occupation du sol et leur fonction actuelle.

Nous avons identifié des bâtiments, des zones ouvertes goudronnées telles que la cour et les terrains de sport et des espaces végétalisés. Notre idée initiale était d'investir plusieurs espaces déjà végétalisés et de les transformer en zones cultivées, en pleine terre. Nous avons donc réalisé un premier zonage, présenté en Annexe 4. Cependant, à la suite de discussions avec le commanditaire, il est apparu que seule une zone serait mise à disposition pour des cultures de pleine terre. Cela est dû au blocage par le conseil départemental face au réaménagement des espaces verts récemment mis en place. Une seconde zone sera allouée à la mise en place de cultures en bacs. Cela nous a permis d'actualiser notre zonage du site tel que présenté sur la carte 1, ci-dessous.

Zonage du collège Paul Eluard de Châtillon (92)

Fond de carte : BD ORTHO de l'IGN



Réalisation : L. Wirz, 2019

Légende	
— Enceinte du collège	■ Espaces verts
● Entrée du collège	▲ Point d'eau
■ Batiments	■ Future zone de culture en bacs
□ Auvent	— Future zone de culture en pleine terre
■ Surface imperméable ouverte	

Carte 1 : Occupation des sols et zonage du collège Paul Eluard

Sur l'ensemble du site, le bâti a un emprise de 5400 m², les espaces ouverts bétonnés représentent au total 6950 m² et les espaces verts 1280 m². Les espaces ouverts bétonnés regroupent à la fois les allées de passage, la cour, les terrains de sport et les parkings. Cela sous-entend que la majorité (90%) du sol du collège est imperméable, ce qui rappelle l'intérêt qu'il y a à installer des bacs de culture.

2. Diagnostic de la zone allouée aux cultures en bacs

La zone du collège qui sera allouée à la culture en bacs se trouve à l'entrée du collège, avant la loge. C'est une zone avec une forte visibilité car chaque personne entrant dans le collège passera à côté des bacs. Elle est visible sur l'image 2 ci-dessous.



Image 2 : Photo de la zone où seront installés les bacs de culture (L. Wirz, 27/11/19)

Elle mesure 137m² au total, dont 90m² de surface bétonnée et 47m² d'espace vert. On notera qu'il n'est pas question de mettre les bacs sur la surface enherbée mais sur la zone bétonnée.

a) *Biodiversité en place*

Nous avons fait un inventaire des plantes en place sur la surface végétalisée, qui est pour l'instant la seule partie de la zone à accueillir de la biodiversité. On a observé une strate herbacée composée de renoncule rampante, de pissenlit, d'achillée millefeuille, de picride fausse vipérine, de patience à feuille obtus et d'herbe. La strate arbustive est composée de quelques arbousiers et la strate arborée est représentée par un arbre : un robinier faux acacia. Concernant la diversité faunistique, nous avons observé quelques vers de terre.

b) *Caractéristiques climatiques*

Afin de caractériser au mieux l'espace de production, nous avons observé quelques caractéristiques climatiques. Tout d'abord, la zone est orientée à l'Est et n'est pas ombragée par les bâtiments alentours. Par ailleurs, les Hauts de Seine bénéficie d'un climat similaire à celui du bassin parisien. Il s'agit d'un climat océanique dégradé avec un hiver doux, un été chaud et de la pluie en toute saison. Les températures ont tendance à être affectées par l'effet d'îlot de chaleur urbain qui se fait particulièrement ressentir en été.

Concernant le vent, il ne semble pas qu'il y ait d'effet particulier du paysage alentour sur la circulation de l'air.

Les conditions semblent donc favorables à la mise en place de cultures puisque la zone cumule un bon ensoleillement, un climat doux et des précipitations étalées sur l'année.

c) Accès aux ressources

Nous avons par la suite cherché à caractériser l'accessibilité des différentes ressources nécessaire à la culture en bacs. La ressource principale est l'eau. Il existe une possibilité d'accès au robinet de la loge, située juste à côté de notre zone d'intérêt. Toutefois, un robinet extérieur serait appréciable mais il n'en existe pas pour l'instant et il ne semblerait pas qu'il y ait de projet d'en installer.

Les autres ressources correspondent au matériel qu'il va falloir acquérir comme les outils des jardinage, les semis, les plants, le substrat, etc. Le collège ne possède pour l'instant rien de tout cela mais un budget sera alloué à l'achat de matériel. Par ailleurs, nous n'avons pas identifié de local de rangement des outils de jardinage.

La disponibilité des ressources est donc relativement satisfaisante même si un point d'eau extérieur serait souhaitable.

3. Diagnostic de la zone de cultures en pleine terre

La seconde zone à laquelle nous nous intéressons est celle le long du bâtiment SEGPA, où il sera possible d'installer des cultures en pleine terre, probablement de petits fruitiers.

Nous avons cherché à caractériser au mieux cette zone, malgré les difficultés que nous avons rencontrées pour y accéder.

Elle est angle, mesure 329m² et présente la particularité d'être sur une forte pente, comme cela est schématisé sur l'image 3 ci-dessous.

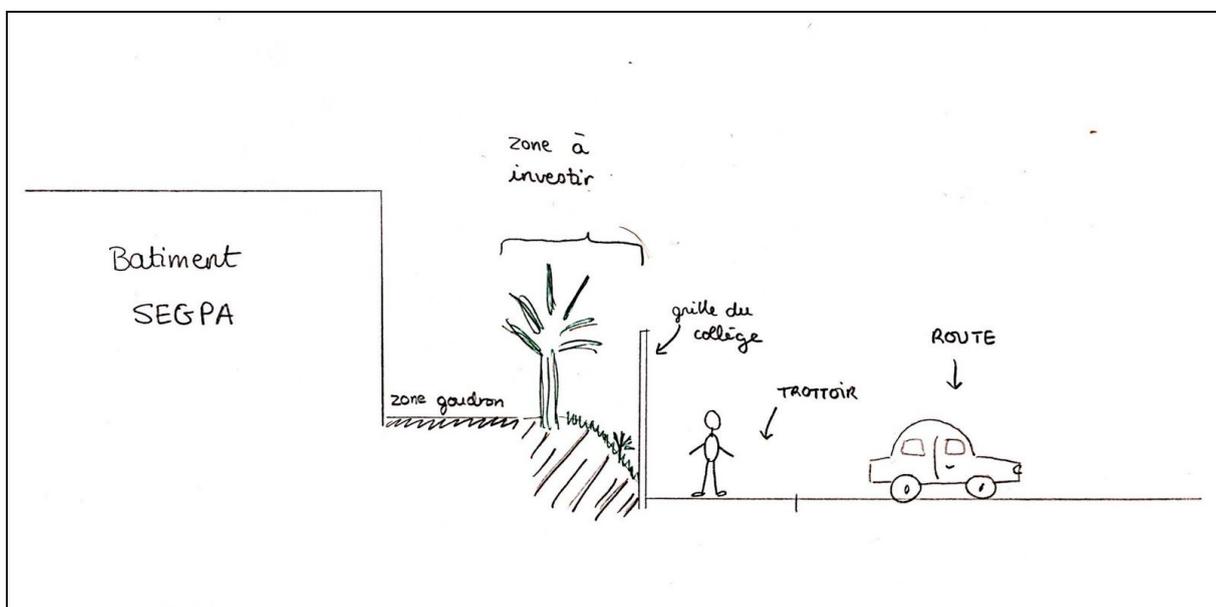


Image 3 : Représentation schématique de la zone allouée aux futures cultures en pleine terre, le long de la rue de Bagneux

Elle n'est pas accessible sans autorisation et son accès nécessite de passer une grille verrouillée. Elle se trouve majoritairement le long de la rue de Bagneux et un peu le long de la rue des Pierrettes, dont elle est séparée par une haute grille.

a) Contamination et qualité du sol

Afin de garantir une production propre à la consommation, il est important de cultiver sur un sol non contaminé. Nous avons donc amorcé une caractérisation de la qualité du sol, en suivant la méthode du guide REFUGE.

L'étude historique, l'étude de vulnérabilité et les visites du site nous ont permis de conclure qu'il n'existait pas de risque lié à une ancienne activité industrielle ni à des aléas naturels. Cependant, le sol en place est d'origine inconnue et son aspect laisse penser qu'il contient du remblai, du fait de la présence de gros cailloux. Nous avons donc émis des préconisations sur les tests à effectuer pour déterminer la qualité et les risques de contamination de ce sol. Tout d'abord, nous recommandons de mesurer :

- 9 éléments traces métalliques (ETM) : le chrome (Cr), le nickel (Ni), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), le plomb (Pb), le sélénium (Se)
- 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- Les hydrocarbures totaux (HCT) – fraction C10-C40
- La texture du sol (argileuse, sablonneuse, limoneuse) au travers de l'analyse de la granulométrie
- Le pH du sol à l'eau
- La teneur en matière organique du sol
- La capacité d'échanges cationiques (CEC), indiquant la capacité du sol à fixer des éléments nutritifs ou des polluants

Par ailleurs, comme nous avons des suspicions de remblai dans le sol, nous recommandons également de mesurer les polychlorobiphényles (PCB).

Ces mesures devront se faire à deux profondeurs : 0-30 cm et 30-50 cm. L'ensemble des conclusions détaillées de notre étude historique des usages du site ainsi que le plan d'échantillonnage sont présentés en Annexe 5.

b) Biodiversité en place

La zone le long du bâtiment SEGPA est actuellement végétalisée et présente à la fois des arbres, des arbustes et des plantes de la strate herbacée. Sont plantés pour l'instant : des cerisiers, des rosiers et de petits arbustes semblables à des arbusiers. La strate herbacée est discontinue, le sol est majoritairement couvert par des feuilles mortes et des déchets. Nous avons identifié comme sur la première zone de la renoncule rampante, du pissenlit, de l'achillée millefeuille, de la picride fausse vipérine, de la patience à feuille obtus et de l'herbe. Nous n'avons pas pu observer la faune mais cela est possiblement dû aux conditions d'observation défavorables.

Dans le cas où seuls des petits fruitiers seront installés le long de la grille, on peut envisager de conserver une grande partie de la diversité végétale déjà en place.

c) Caractéristiques climatiques

Les caractéristiques climatiques de cette zone sont similaires à celles présentées pour la zone de bacs, hormis sur deux aspects. Cet espace est orienté au Nord et se retrouve ombragé une grande partie de l'après-midi au niveau de la partie le long de la rue des Pierrettes. Il faudra donc veiller à choisir des cultures ne nécessitant pas un ensoleillement maximal.

d) Accès aux ressources

Nous avons cherché à savoir s'il existait un accès à l'eau à proximité de cette zone mais il semblerait qu'il n'y ait aucun robinet extérieur sur l'ensemble du collège. Il n'y a pas de local de rangement du matériel au niveau de cet espace non plus.

Il faudra donc penser le choix des cultures de façon à ce qu'elle demande un entretien modéré et peu d'irrigation. En effet, la difficulté d'accès à cette zone due au verrouillage de la grille et l'absence de point d'eau n'encouragent pas à venir y jardiner autant qu'au niveau de la zone des bacs.

4. Contraintes liées au caractère scolaire du lieu

Du fait que notre site d'étude se situe au sein d'un collège, plusieurs contraintes ont été identifiées notamment en lien avec la sécurité des élèves. En effet, le plan Vigipirate actuellement en vigueur incite les chefs d'établissement à une vigilance maximale. (MENESR, 2016) Il est donc important de pouvoir occulter la vue du collège depuis l'extérieur, de contrôler l'identité des personnes se présentant au collège ou encore d'en limiter l'accès. Cela sous entend que les grilles aux abords du collège devront être couvertes au maximum par une végétation occultante. Par ailleurs, ces mesures de sécurité compliquent l'accès au potager aux personnes extérieures au collège qui souhaiteraient jardiner ou simplement visiter. En effet, l'accès au collège est soumis à validation de la direction et nous avons pu constater que cette validation n'est pas aisée à obtenir.

En parallèle de ce premier diagnostic, nous avons cherché à connaître les attentes des différents acteurs du projet, afin de proposer des scénarios les plus adaptés possibles.

B. Attentes des parties prenantes

1. Joël Auxenfans, élément moteur du projet

Notre interlocuteur principal au cours de cette étude a été Joël Auxenfans, professeur d'arts plastiques au collège Paul Eluard. Il est à l'origine du projet qu'il a initié en 2018 en faisant travailler ses élèves sur des propositions d'organisation des espaces cultivés au sein du collège. Il envisage le projet comme un moyen de produire des aliments sains pour les élèves, de créer du lien entre les membres du collège et comme support pédagogique pour tout un chacun. Il est particulièrement proactif et dynamique, attendant d'AgroParisTech un soutien technique et un appui institutionnel et scientifique.

2. La direction du collège

La direction du collège, représentée par le principal Monsieur Bocage et le principal Monsieur Hammadi semble avoir des attentes plus modérées que M. Auxenfans. Alors que ce dernier envisage le projet à large échelle, avec une forte implication de tous les membres du collège, il semblerait que la direction ne soit pas aussi enthousiaste. Leur vision du jardin se réduit à un petit espace productif autour duquel les personnes intéressées pourront se retrouver et jardiner. Il ne semble pas y avoir de volonté de prendre part au projet de la part

de la direction du collège, sans pour autant s'y opposer farouchement. Il y a chez le principal une appréhension de l'échec du projet et la crainte de devoir par la suite gérer un jardin à l'abandon. Le principal adjoint est un peu plus enthousiaste à l'idée de mettre en place le potager mais a peu de temps à y consacrer.

3. Le corps enseignant et le personnel du collège

Quelques enseignants ont signalé leur intérêt pour le projet, notamment Mme Maillard, professeure d'anglais et coordinatrice des projets éco-citoyens du collège. Cependant, notre unique contact étant M. Auxenfans, il a été compliqué pour nous d'avoir plus de détails sur l'implication de ses collègues car il ne semble pas lui même avoir perçu d'enthousiasme chez eux. Toutefois, on notera qu'un enseignant de la section SEGPA a proposé de s'investir en faisant don au collège son composteur personnel.

Il est regrettable de ne pas avoir obtenu de meilleur retour de la part du corps enseignant car cela nous aurait permis de prévoir des scénarios adaptés à leurs attentes, notamment en matière de contenu pédagogique.

Pour finir, on notera l'intérêt de la gardienne qui voit le projet de jardin comme quelque chose de positif et qui semble prête à y participer.

4. Les élèves du collège

Pour ce qui est des attentes des élèves, puisque nous n'avons pas pu les rencontrer, nous nous basons sur les travaux qu'ils ont réalisés avec M. Auxenfans. En tout, 300 élèves de 5^{ème} et 4^{ème} ont travaillé avec lui sur des scénarios dessinés d'aménagement des espaces cultivés du collège. En parcourant leurs dessins, nous avons constaté que les élèves prennent au sérieux le projet de jardin pédagogique et semblent désireux d'avoir dans leur établissement la possibilité de produire des plantes comestibles. Un petit groupe a d'ailleurs émis la volonté de mettre en place un club jardin auquel tout élève pourrait prendre part. Ils envisagent ainsi un apprentissage collectif et une transmission de savoir des plus expérimentés aux novices.

Pour résumer l'ensemble de ces attentes, nous sommes face à une dualité opposant un enseignant extrêmement déterminé et le reste du collège dont la volonté est relativement modérée. Cela a par ailleurs été un réel frein à la réalisation de ce projet d'ingénieur, comme nous allons le détailler dans la partie qui suit.

C. Conflits relationnels et limites de l'étude

1. Une faible implication générale qui affaiblit le projet

Contrairement à ce que nous espérions, la seule personne réellement impliquée est notre principal interlocuteur: Joël Auxenfans. Nous avons été surprises que notre proposition de réunion de concertation de 16 octobre ne trouve pas d'échos auprès du corps enseignant et des associations de représentants de parents. Nous n'avons réussi qu'à obtenir la présence d'un représentant de la commune de Châtillon pour cette réunion qui a finalement été

annulée à la dernière minute car jugée précoce. Cela entre en totale contradiction avec notre volonté d'enquêter auprès des usagers en amont du développement du projet pour les impliquer au maximum.

2. Divergence de visions et tensions pénalisant le projet

Les attentes divergentes des différentes parties prenantes concernant le projet ont se sont cristallisées au cours des mois d'octobre et de novembre. Nous nous sommes retrouvées témoins de conflits internes au collège sans aucun pouvoir d'action. Par ailleurs, nos tentatives de rencontre du corps directeur sont restées sans réponses et nous avons fini par devoir rédiger ce rapport sans connaître réellement les attentes d'une partie des intéressés. Cela a également compliqué notre travail d'investigation des sols car notre accès au collège s'est retrouvé très limité. Nous regrettons de n'avoir pu travailler dans des conditions optimales pour mener à bien ce projet.

Pour finir, nous tenons à saluer l'implication exemplaire de Monsieur Auxenfans mais devons souligner qu'il nous a parfois devancées et a agi sans attendre nos préconisations. Nous nous sommes retrouvées prises de court et avons eu le sentiment que notre rôle au sein du projet était remis en question. En effet, cette prise de décision sans concertation avec nous au préalable nous a amenées à nous demander quelle était notre utilité en tant qu'élèves ingénieures.

L'ensemble de ces éléments a créé un environnement de travail peu encourageant et nous avons eu du mal à trouver notre place au sein du projet. L'absence de cohérence entre les différents acteurs et le manque d'unité autour du projet a fortement pénalisé l'avancement projet, comme en témoigne le décalage entre le planning prévisionnel et le planning effectif en Annexe 2.

La comparaison des plannings met en avant les éléments suivants:

- le projet initialement prévu jusqu'en février s'arrêtera fin décembre. En conséquence, certains jalons de même que certaines tâches ont disparu.
- les phases de diagnostic de espaces disponibles et d'investigation des attentes et contraintes des différents acteurs furent moins denses que prévues et parfois bloquées. Nous avons donc réalisé les scénarios d'utilisation des espaces plus tôt que prévu.

Nous sommes conscientes que notre rapport aurait été plus pertinent et précis avec un meilleur accès aux informations. Ces éléments nous laissent sceptiques quant à la pérennité du celui-ci, notamment quant à l'organisation et la répartition des tâches au jardin, au sein de la vie scolaire de l'établissement.

IV. Perspectives d'évolution : scénarios de culture

L'objectif du projet était de se concentrer sur des zones prioritaires à mettre en place dès le printemps 2020 et par la suite donner des conseils pour un aménagement progressif sur plusieurs années. Dans l'idéal, nous prévoyons un plan de végétalisations sur cinq ans comme présenté sur l'image 4. Le suivi de cette planification dépend grandement des moyens mis à disposition par les différents décideurs et de la volonté de développer le projet de manière globale.

Nous n'avons détaillé que la première phase et considérons qu'en fonction de l'évolution des positions des décideurs internes et externes au collège mais aussi de l'impact de la phase 1, le collège devra faire une étude supplémentaire pour les phases 2 à 5.

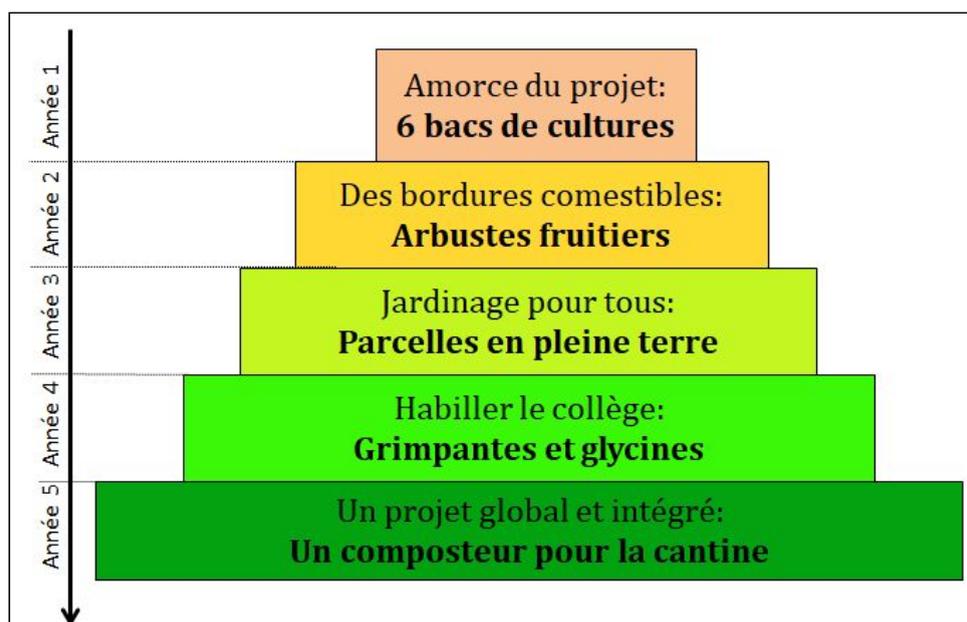


Image 4: Plan d'aménagement sur 5 années

A. Scénario année 1 : l'amorce du projet

M. Auxenfants a négocié l'installation des installations de 6 bacs de culture au niveau de l'entrée du collège à l'horizon du printemps 2020. Nous proposons donc le scénario suivant pour la mise en place des bacs.

1. Les bacs

Contrairement à ce qui était présenté au début du projet, le partenariat avec le lycée technologique Jean Monnet à Montrouge pour la fabrication de bacs n'est plus envisageable.

En revanche, il est possible de s'associer au collège lycée du bois et de l'écoconstruction de Rouen pour qu'ils réalisent le montage des bacs, à condition de leur fournir les matériaux de construction (bois préfabriqué). La matinée de montage participatif aurait lieu en février 2020. Se pose alors des questions de logistique. S'agirait-t-il de faire monter les bacs à Rouen et de les acheminer par la suite sur Paris, ou bien serait-il intéressant d'organiser un

échange pour que les élèves construisent les bacs sur place ? De cette décision dépendent fortement les coûts de transport et donc le coût global. Nous avons pour objectif de trouver des ressources plus locales pour réduire les coûts de transport mais en date du 4 décembre, nous avons appris que la commande des bacs était partie et le devis du transporteur accepté ce qui suggérerait aussi qu'une convention sera signée avec le lycée du bois de Rouen.

Les plans dessinés par M. Auxenfans pour les bacs se trouvent en Annexe 6. Ils ont pour dimensions 124cm * 110cm * 92cm (L * l * h). Nous pensons qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des bacs si profonds. En effet, 50cm de profondeur suffisent ce qui permet d'économiser en matériaux de construction et de remplissage. Nous n'avons pas pu faire part de ce paramètre avant la commande des bacs, mais il est encore possible de revoir les plans et potentiellement fabriquer un bac supplémentaire avec le surplus de matériau.

2. Le substrat

Afin de proposer un substrat durable et offrant de bons rendements, nous nous sommes basés sur les résultats des expérimentations réalisées sur le toit d'AgroParisTech, rue Claude Bernard. En effet, au travers du projet T4P, AgroParisTech et l'INRA ont mis en évidence l'intérêt d'utiliser un substrat en lasagnes pour la culture en bacs, en milieu urbain. Afin de favoriser la minéralisation de l'azote on peut préconiser l'apport d'organismes exogènes tels que les vers de terre ou le mycélium de pleurotes. Par ailleurs, on recommande de réaliser un substrat en couches superposées ("lasagnes") de bois broyé, de compost et de marc de café myceliumisé (résidu de champignonnière). (Garin, 2012) On propose donc de remplir les bacs comme présenté sur l'image 5.

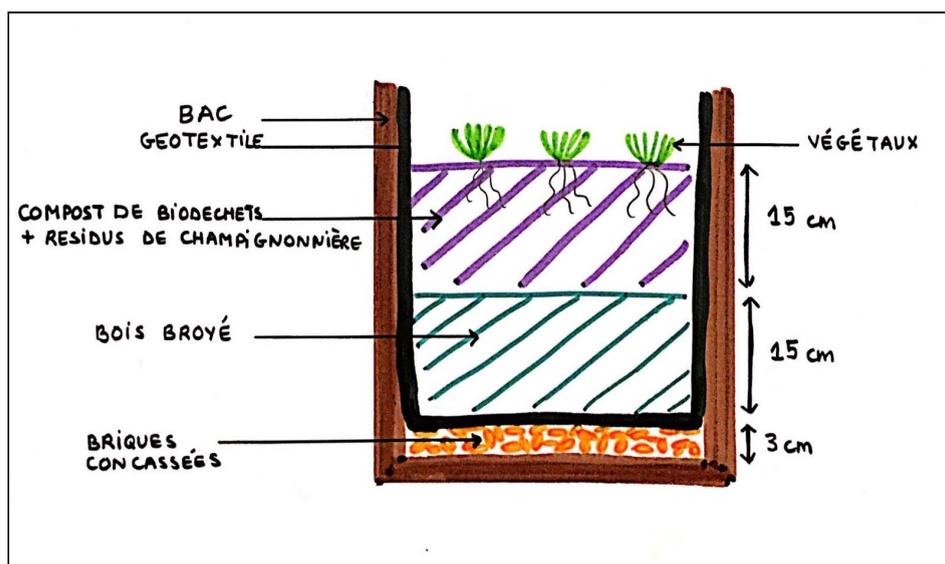


Image 5 : Proposition de bac de culture selon le modèle utilisé sur le toit d'AgroParisTech (d'après Gard, 2017)

Les briques concassées servent de couche drainante, le bois broyé de couche stockant l'eau et permettant l'aération des racines et le mélange de compost de biodéchets et de résidus de champignonnière sert de couche nutritive. (Grard, 2017)

Concernant les ressources nécessaires à la réalisation de ces bacs, nous avons identifié de potentiels fournisseurs présentés dans le tableau 2.

3. Les plantes cultivées

Nous avons établi des plans de culture pour les 6 bacs. Ces plans prennent en compte les éléments suivants:

- la rotation des cultures: les 6 bacs contiendront des espèces différentes et chaque année les espèces cultivées changeront de bac de sorte à ce que le cycle de rotation soit de 6 ans. Cela permettra d'une part de limiter les maladies et d'autre part d'assurer une fertilisation complète et équilibrée des sols.
- des espèces diversifiées adaptées au climat local: les espèces choisies seront adaptées au climat local et diversifiées pour favoriser leur bon développement. La diversité sera un atout pédagogique pour faire découvrir un maximum de plantes aux enfants et faciliter leur compréhension du vivant..
- prise en compte des vacances scolaires: nous essayons de planifier les cultures pour que les récoltes aient majoritairement lieu pendant les périodes de classe.
- association de cultures: les espèces associées dans un même bac et la chronologie des successions ont pour but de renforcer le développement mutuel des végétaux.
- mise en place d'assolement pour une bonne fertilisation; il s'agit d'introduire au maximum des couvert végétaux en hiver (moutarde, luzerne) pour enrichir la vie du sol.
- variétés rustiques et semences libres de droit; dans la mesure du possible, il faut privilégier les variétés anciennes.

Voici le plan de culture conseillé:

	Espèce	Variété conseillée	SEPTEMBR	OCTOBRE	NOVEMBR	DECEMBR	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBR	OCTOBRE	NOVEMBR
BAC 1	Moutarde Citrouille																
BAC 2	Aubergine Epinard																
BAC 3	Poireaux Tomate Basilic	Bleu d'hiver grappoli corbarino en extérieur dans les classes															
BAC 4	Luzerne Haricots verts Radis	falcata Nains Viola															
BAC 5	Laitue Pois Laitue	Verpia brune d'hier															
BAC 6	Carotte Aneth et sauge Oignon	en extérieur dans les classes															

Image 6 : Préconisation d'itinéraire de cultures pour l'année 1

4. Le matériel de jardinage

Concernant les outils nécessaires au jardinage et compte tenu de l'absence de cultures en pleine terre la première année, nous avons pensé à la liste suivante :

- Des arrosoirs
- Des plantoirs
- Des transplantoirs
- Des griffes
- Des brouettes

Ces outils ne sont pas tranchants et ne présentent pas de risque pour les enfants s'ils sont correctement utilisés.

Afin d'en acquérir une quantité nécessaire au bon fonctionnement des ateliers pédagogiques nous proposons de faire un appel aux dons de la part des parents d'élèves mais aussi du personnel du collège. A cela pourront s'ajouter des outils de seconde main achetés sur Leboncoin ou en ressourcerie. On peut aussi proposer d'utiliser la plateforme Geev sur laquelle des particuliers font dons d'objets dont il n'ont plus l'utilité.¹⁵

5. Un premier composteur low-tech

Lors de la définition du projet, il a été évoqué d'installer un composteur électromécanique pour valoriser les déchets de la cantine. Toutefois, cela nous semble trop ambitieux à mettre en place dès la première année compte tenu des circonstances actuelles d'engagement des parties prenantes. Nous proposons donc de commencer par installer un composteur low-tech qui servira de démonstrateur pour les élèves, tout en ayant une utilité pour le potager.

Pour cela, il est possible de récupérer celui d'un enseignant en SEGPA ayant accepté de léguer son lombricomposteur au projet. Par ailleurs, la ville de Châtillon a distribué gratuitement cette année de petits composteurs et on peut envisager d'en récupérer un de cette façon l'année prochaine si l'opération est renouvelée.¹⁶

6. Fournisseurs potentiels et financements

Nous avons identifié une liste de potentiels fournisseurs pour les différentes ressources nécessaires à la mise en place du jardin. Cette liste est présentée dans le tableau 2.

Ressource	Proposition de fournisseur
Bacs en bois	Lycée du bois de Rouen
Géotextile	Leroy Merlin; Brico Dépôt; Castorama; etc.
Couche drainante : briques et tuiles concassées	<ul style="list-style-type: none">• Couvreur. Ex : artisan couvreur Bernard à Châtillon (92)

¹⁵ <https://www.geev.com/>

¹⁶ <https://ville-chatillon.fr/actualites/actualites/composteurs-gratuits-pour-les-maisons-individuelles-315>

	<ul style="list-style-type: none"> ● Chantier ● Leroy Merlin
Compost	Gestion des espaces verts de la ville de Châtillon <u>Contact</u> : Thierry VACHER, responsable du service parcs et jardins de la ville de Châtillon
Résidus de champignonnière	La Boîte à Champignons
Bois broyé	Gestion des espaces verts de la ville de Châtillon <u>Contact</u> : Thierry VACHER, responsable du service parcs et jardins de la ville de Châtillon
Plants et semis	<ul style="list-style-type: none"> ● Pépinière Patrick Nicolas à Meudon (92190) au 8 sentier du Clos Madame ● Dons des parents d'élèves
Outils	<ul style="list-style-type: none"> ● Dons des parents d'élèves ● Leboncoin ● Ressourcerie ● Geev

Tableau 2 : Identification de fournisseurs pour l'aménagement des bacs de culture

Concernant les financements potentiels pour le projet, il est acté qu'il recevra :

- 1000€ venant du budget du collège
- 810€ venant des budgets de la section Ulis et des Arts Plastiques

Par ailleurs, nous recommandons de :

- Faire une demande d'aide au Conseil Départemental
- Mettre en place un crowdfunding (ex: Ulule)

B. Scénario année 2 : Des bordures comestibles

Le Département a donné son accord pour des plantations sur la bande le long de la SEGPA, puisque ce sont des terres anciennes qui n'ont pas fait l'objet d'un investissement paysager récent. Dans la mesure où la mise en place d'arbres est un investissement à long terme qui demande réflexion et qu'aucun test de pollution n'a encore été effectué sur la zone disponible, nous suggérons de commencer les plantations en année 2. Cela permettra aussi de se concentrer en année 1 sur l'installation correcte des bacs de jardinage.

Le plan prévisionnel réalisé par Joël Auxenfans est en Annexe 7. D'après lui, "on peut planter la zone d'environ 33 pieds d'arbustes à fruits, de vignes et de kiwis, dès le printemps 2020". D'une part cette échéance nous semble courte comme énoncé précédemment. D'autre part le nombre d'arbre annoncé nous semble trop important. Pour se développer, un arbre a besoin d'espace. Il est nécessaire de bien étudier le terrain avant d'y planter des arbres. Nous pensons qu'il est préférable d'investir dans un nombre limité de sujets plus

âgés et provenant de pépinières locales et de qualité plutôt que de planter en masse des sujets qui vont dépérir.

C. Scénario année 3 : Jardinage pour tous

Pouvoir cultiver en pleine terre sur les surfaces du collège serait un aboutissement. Mais cela nécessite une étude approfondie des sols incluant des prélèvements pour analyser les échantillons de terre. De plus, il faudra régler la question de l'irrigation et obtenir l'aval du Département qui a investi dans ces espaces et est donc réticent à leur modification.

D. Scénario année 4 : Habiller le collège

Dans cet environnement très minéral, la végétation, en plus d'être source de nourriture et d'apprentissage, pourrait offrir de nombreux services écosystémiques. En effet, elle fournirait des services de régulation (qualité de l'air, refroidissement,...) mais aussi des services culturels (bien être, imagination, aspect esthétique,...).

L'idée serait d'habiller les murs, grillages et surfaces de plantes grimpantes, vignes et glycines. Mais pour ce faire il faudrait avoir l'aval du Département qui a récemment investi dans la rénovation complète du collège en ne laissant qu'une faible place au végétal. Se posera aussi la question de l'entretien de ces espaces (ramassage des feuilles/fruits, taille,...).

E. Scénario année 5 : Un projet global et intégré

Dans une démarche de développement durable, il serait souhaitable que les espaces potagers soient fortement liés au collège. Nous avons pensé qu'ils pourraient servir de source d'approvisionnement de proximité pour la cantine de manière ponctuelle et pour certains produits en priorité (par exemple les herbes aromatiques).

Par ailleurs, nous pensons qu'il serait surtout intéressant de mettre en place une solution de recyclage pour recycler tous les déchets du collège sur place. Nous sommes conscientes que ce projet de grande envergure devra surmonter beaucoup de barrières comme la justification de l'occupation des sols pour un usage inhabituel et non rattaché à l'éducation nationale. Il faudra aussi trouver un composteur de taille intermédiaire qui puisse recycler environ 1 tonne de déchets mensuel sans nécessité d'apport extérieur car nous ne voulons pas transformer le collège en centrale de gestion de déchets. Néanmoins le collège pourrait devenir un modèle en terme de développement durable s'il dépasse ces nombreux freins.

Par ailleurs, pour pousser l'expérience pédagogique jusqu'au bout, il serait très intéressant de créer une infrastructure qui permette de faire cours en extérieur, proche de la nature. Cette méthode d'apprentissage a fait ses preuves dans de nombreux pays. (Rios, Brewer, 2014) Ces cours auraient lieu de manière ponctuelle car l'infrastructure ne pourra pas accueillir plusieurs classes simultanément.

Conclusion

Nous nous sommes engagées dans ce projet d'ingénieurs car nous sommes convaincues de l'importance que revêt le contact de la nature dans l'éducation des jeunes citoyens. Les jardins pédagogiques ont prouvé leur intérêt et leurs multiples vertus via de nombreuses réussites depuis des siècles et ce partout dans le monde.

Ce projet nous a permis d'amorcer une première phase nécessaire à la réalisation d'espaces cultivés au collège Paul Eluard de Châtillon. Nous avons pu identifier et caractériser des zones à allouer aux cultures, à la fois dans des systèmes de bacs hors-sol et en pleine terre. Face à des attentes mitigées, nous avons rédigé des préconisations s'étalant sur plusieurs années, afin de s'inscrire dans une dynamique douce mais durable. Nous avons pu identifier de potentiels fournisseurs et des financements seront alloués au projet, assurant son bon démarrage. Nos scénarios s'adaptent au caractère scolaire du lieu et permettront, on l'espère, la mise en place d'une pédagogie autour des espaces de culture. Par ailleurs, nous avons réalisé un plan d'échantillonnage adapté à la zone de cultures en pleine terre afin que les sols puissent être analysés et que la qualité sanitaire de la production soit assurée.

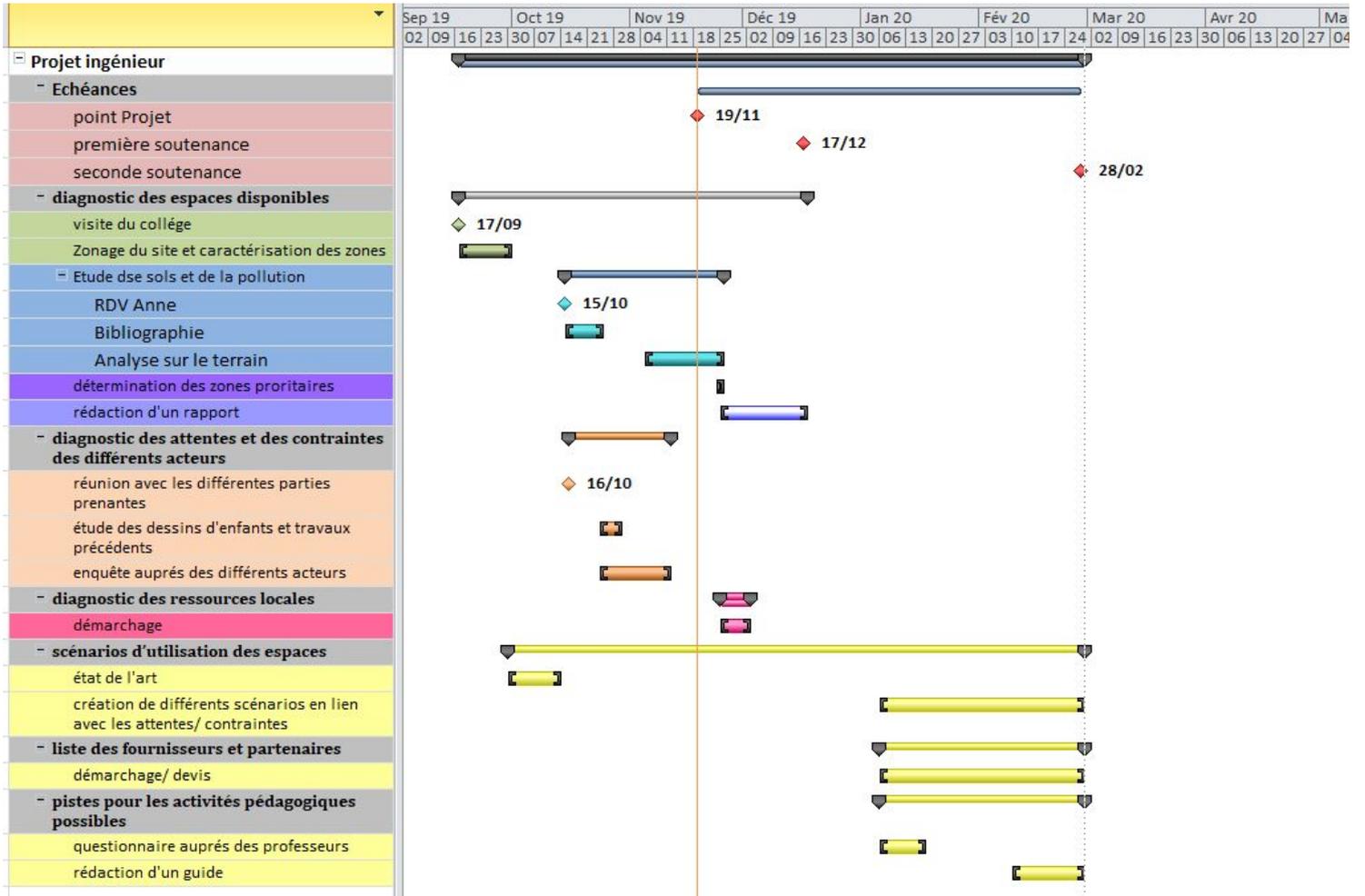
Malgré les divergences de vision et d'attente des différentes parties prenantes, le vent semble tourner. En effet, le proviseur a confirmé l'achat de bacs de culture et une réunion d'information rassemblant l'administration, le corps enseignant et les représentants des parents d'élèves est prévue courant janvier 2020. Si elle parvient à les mobiliser autour du jardin pédagogique, le projet sera en bonne voie.

Néanmoins, pour s'assurer de sa pérennité, il faut prendre le temps de réfléchir à sa conception et de mesurer l'investissement des usagers pour garantir une bonne gestion. En effet, un bon projet n'a qu'une faible espérance de vie s'il n'est pas soutenu par un groupe d'individus. Nous remercions M. Auxenfans pour sa détermination sans failles tout en tenant à avertir sur l'importance de ne pas se précipiter et de laisser de la place à chacun pour s'exprimer sur le projet.

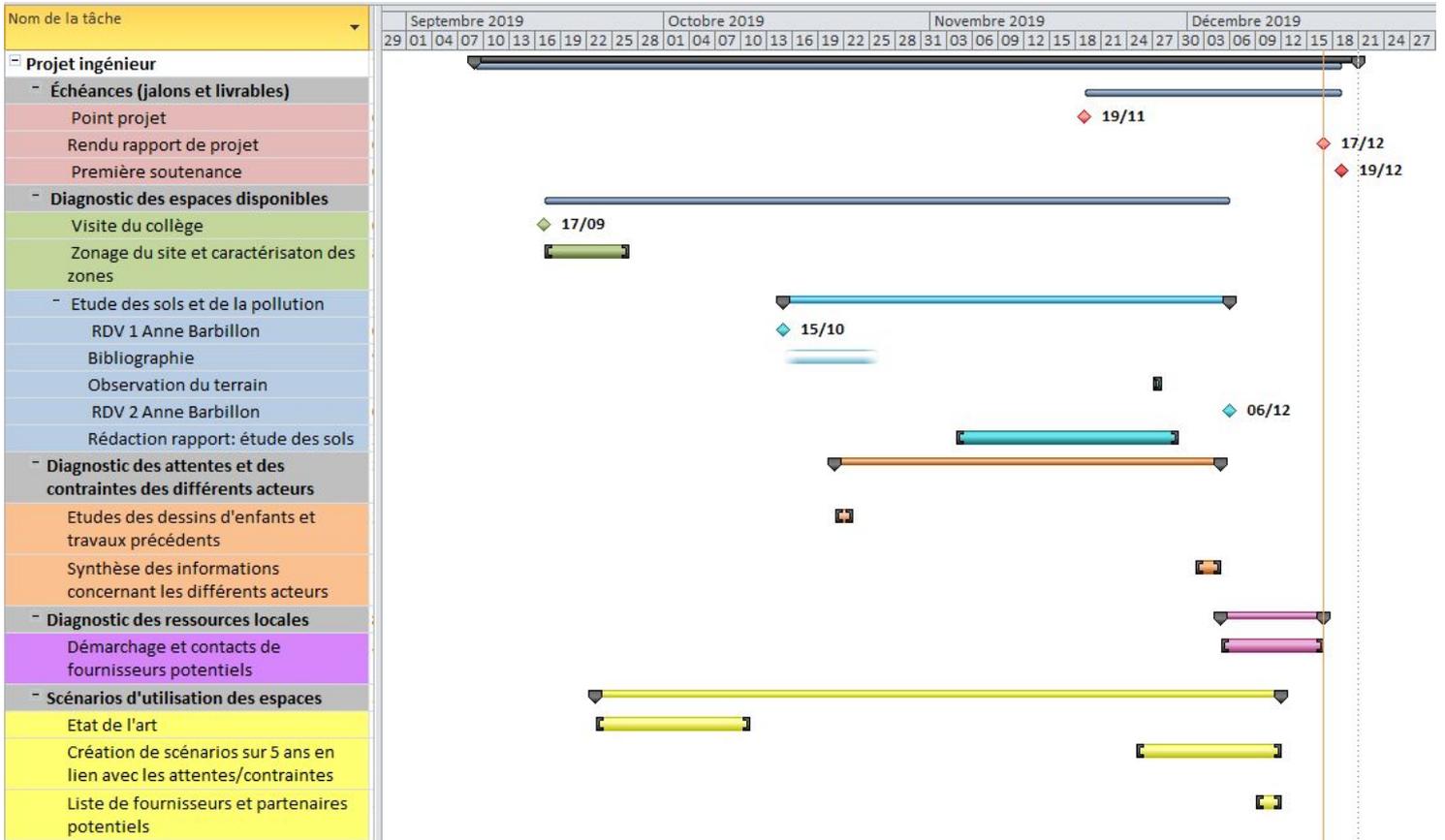
Cette année, il s'agit de se concentrer sur le scénario 1 impliquant la mise en place des bacs de culture. Par la suite, il faudra étudier plus en détail l'espace, réaliser des analyses de sol et adapter les propositions de scénario à l'état d'avancement du projet et aux implications des parties prenantes.

Annexes

Annexe 1: Planning prévisionnel



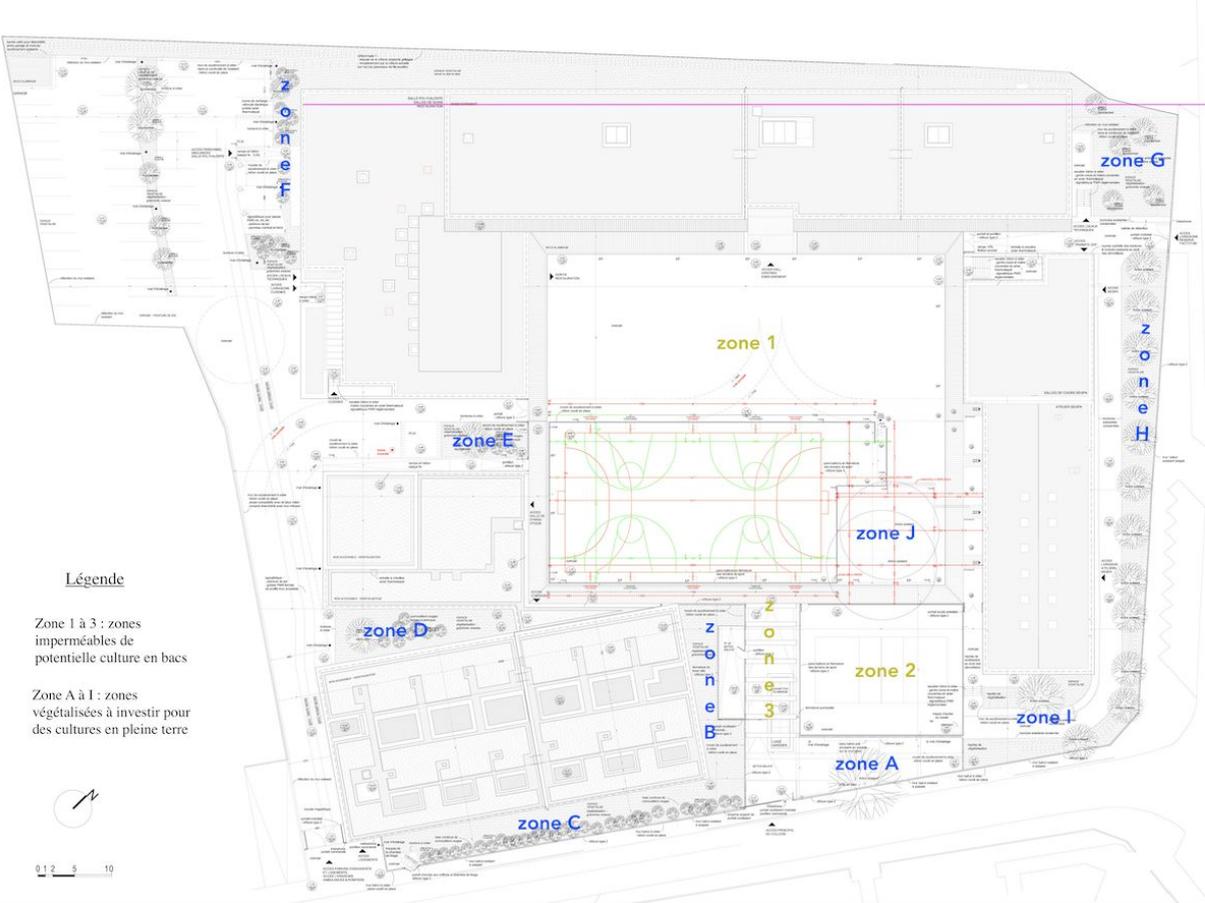
Annexe 2: Planning effectif



Annexe 3: Table de gestion des risques

Nature du risque	Description	Moyens mis en œuvre pour éviter le risque	Efficacité
Propre à la gestion de projet	<ul style="list-style-type: none"> - Objectif irréalisable - Non-respect des délais - Manque de budget 	<ul style="list-style-type: none"> - Division du projet en plusieurs phases (progressif) - Création d'un planning prévisionnel (Diagramme de Gantt) - on privilégie les solutions peu coûteuses et la recherche de donateurs 	<ul style="list-style-type: none"> - L'objectif fixé pour décembre a été atteint même si les contraintes ont réduits la densité et la précision des livrables - le budget n'a pas été un frein au projet.
Juridique	<ul style="list-style-type: none"> - Non-respect de l'accord entre commanditaire et AgroParisTech 	<ul style="list-style-type: none"> - Signature d'un contrat de projet ingénieur de troisième année 	<p>Le contrat n'a pas été signé car mécontente sur les dédommagements de transport</p>
Humain	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise répartition des tâches - Mauvaise communication - désinvestissement du commanditaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du logiciel Trello en lien avec le diagramme de Gantt - Utilisation de Drive, mise en copie des tutrices de projet et du commanditaire systématique 	<ul style="list-style-type: none"> - La répartition des tâches a été optimale - Bonne communication interne mais de gros problèmes en externe: parfois absence de réponse, parfois surabondance de données sans priorisation.
Risque techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'accès aux informations - Pas d'accès aux technologies requises - manque de moyen 	<ul style="list-style-type: none"> - esprit d'initiative et proactivité - choix de solutions low-tech, bibliographie - fixer des objectifs atteignables en fonction des moyens, faire fonctionner les réseaux pour trouver les ressources nécessaires 	<ul style="list-style-type: none"> - malgré plusieurs sollicitations et recherches d'alternatives, le manque d'accès aux informations, au collègue et aux différents usagers fut le frein majeur du projet.

Annexe 4 : Premier zonage du collège réalisé en septembre 2019



Annexe 5 : Étude historique des usages et de l'environnement du site : le collège Paul Eluard à Châtillon (92)

Le collège Paul Eluard est situé à l'adresse suivante : 39 Rue des Pierrettes, 92320 Châtillon.

Il a été rénové de 2014 à 2018 et accueille aujourd'hui 617 élèves.



Image 1 : Vue satellite du collège Paul Eluard - Google Maps 2019

1) Etude historique et documentaire du site

Utilisation de la base de données BASIAS (Base nationale des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) :

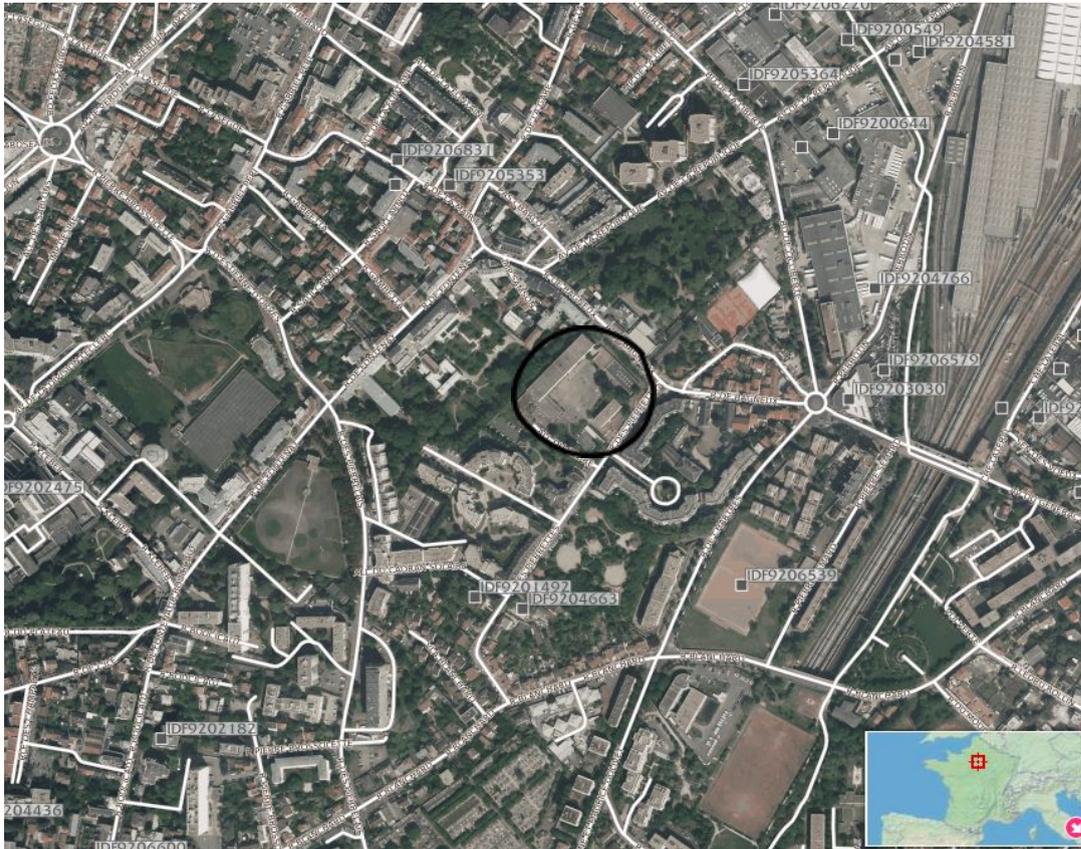


Image 2 : Anciens sites industriels aux abords du collège Paul Eluard (source: BASIAS)

Les points de type IDxxxxxx représentent les anciens sites industriels. La commune de Châtillon en compte au total plus de 80. Comme on peut le voir sur la carte, il n'y a pas d'anciens sites industriels directement sur la zone où a été construit le collège ni dans les proches alentours (pas à moins de 100m).

En utilisant l'outil « Remonter le temps » d'IGN on peut voir par photographie aérienne que le collège a été construit sur une ancienne zone végétalisée, possiblement cultivée :



Image 3 : Vues aériennes du collège Paul Eluard en 1949 et aujourd'hui

Nous ne connaissons pas les pratiques de gestion qui ont été appliquées (travail du sol, utilisation de produits phytosanitaires, amendements divers, etc.) et ne pouvons donc pas nous exprimer sur ce que ce précédent usage implique concernant la qualité actuel du sol en place.

En cherchant des éléments d'histoire de la ville de Châtillon, nous apprenons que la ville s'est ouverte à l'artisanat au XVIIIème siècle avec l'implantation d'activités de faïencerie et de fonderie. Par ailleurs, du XIXème siècle jusqu'à la fin du XXème siècle, Châtillon a été le lieu d'une importante activité d'extraction de calcaire et de gypse. Aujourd'hui, une grande partie du sous sol se retrouve miné par les carrières. C'est suite à la Première guerre mondiale que le territoire s'est urbanisé et a morcelé les parcelles agricoles et les carrières. Pour finir, on notera que Châtillon a été le lieu d'une importante activité aérospatiale puisqu'elle a accueillie une usine MBDA de 1925 à 2007.¹⁷

La base de données BASOL sur les sites et sols pollués ne répertorie aucun site pollué à moins de 100m du collège, ni même sur l'ensemble de la commune de Châtillon.

Nous avons également interrogé la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) qui ne signale aucun accident survenu à Châtillon.

En revanche, nous avons trouvé parmi les SIS (Secteurs d'Informations sur les Sols), deux sites où la pollution est avérée à Châtillon.

- Le premier (Crystal), situé 28 rue Kléber, à 526m à vol d'oiseau du collège est présenté comme suit : « Le site a accueilli des activités de stockage d'hydrocarbures exploitées par la Compagnie Générale de Chauffage puis par la société Crystal. La société Crystal a été radiée le 21/02/2014. Les activités ont cessé le 30/06/2011. En juin 2012 un programme de reconnaissance de la qualité du sous sol a été réalisé mettant en évidence la présence d'hydrocarbures dans les sols. Des travaux de réhabilitation ont été réalisés pour l'aménageur COGEDIM PARIS METROPOLE en juin et juillet 2014 ainsi qu'en février 2015. Le site a été remis en état pour un usage logement. »
- Le second (Total), situé au 15/17 avenue de Verdun, soit à 541m à vol d'oiseau du collège, est décrit comme suit : « Le site a accueilli une station-service dont l'activité a

¹⁷ <https://ville-chatillon.fr/decouvrir-chatillon/histoire-de-la-ville>

cessé le 31/03/2009. Des diagnostics des sols ont été réalisés en 2009 et en 2011, mettant en évidence une pollution en hydrocarbures totaux, en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Des travaux de dépollution du site par excavation des terres contaminées ont ensuite été menés. L'analyse des risques résiduels réalisée après travaux a démontré la compatibilité du site avec un usage de type industriel. »

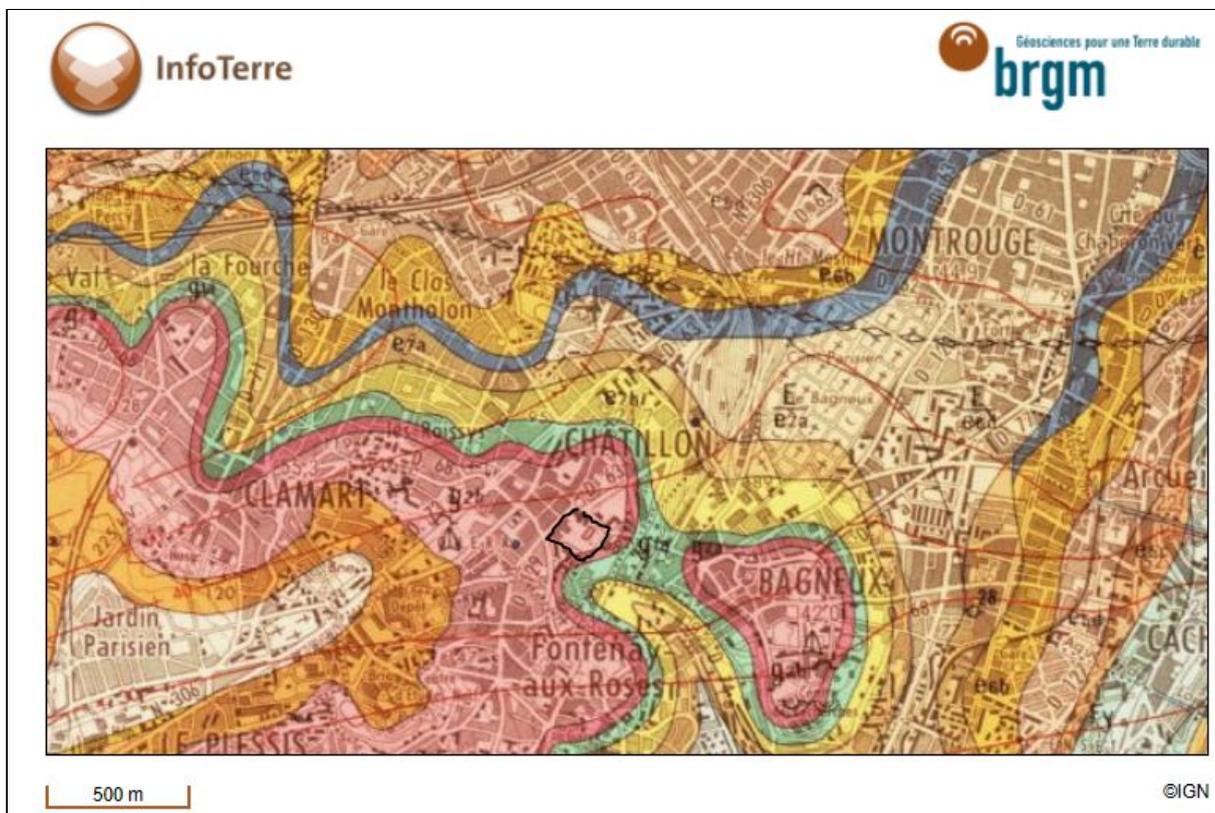
L'ensemble de ces données laisse penser que nous sommes face à un faible risque de pollution des sols du collège. Toutefois, il est possible qu'il y ait eu un transfert de pollution des sites Crystal et Total par les eaux souterraines. Par ailleurs, nous ne savons pas ce qu'il en est de l'origine du sol des espaces verts du collège qui a possiblement été apporté d'une source extérieure au moment de la rénovation de l'établissement.

Pour finir, nous ne savons pas s'il y a une pollution due à l'ancien usage agricole de la parcelle où se trouve aujourd'hui le collège.

2) Etude de vulnérabilité des milieux

Utilisation du portail Infoterre:

Le collège est situé sur la strate du Stampien moyen (dénomination obsolète) qui est composé de sables de Fontainebleau, sables gréseux.



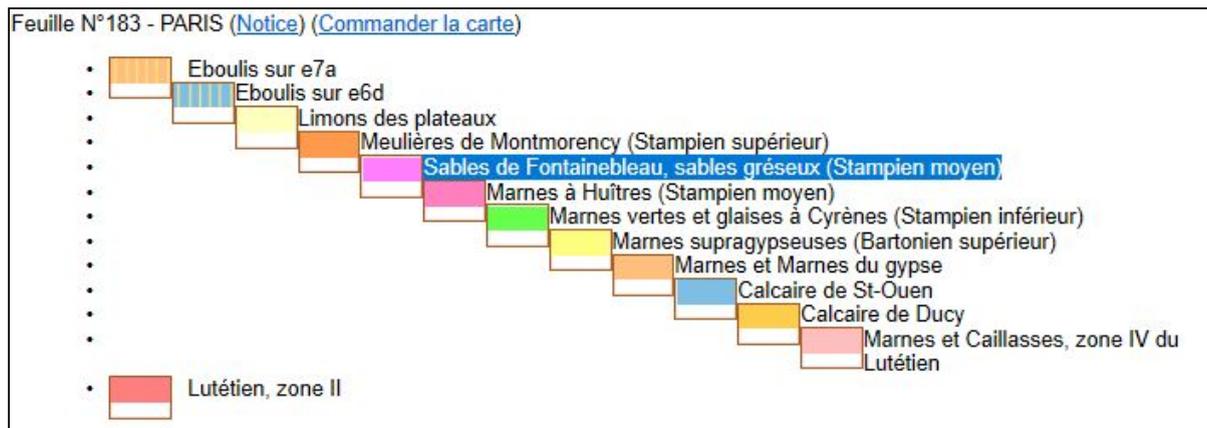


Image 4: Carte géologique des Hauts-de-Seine (source : portail Infoterre)

Aucun mouvement de terrain (glissement, éboulement, coulée, effondrement, érosion des berges) n'est signalé dans un périmètre de 500m de rayon.

Malgré les activités historiques d'extraction de calcaire et de gypse, il n'y a aucune cavité souterraine recensées par Infoterre dans le secteur.

Le collège se trouve en partie sur une zone d'aléa retrait-gonflement fort. Le retrait-gonflement des argiles est le phénomène de mouvements alternatifs du sol dus au changement de volume des argiles lors de sécheresses et réhydratations. Il peut avoir pour conséquence la destruction de structures trop peu élastiques.

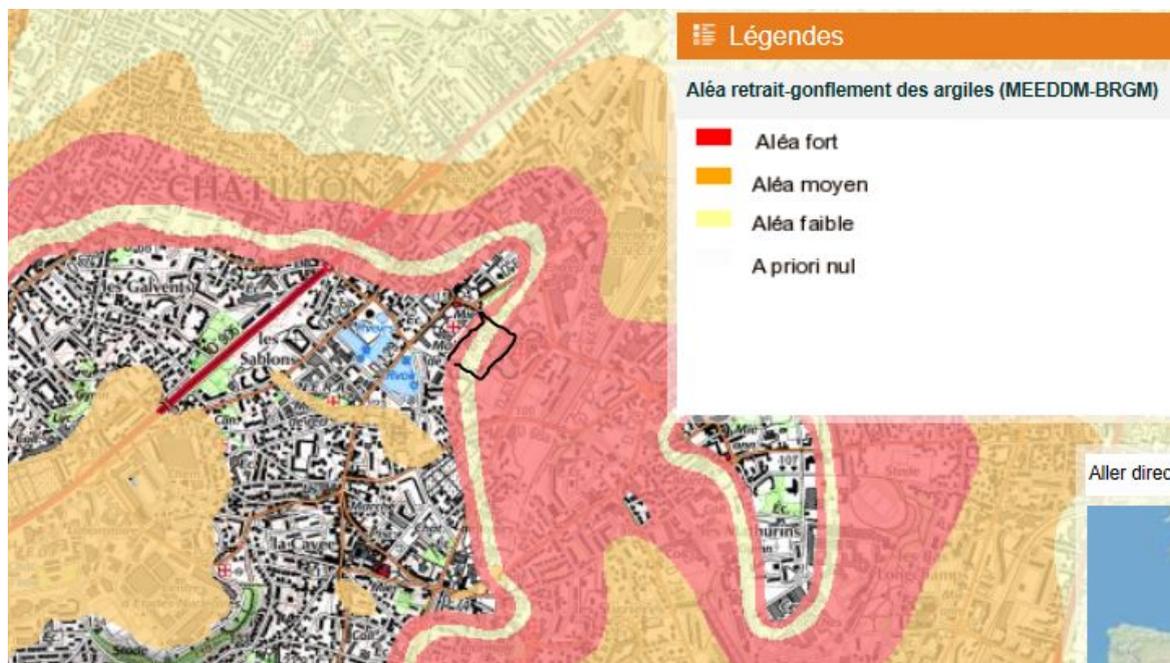


Image 5 : Carte des aléas retrait-gonflement des argiles

Utilisation des données géorisque

Châtillon n'est pas impactée par des risques d'inondation (dernière crue recensée en 1983).

En revanche, géorisque recense six types de risques sur la commune:

- mouvement de terrain
- mouvement de terrain: affaissement et effondrements liées au cavités souterraines (hors mines)
- mouvement de terrain: tassements différentiels
- phénomène météorologique: tempête de grain (vent)
- séisme/ Zone de sismicité:1
- transport de marchandises dangereuses

Les derniers arrêtés portant reconnaissance de catastrophes naturelles datent de 2005 et concerne des mouvement de terrain dus au phénomène de retrait-gonflement.

Données d’Airparif sur la pollution de l’air:

Les station d’Airparif les plus proches du collège sont celle de Paris Stade Lenglen (15eme arrondissement) et Paris 13. Nous avons récupéré les informations suivantes pour ces deux stations et les avons analysé en prenant pour repère la légende des seuils de pollution fournies par Airparif.

Légende :	
Pollution	indice
Très Élevée >100	
Élevée [75-100]	
Moyenne [50-75]	
Faible [25-50]	
Très Faible [0-25]	
Indice non calculé	

Nombre de relevés, à Paris stade Lenglen du 12/11/2018 au 31/10/2019, classés selon la légende d’Airparif :

	très faible	faible	moyen	élevé	très élevé
PM10 (µg/m3)	6724	1330	104	14	3
NO2 (µg/m3)	4840	2490	712	185	31

Nombre de relevés, à Paris 13 du 01/08/2019 au 31/10/2019, classés selon la légendes d'Airparif :

	très faible	faible	moyen	élevé	très élevé
NO2 (µg/m3)	1420	591	155	17	2
O3 (µg/m3)	477	847	631	149	84

On remarque donc que les taux de pollution sont rarement élevés et très élevés.

Les données météorologiques:

il semble complexe de tirer des conclusions des informations trouvées sur Windfinder et Météo France car les données sont instantanées et il est difficile d'obtenir des informations sur une longue période.

3) Visite de site et entretiens avec des acteurs ciblés

Usage actuel : Le site est actuellement occupé par le collège.

Occupation du sol : La majorité du sol est imperméable, soit couverte par les bâtiments soit par du goudron. Les espaces verts sont représentés sur la carte ci-dessous :



Carte 1 : vue aérienne du collège Paul Eluard et identification des espaces verts

Seule une zone est accessible pour les cultures en pleine terre, à savoir celle le long du bâtiment SEGPA, qui est indiquée par une flèche sur la carte.
Nous avons pu prendre quelques images de la zone, mais seulement depuis l'extérieur :



Image 4 : zone accessible pour des plantations au collège Paul Eluard



Image 5 : zone accessible pour des plantations au collège Paul Eluard (vue depuis la rue)

Il s'agit d'une zone de d'environ 329m², avec une forte pente, sur laquelle sont plantés pour l'instant : des cerisiers, des rosiers et de petits arbustes semblables à des arbusiers. La strate herbacée est discontinue, le sol est majoritairement couvert par des feuilles mortes.

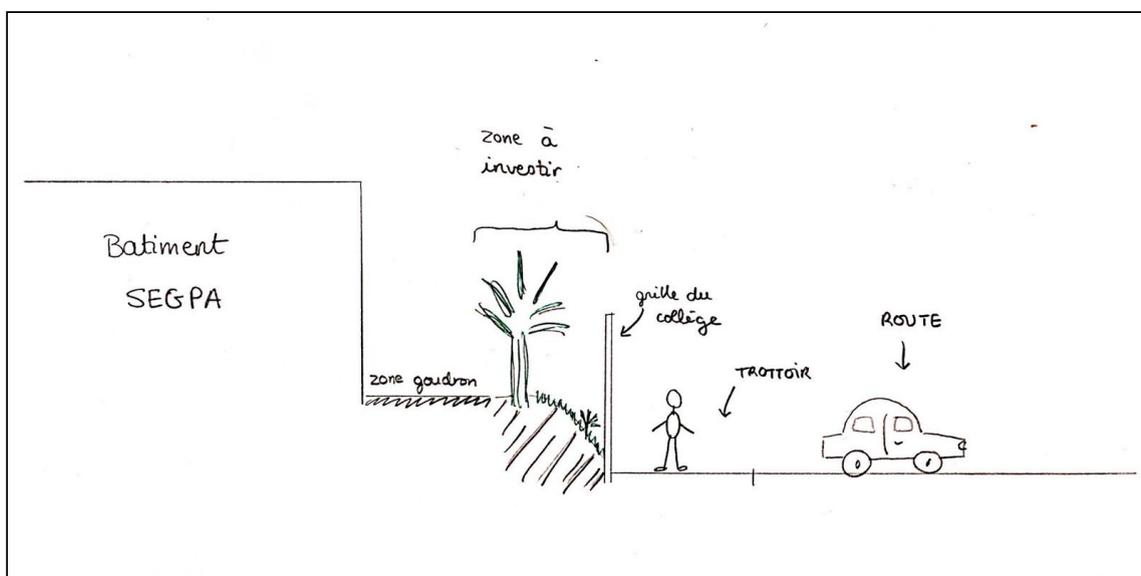


Schéma de la zone accessible pour des cultures en pleine terre

Etat de la surface du sol :



Image 6 : Surface du sol au niveau de la zone le long du bâtiment SEGPA

On observe sur l'image 6 que le sol en place est peu couvert. Il semblerait que de nombreux cailloux de tailles variées soient incorporés au sol, ce qui laisse penser qu'il s'agit d'un mélange de terre et de remblai.

Il nous a été dit que ce sol est plus ancien que celui des autres espaces verts du collège et qu'il n'y a pas eu de gestion récente de cette zone, ce qui justifie qu'elle soit allouée au projet.

4) Conclusions de l'étude historique des usages et de l'environnement du site

Nous recommandons de mesurer :

- **9 éléments traces métalliques (ETM)** : le chrome (Cr), le nickel (Ni), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), le plomb (Pb), le sélénium (Se)

- **16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**
- Les **hydrocarbures totaux (HCT)** – fraction C10-C40
- La texture du sol (argileuse, sablonneuse, limoneuse) au travers de l'analyse de la **granulométrie**
- Le **pH** du sol à l'eau
- La teneur en **matière organique** du sol
- La **capacité d'échanges cationiques (CEC)**, indiquant la capacité du sol à fixer des éléments nutritifs ou des polluants

Par ailleurs, comme nous avons des suspicions de remblai dans le sol, nous recommandons également de mesurer les **polychlorobiphényles (PCB)**.

Pour cela, nous proposons de diviser le site en 2 zones et de réaliser un échantillon composite par zone. Chaque échantillon composite sera réalisé avec 5 prélèvements répartis aléatoirement dans la zone.

Les mesures se feront sur deux profondeurs : 0-30 cm et 30-50 cm.

La division du site et les points de prélèvement peuvent se schématiser de la façon suivante :

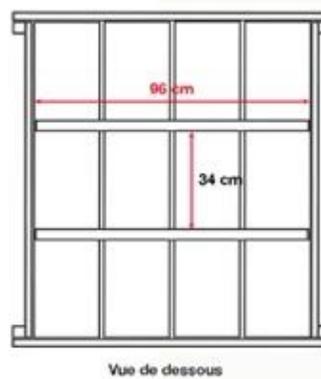
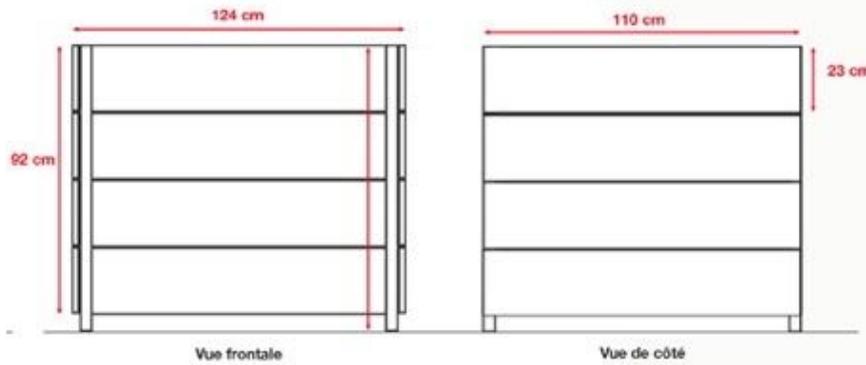


Image 7 : Schématisation de l'échantillonnage pour l'analyse de sol au collège Paul Eluard

On notera que les points de prélèvements ne doivent pas être à moins de 10 cm du bord. Par ailleurs, il est important de porter des gants lors des prélèvements et de nettoyer le matériel (tarière) en passant des prélèvements d'une zone à une autre.

Les échantillons devront ensuite être envoyés à un laboratoire spécialisé pour analyse.

Annexe 6: Dessins des bacs de plantation par Joël Auxenfans

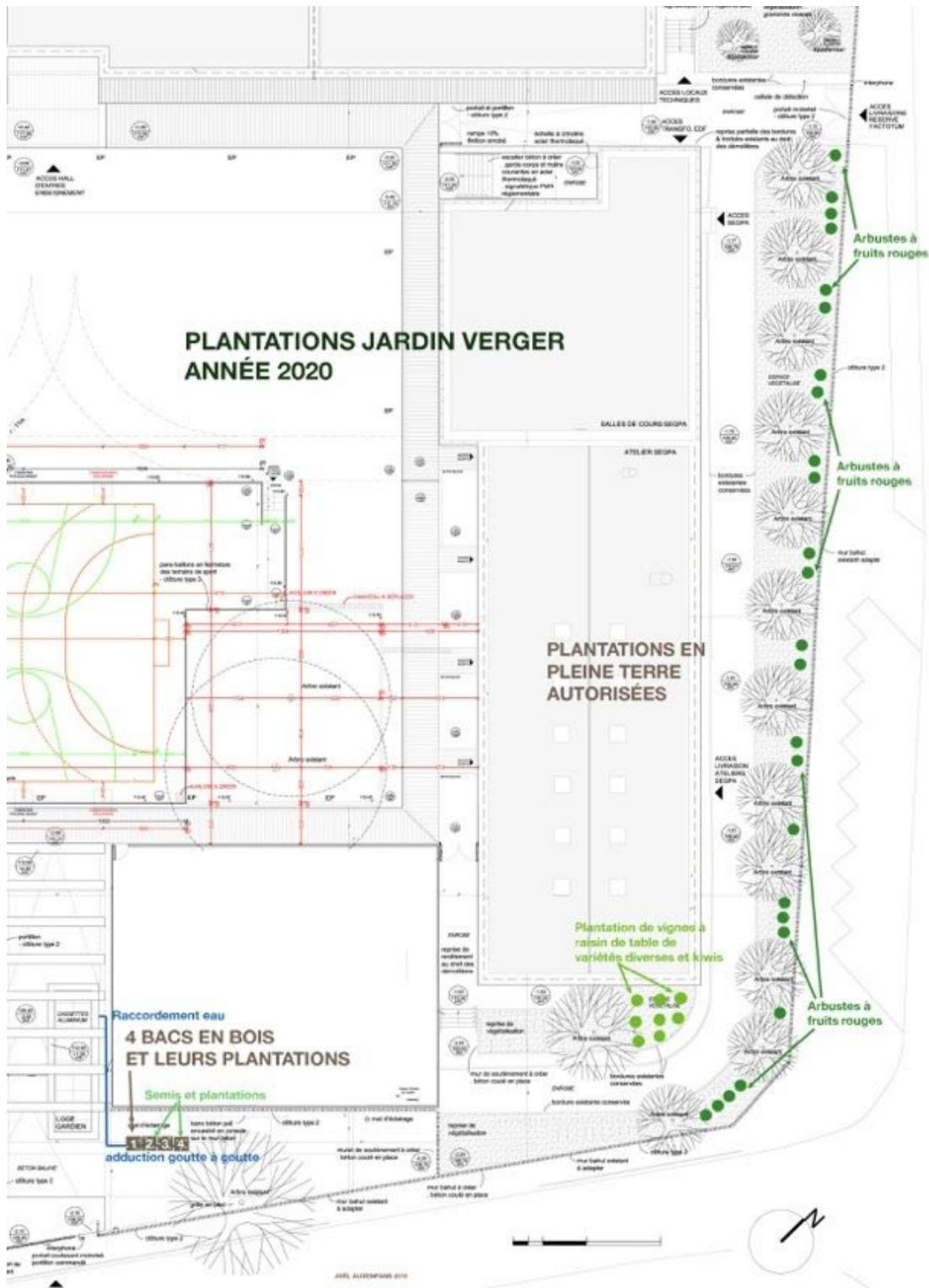


Bacs de plantation

Pour un bac :
20 planches de 23 cm x 110 x 3 cm
4 tasseaux de 4 x 4 x 110 cm
2 tasseaux de 4 x 4 x 96 cm

Joël Auxenfans 2014

Annexe 7: Prévision de plantation d'arbustes par Joël Auxenfans



Références

- Barbillon A., 2019, Guide R.E.F.U.G.E. Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires
- Bolund, P., Hunhammar, S., 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29, 293–301
- Charles Alexander McMurry, *The New Student's Reference Work*, 1914
- FAO, 2010, “A new deal for school gardens”
- Garin Marie, Production et Innovation dans les systèmes de Production végétaux, Mémoire, INRA UMR SADAPT et Potagers sur les Toits, décembre 2012, 61 pages
- Grard, Baptiste. Des Technosols construits à partir de produits résiduaux urbains : services écosystémiques fournis et évolution. *Ecologie, Environnement*. Université Paris-Saclay, 2017
- José M. Rios & Jessica Brewer (2014) *Outdoor Education and Science Achievement*, Applied Environmental Education & Communication
- Laboratoire sur l'agriculture urbaine (AU/LAB), 2019, “Cultive ta Ville” - “Qu'est-ce qu'un jardin pédagogique?”
- Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2016, Sécurité des collèges et des lycées - Le guide des chefs d'établissement
- Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, 2017, Fiche explicative sur l'opération «Potagers et jardins pédagogiques dans les écoles et collèges »
- Villarreal, E.L., Bengtsson, L., 2005. Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering* 25, 1–7