

Rapport final sur le projet de génie de conception

Présenté à :

Monsieur Maxime-Alexandre Ferko

Par :

Groupe A3

Abouelala, Ali 8880918
Benabdelali, Yassine 8904625
Boudreau, Josée 8628005
Bougader, Mohamed 8801362
L'Heureux, Geneviève 8550132

Université d'Ottawa

Le 6 avril 2017

Table des matières

1. Liste des tableaux et des figures.....	3
2. Introduction.....	4
3. Empathiser (Rencontre avec le client).....	4
4. Définir.....	4
4.1 Énoncé du problème.....	4
4.2 Besoins du client.....	5
4.3 Exigences fonctionnelles.....	6
4.4 Exigences non-fonctionnelles.....	6
4.5 Contraintes.....	6
4.6 Étalonnage.....	7
5. Concevoir.....	8
5.1 Choix de l'emplacement.....	9
5.2 Les trois systèmes fonctionnels candidats.....	11
5.3 Matrice des trois systèmes.....	13
5.4 Idée additionnelle.....	14
5.5 Liste des tâches.....	15
5.6 Calendrier et coûts du projet.....	16
6. Prototypage.....	20
6.1 Prototype 1.....	20
6.1.1 Choix de l'emplacement.....	21

6.1.2 Rétroaction du	
client.....	21
6.2 Prototype	
2.....	22
6.2.1. Résultats possibles lors du	
prototypage.....	22
6.2.2.	
Construction.....	22
6.2.3.	
Rétroaction.....	24
6.2.4.	
Difficultés.....	24
6.3 Prototype	
3.....	25
6.3.1. Résultats possibles lors du	
prototypage.....	25
6.3.2. Description du	
prototype.....	26
6.3.3.	
Productivité.....	28
6.3.4.	
Rentabilité.....	28
6.3.5. Rétroaction du	
client.....	29
7. Essais.....	29
8. Conclusion.....	31
9. Bibliographie	
.....	32

Liste des tableaux et des figures

Tableaux :

Tableau 1 (Besoins du client).....	5
Tableau 2 (Exigences fonctionnelles).....	6
Tableau 3 (Exigences non-fonctionnelles).....	6
Tableau 4 (Contraintes de notre système).....	6
Tableau 5 (Etalonnage).....	7
Tableau 6 (Matrice des emplacements possibles).....	10
Tableau 7 (Matrice des trois systèmes).....	13
Tableau 8 (Tableaux des prix estimés).....	19
Tableau 9 (Critères de réussite et de faillite).....	25
Tableau 10 (Première phase d'essais).....	29
Tableau 11 (Deuxième phase d'essais).....	30

Figures :

Figure 1 (Carte d'emplacements potentiels).....	9
Figure 2 (Système fonctionnel type 1).....	11
Figure 3 (Vue de côté).....	11
Figure 4 (Système fonctionnel type 2).....	12
Figure 5 (Système fonctionnel type 3).....	12
Figure 6 (Application mobile).....	14
Figure 7 (Diagramme de Gantt).....	18
Figure 8 (Prototype 1).....	20
Figure 9 (Emplacement de l'installation du système).....	21
Figure 10 (Modèle Solidworks).....	22
Figure 11 (Résultats de construction).....	24
Figure 12 (Attachement du bac à la barre).....	26
Figure 13 (Remplissage du réservoir et son placement).....	27

2. Introduction:

Pour faire suite à la demande du service alimentaire de l'Université d'Ottawa le 24 janvier 2017, nous avons étudié les demandes de notre client à propos du système hydroponique demandé et avons pensé à plusieurs solutions. Le présent rapport sera transmis à Monsieur Maxime-Alexandre Ferko le 11 avril 2017.

3. Empathiser (Rencontre avec le client):

Durant notre première rencontre avec le client (Service alimentaire de l'université d'Ottawa), nous sommes arrivés à la conclusion que notre client espère pouvoir diminuer ses charges et contribuer à la protection de l'environnement en cultivant des fruits et des légumes sur le campus par l'intermédiaire d'un système d'hydroponie. Les statistiques présentées par le service alimentaire indiquent que le nombre des étudiants a augmenté durant les dernières années (de 36 000 en 2006 à 43 000 en 2017). Avec la croissance de la population vient la croissance de ses besoins -logiquement-. Cependant le problème ne s'arrête pas là : le coût de l'achat des fruits et des légumes ne cesse d'augmenter (1 800 000 \$ pendant l'année scolaire 2015-2016) et les émissions de gaz à effet de serre dû au transport avec. Ajoutons à ceci les défis du jardinage conventionnel, notamment l'impossibilité d'obtenir un accord sur l'emplacement, le travail intensif et l'opposition du calendrier agricole à l'année scolaire.

4. Définir:

Suite à cette rencontre nous avons pu établir un énoncé de problème qui est le suivant :

4.1. Énoncé de problème :

Le service alimentaire a besoin d'un système d'hydroponie rentable, convivial, protégé et compatible avec les infrastructures existantes lui permettant de maintenir une production de **haute qualité** à une **quantité suffisante** durant toute l'année scolaire. Il est important que le système ait un budget raisonnable pour le service et un minimum de main d'oeuvre, voire un système facile à entretenir, qui ne nécessite pas de connaissances spéciales de la part de son utilisateur (à déterminer par le service alimentaire).

Il faudra également prendre en considération l'emplacement de ce système, les endroits les plus favorables sont les plus proches de la production du manger, alors à une distance minimale de SITE ou de UCU. Ceci dit, cette installation devra obligatoirement être attrayante et captivante aux yeux de toute personne qui puisse la voir. Autrement dit, l'Université vise à exposer au public les créations et les innovations de ses étudiants.

Les besoins que nous avons pu regrouper sont assemblés dans le tableau ci-dessous. Leur importance est marquée par les numéros (1 du plus important à 7 le moins important) selon notre jugement.

4.2 Besoins du client :

Tableau 1. Besoins du client :

No.	Besoin	Critères de conception	Vérification
1	Le système fournit des produits de très bonne qualité	La pureté de l'eau. L'ajout de nutriments pour les plantes (dépendra de la plante) Le contrôle du pH (aux alentours de 7)	Mesure et contrôle
2	Le système est rentable	Production suffisante de fruits et de légumes (Kg)	Mesure
3	Le système est compatible avec les infrastructures existantes	Installation facile et proximité de l'eau et de l'électricité	Étude des plans des bâtiments
4	Le système a un budget raisonnable	Budget limite à être déterminé par le service alimentaire	Estimation du coût du projet
5	Convivialité du système	Attirance du côté esthétique	Avis
6	Le système requiert un minimum de main d'oeuvre	Max. 1 personne pour vérifier et contrôler le fonctionnement du système. Pas plus de 10 heures par semaine	Test
7	Emplacement convenable	Proximité des endroits où on produit à manger (SITE et UCU)	Étude du campus et des endroits les plus attirants

Dans la prochaine étape, nous nous focaliserons sur le regroupement de ces derniers et sur l'établissement de critères de conception qui incluront les exigences fonctionnelles, non fonctionnelles et les contraintes pour éventuellement créer notre conception et notre prototype.

4.3 Exigences fonctionnelles :

Tableau 2. Exigences fonctionnelles :

	Critères de conceptions	Relation (=, < ou >)	Valeur	Unité	Méthode de vérification
1	La pureté de l'eau. L'ajout de nutriment pour les plantes. Le contrôle du pH (≈7) et du ppm.	=	pH ≈7 ppm ≈8	pH ppm	Essai
2	Production suffisante de fruit et de légumes	>	À être déterminé	Kg	Essai
3	Max. une personne pour vérifier et contrôler le fonctionnement du système. Pas plus que 10 heures par semaine pour l'entretien.	<	10	Heure s	Essai

4.4 Exigences non-fonctionnelles :

Tableau 3. Exigences non-fonctionnelles :

	Critères de conception	Relation (= < ou >)	Valeur	Unités	Méthode de vérification
1	Budget raisonnable	<	À déterminer par le service	\$	Estimation du coût du projet
2	Protection	=	Oui	S.O.	Essai
3	Convivialité	=	Oui	S.O.	Avis
4	Durabilité	>	7	Années	Essai

4.5 Contraintes:

Tableau 4. Contraintes :

	Critères de conception	Relation (=, < ou >)	Valeur	Unités	Méthode de vérification
1	Emplacement convenable	=	oui	S.O.	Avis du client
2	Adaptation aux bâtisses existantes	=	oui	S.O.	Analyse et étude des infrastructures
3	Dimensions du système	=	À définir selon l'emplacement choisi	L × l × h (cm)	Analyse

Ensuite, nous établirons un étalonnage portant sur divers systèmes hydroponiques, les comparant du point de vue monétaire, de leurs efficacités et sur ce qui serait le plus utile pour répondre à nos besoins. Nous allons également expliquer le raisonnement derrière notre choix d'aliments que nous avons décidé faire pousser.

4.6 Étalonnage:

Tableau 5. Étalonnage :

	Avantages	Désavantages	Constituant	Produits suggérés
Système à goutte (Drip Systems)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrôlable en ce qui concerne l'alimentation et de l'arrosage 2. Moins susceptibles de casser 3. Coût d'achats assez réduit 4. Facile à nettoyer entre 2 cycles 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Beaucoup de perte 2. Nécessite souvent une grande quantité de substrat 3. Laborieux à vidanger vu la contenance 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pompe à eau 2. Réservoir 3. Système de gouttes à gouttes 4. 2 bacs (le premier contient la solution et le second contient le substrat (bille d'argile, coco...) et les plantes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basilic 2. Origan 3. Tomates
Culture en eau profonde (Deep Water Culture(DWC))	<ol style="list-style-type: none"> 1. Très bon marché et facile à faire 2. Nécessite un faible entretien 3. Très bonne circulation d'eau 4. Moins de pertes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ne fonctionne pas bien pour les grandes plantes et celles ayant une longue période de croissance. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réservoir 2. Pompe à eau 3. Ventilateur 4. Tubes 5. Growing media 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basilic 2. Épinards 3. Laitue 4. Fines herbes 5. Ciboulette
Technique de culture sur film nutritif (Nutrient Film Technique (NFT))	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ce système apporte une bonne oxygénation. 2. Il permet un arrosage homogène. 3. Il est économique, car il n'utilise qu'un fin film d'eau. 4. Il permet d'obtenir un rendement élevé 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les plantes en fin de cycle peuvent recevoir une alimentation appauvrie en oxygène et en éléments nutritifs. 2. Ce système n'est pas très écologique 3. Le circuit fermé agrandit les risques de propagations des maladies 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réservoir 2. Pompe à eau et à air 3. Ventilateur et tubes pour la ventilation 4. Tuyau 5. Des pots en plastique troués 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fraise 2. Sauge 3. Myrtilles

Table à marée (Ebb and Flow (Flood and Drain))	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recyclage de la solution nutritive 2. Facilité d'emploi 3. Encombrement réduit en hauteur 4. Facile à nettoyer entre 2 cycles 5. Coût d'achats réduit 6. Utilisation efficace de l'eau et de l'énergie 7. Hautement contrôlable selon des besoins spécifiques 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilise beaucoup de milieux de culture 2. Les racines peuvent se dessécher rapidement si les conditions environnementales sont éteintes, 3. Le circuit fermé agrandi les risques, de propagations des maladies 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réservoir 2. Pompe à eau 3. Nutriments 4. Tube en plastique 5. Minuteur numérique 6. Growing media 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastèques 2. Cantaloup 3. Origan 4. Ciboulette 5. Radis
---	--	---	--	--

5. Concevoir

La prochaine étape consiste à choisir un emplacement puis à faire la création des idées potentielles pour un système et de faire des conceptions pour chacun de ceux-ci. Ces derniers seront esquissés puis décrits de façon à ce que le lecteur comprenne comment ils marchent. Il était très important pour nous de tenir en compte les critères de conception que nous avons établis précédemment ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque sous-système. Ensuite, nous sommes passés à la création d'une matrice contenant tous nos concepts et nos esquisses qui nous permettra de choisir les meilleurs concepts, ceci sera suivi d'une explication et d'une analyse bien entendu.

5.1 Choix de l'emplacement :

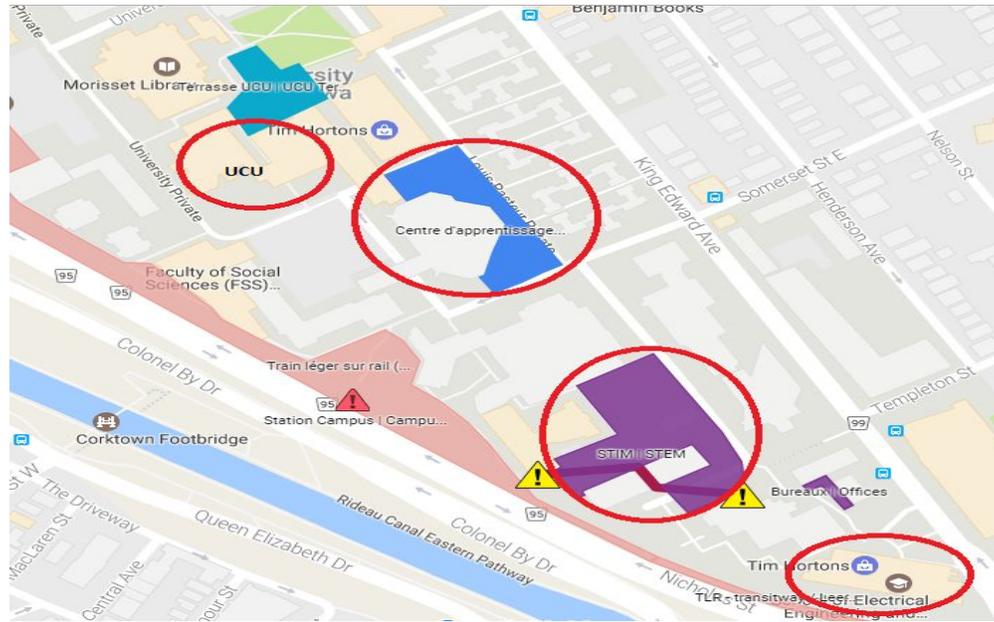


Figure 1. Carte d'emplacements potentiels

Tableau 6. Matrice des emplacements possibles:

	<u>SITE</u>	<u>STEM</u>	<u>Centre d'apprentissage</u>	<u>UCU</u>
<u>Proximité de la production de la nourriture</u>	9	7	6	9
<u>Convivialité</u>	8	8	7	6
<u>Ressources (électricité, eau)</u>	8	8	8	5
<u>Adaptation</u>	7	8	8	4
<u>Affluence</u>	8	8	7	7
<u>Accessibilité</u>	7	7	9	7
<u>Total</u>	47/60	46/60	46/60	38/60

5.2. Les trois systèmes fonctionnels candidats:

Système fonctionnel type 1 :

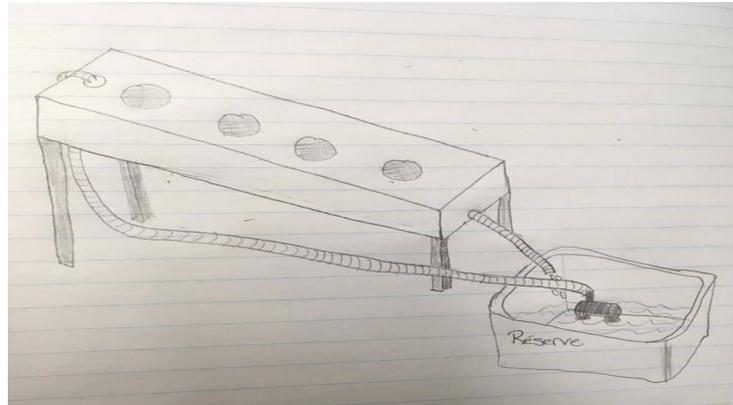


Figure 2. Système fonctionnel type 1

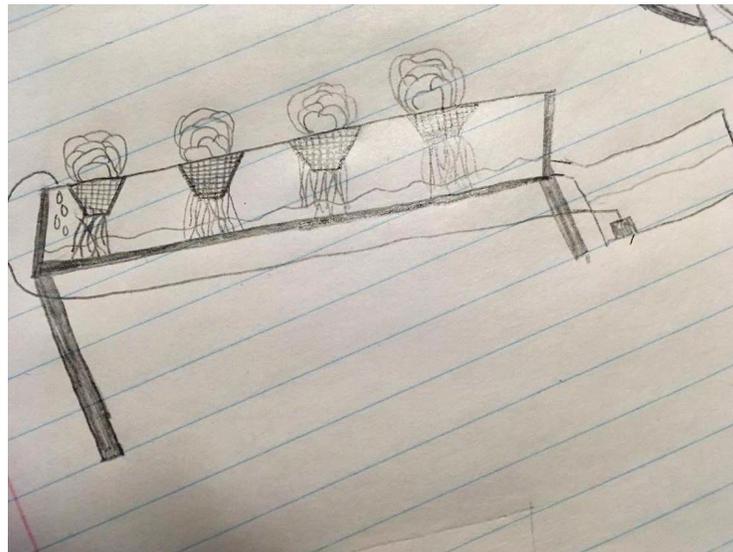


Figure 3. Vue de côté

Ce système est un bac rectangulaire avec un côté plus élevé que l'autre. L'eau entre le système et descend graduellement vers le bas ce qui permet aux racines de la plante de toujours être en contact avec l'eau et les nutriments. Une fois que l'eau atteint le fond du bac, elle est pour entreposer dans le réservoir. La pompe d'aquarium filtre l'eau et le remonte vers le haut dans des tubes de plastique pour ensuite commencer le cycle de nouveau. Avec ce système, le client est capable de faire grandir n'importe quelle plante qu'il veut avec peu de temps dépenser sur l'entretien. De plus ce n'est pas très coûteux à construire puisque le matériel utilisé n'est pas très cher.

Système fonctionnel type 2:

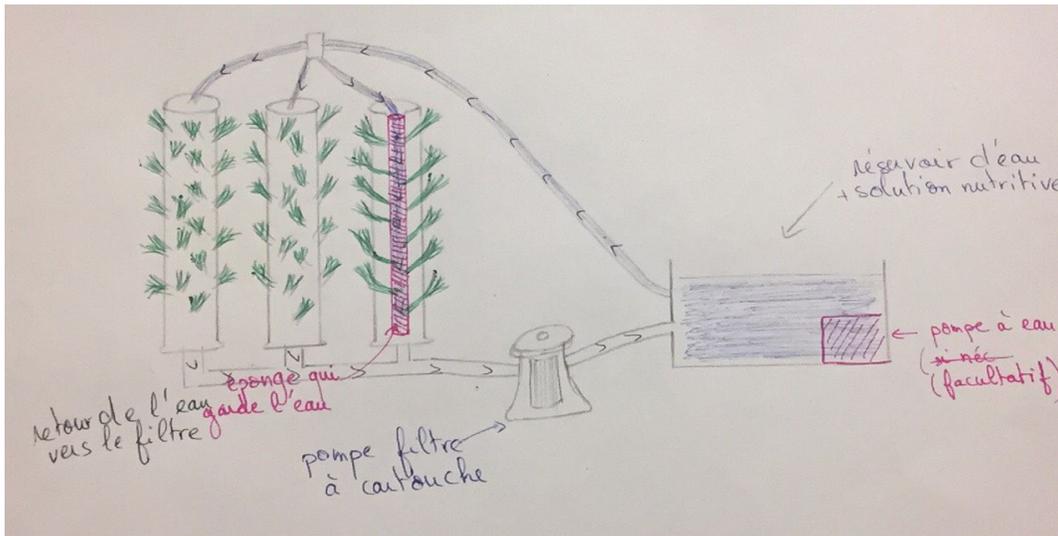


Figure 4. Système fonctionnel type 2

Ce système est sous forme de bacs verticaux, qui contiennent des trous avec les plantes, ce qui nous permet de gagner en espace et de multiplier nos plantations. Un réservoir d'eau permet d'alimenter les colonnes verticales en eau à l'aide d'une pompe à filtre. Les plantes sont donc constamment en contact avec l'eau qui circule au sein du système. L'eau en excès redescend en bas de la colonne pour se retrouver dans un petit tuyaux qui relie toutes les colonnes et qui dirige l'eau vers la pompe à filtre pour que l'eau soit filtrée, et redistribuée au réservoir.

Système fonctionnel type 3

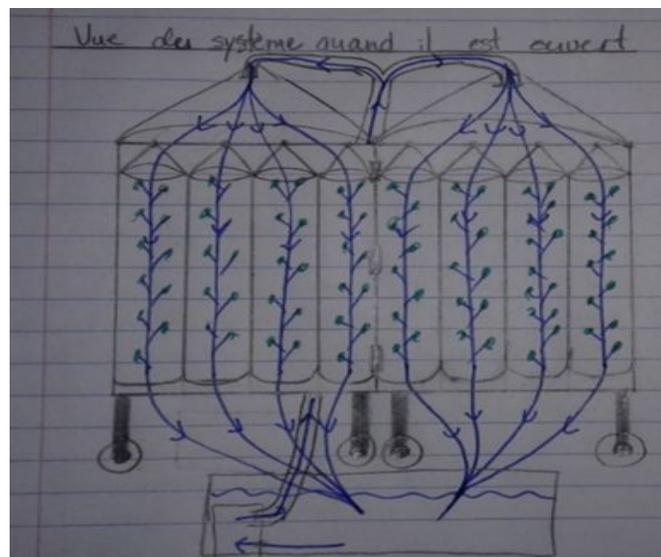


Figure 5. Système fonctionnel type 3

Ce système fonctionnel comprend trois sous-systèmes intégrés ensemble. Le premier est le méthode d'irrigation faite par la gravité. Dans notre cas, la gravité fait circuler l'eau de haut en bas dans chaque bac pour rejoindre les plants. Une pompe à eau ramène l'eau collectée du gros bac, qui se retrouve sous les bacs individuels, à nouveau en haut du système. Notre deuxième sous-système comprend des bacs verticaux. Comme vous pouvez voir, nos bacs sont positionnés verticalement en rond pour créer un gros cylindre. Ce cylindre s'ouvre en deux grâce au fait qu'il se retrouve sur un système avec roues et est attaché ensemble par des charnières. Ceci nous donne accès à l'intérieur du cylindre où se trouve notre grand bac d'eau ainsi que notre pompe et filtre à eau pour y faire de l'entretien. De plus, lors de la récolte nous avons accès à l'intérieur ce qui augmente notre surface de travail et permet de faire pousser encore plus de plants. Notre troisième sous-système est un filtre à aquarium insérer dans le grand bac au milieu du système pour filtrer l'eau et la rendre propre. Une fois filtré, un tuyau qui se retrouve au milieu de notre grand cylindre permet d'amener l'eau au haut de notre système pour être redistribué.

5.3. Matrice des trois systèmes:

Légende pour l'analyse des trois système.

Faible	1
Moyen	2
Fort	3

Tableau 7. Matrice des trois systèmes:

	<u>Systeme 1</u>	<u>Systeme 2</u>	<u>Systeme 3</u>
<u>Bacs de culture</u>	1	3	3
<u>Systeme d'irrigation</u>	3	2	2
<u>Systeme de filtration</u>	3	3	2
<u>Totale</u>	7/9	8/9	7/9

Nous estimons que le meilleur système entre les 3 que nous avons généré est le système 2. Ce système répond fidèlement aux critères de conception que nous avons établies dans le dernier livrable. Au niveau de la pureté de l'eau, ce système fournit de l'eau pure grâce à son filtre "pompe filtre à cartouche". En ce qui concerne le critère de la productivité, nous croyons que ce système peut fournir assez de fruits et de légumes tel que demandé par notre client et ce, grâce à la disposition de ses bacs

de culture à eau profonde sous forme cylindrique verticale. Quant à l'entretien et la vérification, nous espérons inclure une application mobile qui nous aidera à surveiller les conditions de la croissance des plantes. Sinon nous allons nous contenter de faire la vérification de façon manuelle. Ce système prend en compte également le facteur budgétaire, il est d'un prix raisonnable et abordable. Pour la protection, nous pouvons couvrir le système. En matière de convivialité, nous pouvons toujours travailler sur un design attirant rassemblant en même temps la fonctionnalité et l'apparence. Pour la durabilité, la durée de vie de ce système est estimée à 5 ans au cas d'un bon entretien et d'un usage correct, nous allons le modifier à chaque fois qu'on aura la chance. Pour ce qui est lié à l'emplacement, ce système est relativement facile à installer. L'adaptation aux sources d'eau et d'électricité reste toujours une question sans réponse car nous ne savons pas l'emplacement des câbles et des sources d'eau dans les bâtiments candidats que nous avons choisis. Finalement, nous trouvons que les dimensions de ce système sont raisonnables par rapport à sa productivité (nombre de fruits et de légumes plantés).

5.4. Idée additionnelle (sera implémentée si le temps et le budget le permettent):



Figure 6. Application mobile

Le principe de cette application est d'avoir des capteurs de CO₂, de température, de pH et d'humidité dans notre système hydroponique. Ces derniers enverront les données au téléphone mobile de l'utilisateur ou l'employé chargé de surveiller le système hydroponique. La méthode de transmission de l'information n'a toujours pas été définie. (Bluetooth ou autre).

Cette idée diminuera le temps consacré pour l'entretien et la vérification car l'employé n'aura pas à vérifier manuellement chaque fois les conditions dans lesquelles les plantes croissent. L'intervention ne sera que dans le moment où l'application signalera une erreur ou bien une statistique hors de l'intervalle normal.

Il nous est primordial de nous organiser afin que nous puissions faire du bon travail. D'abord nous commencerons par définir les tâches que nous devrions faire ainsi que par déterminer le responsable pour chaque tâche. Ces tâches devront être réparties équitablement entre les membres et surtout couvrir tout le système et prendre en compte les exigences de notre client dans leur réalisation. Ensuite, il nous faudrait créer un diagramme de Gantt pour pouvoir représenter ces tâches, leur durée estimée, les événements clés ainsi que les dépendances du projet. Finalement, nous passerons à l'estimation des coûts pour les matériaux et les composantes dont nous aurons besoin.

5.5. Liste de tâches à compléter:

Pour le premier prototype:

- Trouver le matériel pour le prototype (matériel autour de la maison)
- Construction du prototype
- Réunion avec le client pour leur présenter notre premier prototype

Pour le deuxième prototype:

- Déterminer le sous-système le plus important basé sur la rétroaction du client
- Acheter le matériel pour le sous-système le plus important
- Fabriquer le sous-système le plus important
- Réunion avec le client pour leur présenter notre sous-système et son fonctionnement

Pour le troisième prototype:

- Acheter tous le matériel manquant pour construire notre système au complet
- Modifier le sous-système basé sur la rétroaction du client
- Construire le système hydroponique au complet

5.6. Calendrier et coûts du projet :
FÉV.2017

Sun	mon	tue	wed	thu	fri	sat
			01	02	03	04
05	06	07	08	09	10	11
12	13	14	15	16	17	18
						Échéance de groupe pour les parties individuel du livrable E.
19	20	21	22	23	24	25
Livrable E (horaire et coût du projet) est due (23h59)	Tout le matériel pour le premier prototype est recueilli.	le	Construction du premier prototype.			
26	27	28				
	Réunion avec le client. Déterminer le sous-système qui est important.					

MAR.2017

Sun	mon	tue	wed	thu	fri	sat
			01	02	03	04
			Fabriquer le sous-système le plus important.			Échéance de groupe pour les parties individuel du livrable F.
05	06	07	08	09	10	11
Livrable F (prototype 1 et rétroaction du client) est due.			Fabriquer le sous-système le plus important.		Réunion avec le client.	Échéance de groupe pour les parties individuel du livrable G.
12	13	14	15	16	17	18
Livrable G (prototype 2 et rétroaction du client) est due.			Fabriquer le système au complet.			
19	20	21	22	23	24	25
			Finir de fabriquer le système au complet.			Échéance de groupe pour les parties individuel du livrable H.
26	27	28	29	30	31	
Livrable H (prototype 3 et rétroaction du client) est due.	Présentation finale	Présentation finale	Présentation finale	Présentation finale	Présentation finale	

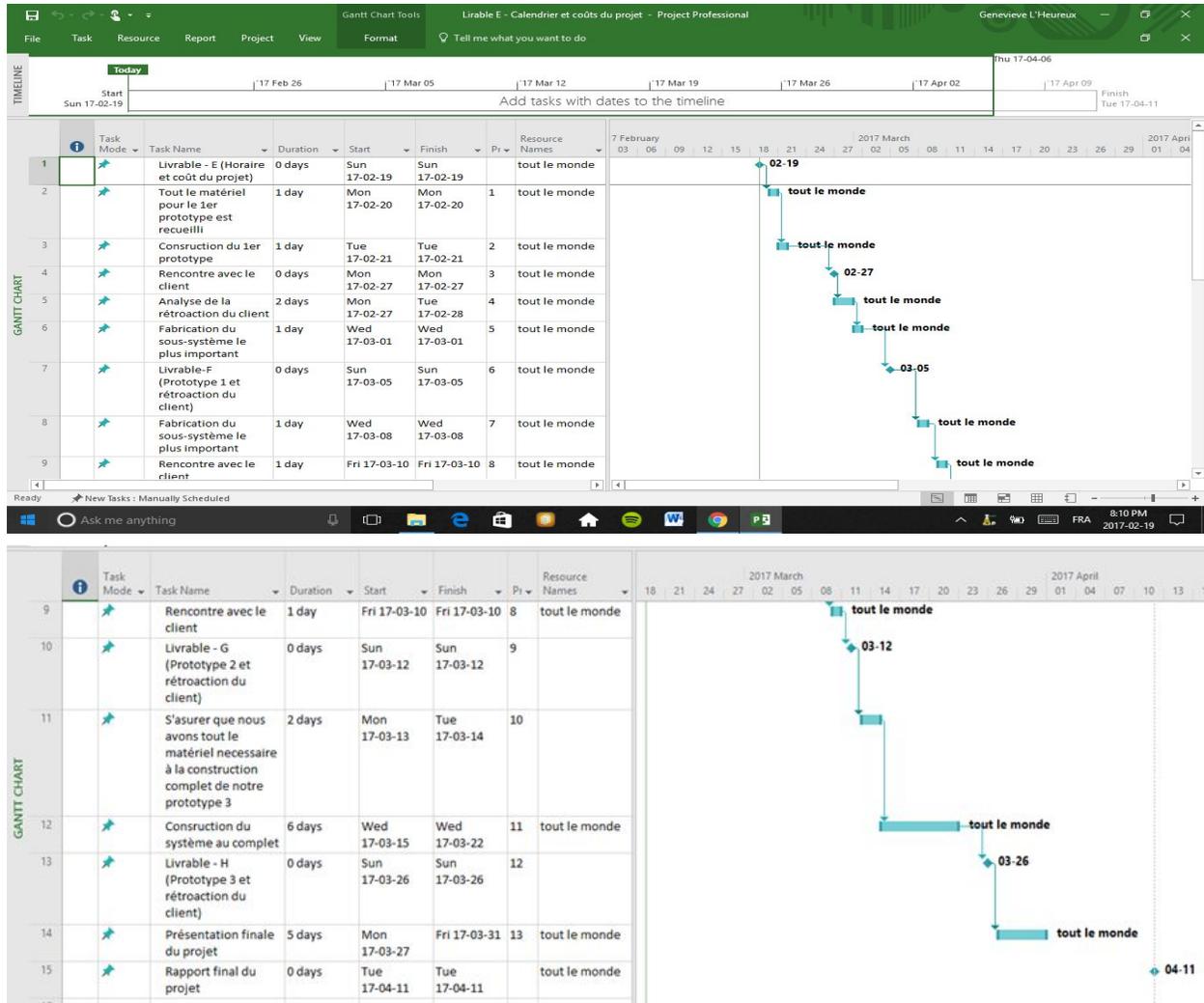


Figure 7. Diagramme de Gantt

Voici notre diagramme Gantt qui représente nos tâches de chaque membre du groupe va devoir accomplir qui nous servira de plan stratégique et nous aidera à mieux suivre l'avancement de notre projet.

Estimation des coûts :

Tableau 8. Tableaux des prix estimés:

	Prototype 1	Prototype 2	Prototype 3
Bacs verticaux	NA	-	16.29 \$
Filtre	NA	-	18.83 \$
Pompe	NA	-	23 \$
Éponges	NA	-	7 \$
Tuyaux	NA	-	16.99\$
Réservoir d'eau	NA	-	10 \$
Adaptateur de plomberie	NA	-	2.49\$ chaque (forme de T) 1.29\$ chaque (joint entre deux tuyaux) 1.89\$ chaque (adaptateur à d'autre sorte de connexion) 7.29\$/ boîte de 25 (crimp pour attacher tous les adaptateurs)
Attache de serrage	NA	-	3.51 \$
Air stones	NA	-	4 \$
Total	NA	-	112.58 \$

Ce tableau représente une estimation des coûts pour toutes les composantes et matériaux dont a besoin pour les différents livrables de prototypes. Pour le premier prototype, nous n'allons rien acheter, nous allons essayer d'utiliser des matériaux que l'on pourrait trouver n'importe où, les coûts à ce dernier seront donc de 0\$. En ce qui concerne le deuxième prototype, nous allons remplir seulement les cases une fois que nous avons choisi notre sous-système de plus critique. Pour le troisième prototype, les prix des composantes sont des prix trouvés sur internet autrement-dit ils pourraient varier.

A cette étape du projet, nous avons pu définir une liste de tâches à accomplir afin de pouvoir développer trois prototypes que nous présenterons à nos clients. Cela nous donnera la possibilité d'avoir le point de vue et l'opinion de nos clients à propos de nos prototypes et aussi la possibilité d'apprendre davantage en ce qui concerne les besoins, les attentes et les préférences de nos clients.

6. Prototypage :

6.1. Prototype I :

Arrivée l'étape de prototypage, les attentes sont très élevés et nous devons essayer d'être à la hauteur.

Nous avons commencé par montrer l'apparence de notre prototype à notre client. Et ce, par l'intermédiaire d'un prototype ciblé représentant une miniature de notre projet final. Notre but était de transmettre notre vision au client en termes de design et d'emplacement et avoir sa rétroaction dessus afin de nous assurer que nous sommes sur la bonne voie.

Le prototype que nous avons conçu est fait de matériaux simples qu'on peut trouver un peu partout, c'est exactement pour cette raison qu'il n'est pas fonctionnel.

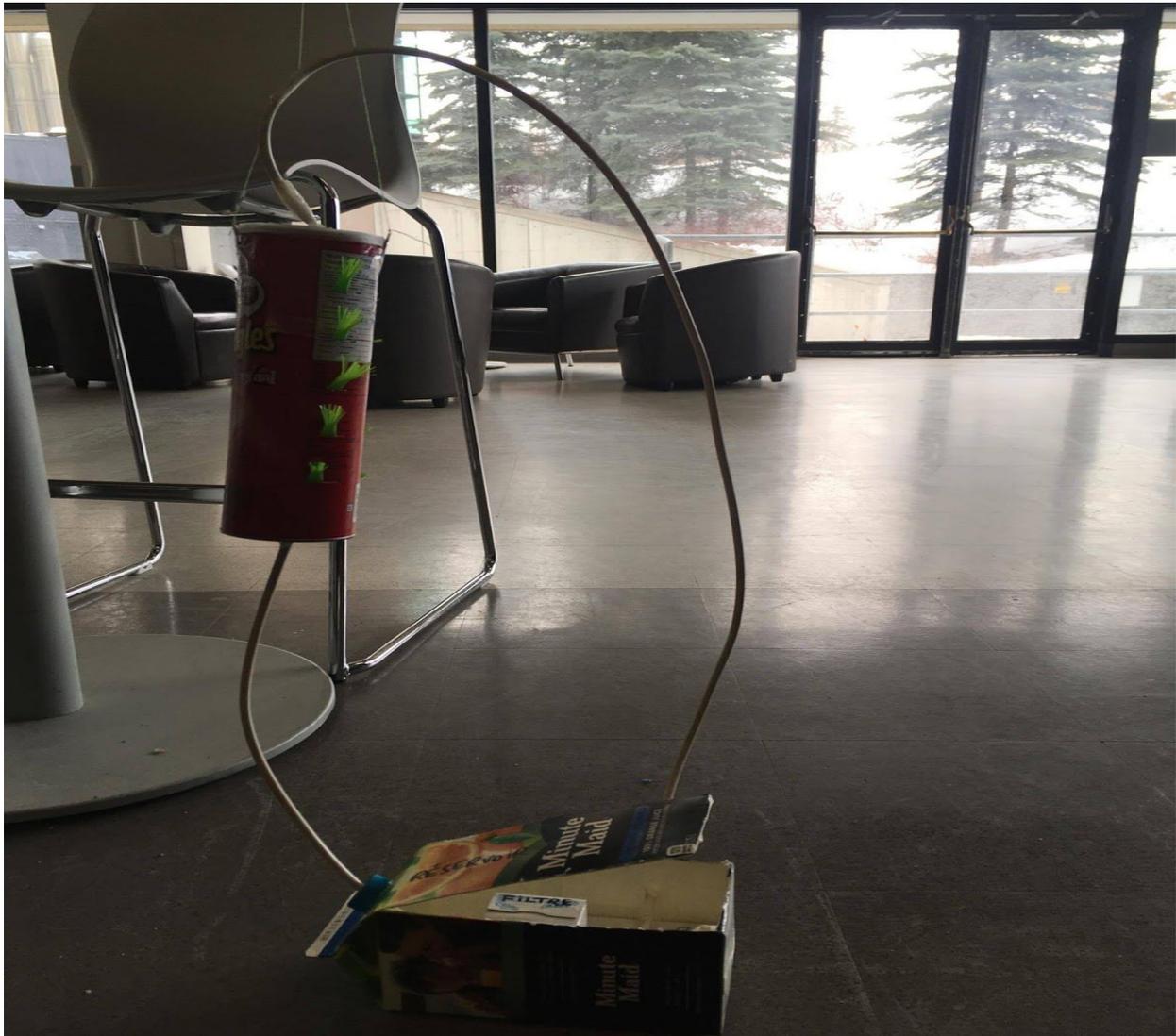


Figure 8. Prototype 1

6.1.1. Choix de l'emplacement :



Figure 9. Emplacement de l'installation du système

6.1.2. Rétroaction du client :

Lorsque nous avons présenté notre premier prototype au client, en général, elle a bien apprécié le design de notre système. Elle a trouvé que notre emplacement était convenable puisque ce dernier offrait l'accès pour l'électricité et l'eau en plus du fait que notre emplacement contenait des structures qui étaient inexploitées et avaient un potentiel pour notre solution. Elle a aussi aimé le choix d'avoir des bacs verticaux pour maximiser la production des plantes. Cependant, elle avait quelque inquiétudes concernant l'éclairage et la protection du système.

6.2. Prototype II :

Après avoir créé notre premier prototype et requis la rétroaction du client à son sujet, nous avons décidé de générer un prototype ciblé qui se base sur le sous-système critique de notre solution que nous avons jugé être nos bacs de culture. Nous estimons que les bacs de culture sont indispensables à notre solution, donc nous devrions en prendre largement compte.

Le but de ce prototype était de vérifier que les bacs de culture que nous avons conçus tenaient parfaitement les plantes, et qu'il répondaient parfaitement aux critères de conception établis auparavant.

6.2.1. Résultats possibles lors de ce prototypage:

- Le client est convaincu par le processus et pense qu'il est logique
- Le système fonctionne
- Le client aime le design
- Le client ne veut pas modifier grand chose de notre système
- Le client n'est pas convaincu par le processus et veut des changements radicaux
- Le système est non fonctionnel et ne va pas fonctionner si jamais nous l'utilisons
- Le client n'aime pas le design

6.2.2. Construction:

Pour la création de notre deuxième prototype, nous sommes allés au centre Brunsfield pour utiliser les machines de construction pour faciliter la tâche. Nous avons été capable de faire ceci grâce à la connaissance apprise au laboratoire du 26 Janvier où nous avons reçue la formation de base de comment utiliser les machines.

Nous avons fait les choses suivantes:

- Coupe du cylindre selon la longueur voulue 5'
- Mesure de l'espacement entre les trous 5"
- Sciage du cylindre pour créer des trous
- Chauffage des parties sciées pour qu'elles puissent prendre la forme voulue
- Perçage de 5 trous sur le bouchon inférieur

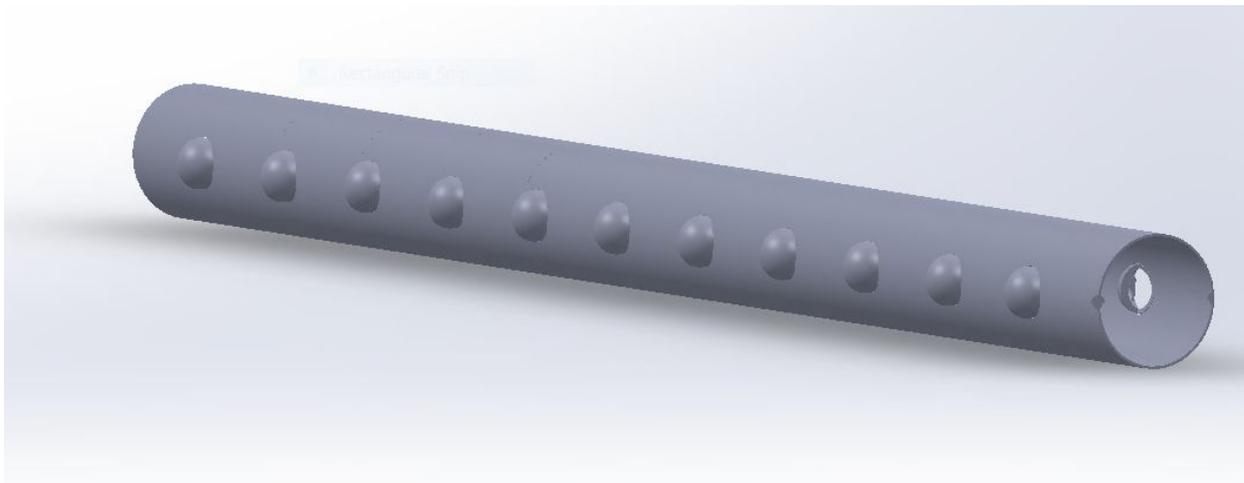


Figure 10. Modèle Solidworks

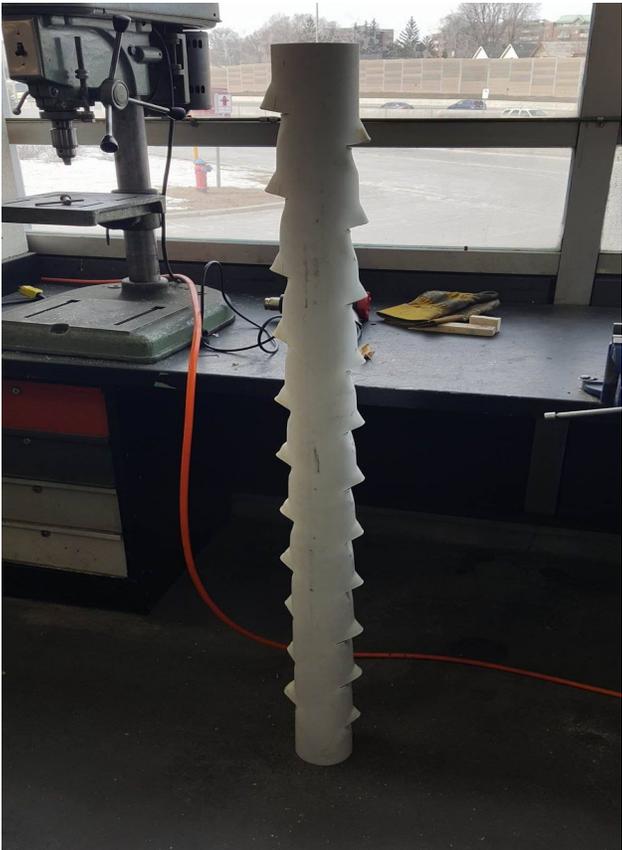




Figure 11. Résultats de construction

6.2.3. Rétroaction :

La rétroaction requise à propos du deuxième prototype que l'on a généré était bonne dans la mesure où le client a aimé le fait que notre système offre une grande productivité, ainsi que le fait de penser et de travailler sur un système de culture hydroponique vertical qui permettrait de profiter de l'espace disponible.

6.2.4. Difficultés :

Lors des essais de ce deuxième prototype, nous avons eu un petit problème avec la pompe que nous avons achetée auparavant. Celle-ci ne pompait pas l'eau jusqu'à une hauteur de 5 pieds. Nous avons alors décidé de créer plus de pression dans le tuyau de transmission initial que nous avons. Nous avons coupé ce dernier, nous l'avons bouché de la partie supérieure pour créer la pression, et nous avons fait deux trous auxquels nous avons relié deux tuyaux minces qui ont pu transmettre l'eau jusqu'en haut de notre cylindre. Ceci-dit, notre solution marchait parfaitement.

6.3. Prototype III :

Pour ce dernier prototype, nous voulons faire suite à nos deux derniers travaux. Dans le premier travail, nous avons pu montrer à notre client l'allure de notre prototype et sa forme par un modèle miniaturisé. Dans le deuxième, nous nous sommes concentrés sur le sous-système le plus critique de notre système qui était les bacs verticaux. Nous avons trouvé les résultats satisfaisants et nous estimons que nous pouvons utiliser notre sous-système critique dans le prototype final.

En ce qui concerne ce dernier prototype notre objectif est d'abord la fonctionnalité de ce dernier, il doit fonctionner correctement comme prévu et fonctionnel avec notre emplacement et nous conformer au normes de design que nous avons établis dans nos critère de conceptions et aux besoins du client .

6.3.1. Les résultats possibles lors de ce prototypage:

- Le prototype se tient correctement dans l'emplacement choisi/ L'emplacement ne correspond pas.
- La pompe alimente le prototype correctement en eau/ La pompe n'est pas suffisante.
- L'éponge retient une quantité suffisante d'eau/ L'eau coule de partout.
- Les plantes sont bien tenues.

Tableau 9. Critères de réussite et de faillite:

Critères de réussite	Critères de faillite
- Les clients aiment le design de notre système.	- Les clients n'aiment pas le design de notre système et veulent faire des changements radicaux dessus.
- L'eau est bien distribuée.	- L'eau n'est pas distribuée de façon équitable.
- Il n'y a pas de fuite d'eau.	- L'existence de fuites d'eau.
- Les plantes peuvent être fixées.	- Les plantes ne tiennent pas comme il faut
- La pompe fait monter l'eau à la hauteur désirée.	- Le débit de la pompe n'est pas suffisant pour faire monter l'eau à la hauteur voulue
- L'éponge tient suffisamment d'eau pour notre système.	- L'éponge ne tient pas assez d'eau pour les plantes.
- La pompe d'oxygène est fonctionnelle.	- L'eau n'est pas suffisamment oxygénée.
- L'espace pris par notre système est raisonnable.	- Notre système est encombrant

6.3.2. Description de notre troisième prototype:

Le prototype cette fois sera de type compréhensif car nous nous approchons du produit final et nous voudrions mesurer la performance de notre produit et le juger selon les critères que nous avons établis précédemment.

Voici une description de notre processus qui vas vous permettre de bien comprendre le fonctionnement de notre système.

1) Attacher le bac à la barre transversale:



Figure 11. Attachement du bac à la barre

2) Remplir le réservoir d'eau et le mettre en dessous du bac :

Ceci fera que l'eau qui descend du bac ira directement vers le réservoir, nous permettant ainsi de l'exploiter encore une fois.



Figure 12. Remplissage du réservoir et son placement

3) Alimenter les pompes d'air et d'eau en électricité.

4) Pour plus d'information cliquez sur le lien: <https://www.youtube.com/watch?v=5PDIOIZHJUM>

6.3.3. Productivité :

En se basant sur le fait qu'une laitue romaine pèse environ 0.6 kg et que chaque cylindre comporte 22 trous soit 22 laitues donc 1 cylindre produit:

$$22 \times 0.6 \text{ kg} = 13.2 \text{ kg de laitue}$$

A l'emplacement que nous avons choisi se trouvent 6 cadres où l'on pourrait accrocher 5 cylindres chacun, donc une récolte produira:

$$6 \text{ cadres} \times 5 \text{ cylindres} \times 13.2 \text{ kg} = 396 \text{ kg/récolte}$$

Puisque la laitue prend qu'un mois pour pousser donc pour chaque session, on pourrait avoir 4 récoltes :

$$4 \text{ récoltes} \times 396 \text{ kg} = 1584 \text{ kg/session}$$

L'université a besoin de 19 800 Kg de laitue par session.
Le bâtiment SITE a besoin de 10% de celle-ci, soit 1980 Kg.

$$(1584/1980) \times 100 = 80 \%$$

Nous avons donc la possibilité de produire à peu près 80% de laitue nécessaire pour le bâtiment SITE. En d'autres mots, on pourra produire environ 8% de la laitue nécessaire pour tout le campus.

6.3.4. Rentabilité :

Voici un aperçu budgétaire de notre système avec 3 scénarios différent possible:

Total des dépenses du service alimentaire pour la laitue par session : **180 061 \$**

- 24 têtes de laitue romaine du distributeur : **43.45 \$**
- 6 têtes de laitue verte du distributeur : **11.16 \$**

Total (\$) équivalent produit par notre système par session :

1. 6 rangées de laitue romaine : **4779.5 \$**
2. 6 rangées de laitue verte : **4910.4 \$**
3. 3 rangées de laitue romaine et 3 rangés de laitue verte : $(2389.75 + 2455.2) =$ **4844.9 \$**

Nouveau total possible des dépenses du service alimentaire dépendant du scénario choisi :

1. 180 061 \$ - 4779.5 \$ = **175 287.5 \$**
2. 180 061 \$ - 4910.4 \$ = **175 150.6 \$**
3. 180 061 \$ - 4844.9 \$ = **175 216.1 \$**

6.3.5. Rétroaction du client:

Nos clients semblent impressionnés par la quantité de produit que nous proposons produire avec notre système final. De plus ils ont beaucoup aimé le design de notre prototype et le fait qu'un système vertical nous permet d'utiliser plus de surface latérale, ce qui apporte une production plus élevée. Il avait des inquiétudes au sujet de l'éclairage durant les mois de l'hiver, donc nous discutons encors d'un système qu'on pourrait implémenter pour régler ce problème.

7. Essais :

Tableau 10. Première phase d'essais :

Objet	Essai	Résultat
Pompe	Nous avons essayé la pompe pour savoir si elle peut pomper l'eau à une hauteur suffisante.	Succès La pompe peut pomper l'eau à une hauteur qui arrive à 6'5"
Eponges	L'essai des éponges pour savoir si elles sont convenable pour le diamètre de notre bac vertical. Les éponges telles que nous les avons achetées avaient un diamètre beaucoup plus grand que 10 cm, celui de notre bac. Nous les avons coupées, et elles sont bonnes maintenant pour notre diamètre.	Succès 
Bac	Nous avons effectué un test sur les bacs pour voir s'ils présentaient des fuites d'eau.	Succès Les bacs après coupure sont bons et ne présentent pas de fuites d'eau.
Réservoir	Test pour voir si le réservoir pouvait nous donner assez d'eau pour notre bac.	Succès Le réservoir donnait en fait le double de cette quantité ! Nous estimons qu'il est parfait pour notre solution.

Tableau 11. Deuxième phase d'essais :

Objet Observé	Essai	Résultat
Pompe à eau	Test du fonctionnement et du débit	La pompe fonctionne correctement et le débit est suffisant pour faire monter l'eau aux bacs de culture
Eponge	Passage de l'eau dans l'éponge	L'éponge absorbe une quantité suffisante d'eau pour les plantes
Pompe à air	Fonctionnement	L'eau du réservoir est constamment oxygénée et aérée
Couvercle inférieur	Retour de l'eau par les trous.	L'eau passe par les trous et ne reste pas dans le bac.

8. Conclusion :

Le service alimentaire de l'Université d'Ottawa a fait appel à nous le 24 janvier 2017 afin de concevoir un système hydroponique qui lui permettrait de produire de la nourriture localement pendant toute l'année et l'aiderait à réduire ses dépenses. Ceci-dit nous avons suivi les différentes étapes du processus du Design Thinking afin de pouvoir générer des concepts qui satisferont les besoins de notre client.

En premier lieu, nous avons pu empathiser avec le client, ce qui nous a permis de requérir ses besoins, ses exigences, ses contraintes ainsi que ses préférences. Le service alimentaire voulait un système qui soit esthétique, rentable, productif, facile à utiliser et à maintenir. Nous avons ensuite, transformé ces besoins en exigences fonctionnelles, exigences non-fonctionnelles ainsi que des contraintes que nous avons organisés selon leur priorité afin de pouvoir faciliter notre tâche de conception.

En second lieu, nous avons commencé à générer des premiers concepts. On a créé trois systèmes complètement fonctionnels dont nous avons choisi le meilleur avec lequel nous avons continué notre projet.

Après cela, nous étions arrivés à l'étape du prototypage où l'on a créé un premier prototype qui était fait de matériaux simple que l'on peut trouver partout à ma maison. Le but de celui-ci était de montrer l'allure et l'apparence générale de notre solution. Nous sommes passé ensuite à la création d'un second prototype qui était ciblé et visait le sous-système le plus critique de notre solution que nous avons jugé être nos bacs de culture. Cette étape nécessitait de la construction et du travail technique, mais malgré les difficultés que nous avons trouvé, nous nous sommes débrouillés pour que notre prototype soit fonctionnel, réponde aux différents critères conception et puisse être utilisé dans les étapes futures du projet.

Pour notre troisième prototype, nous avons utilisé les composantes que nous avons acheté auparavant ainsi que le bac de culture vertical que nous avons construit lors du deuxième prototype. Nous avons essayé le fonctionnement de notre prototype et il s'est avéré que l'eau circule correctement dans le système, l'éponge absorbait à son tour une quantité d'eau suffisante pour faire grandir nos plantes.

En guise de conclusion, nous sommes confiants en notre système et sommes convaincus qu'il satisfait tous les critères de conception que l'on a établis auparavant et peut satisfaire tous les besoins du client. Pour finir, nous avons acquis tout au long du cours de nouvelles compétences et connaissances qui nous ont permis d'avancer dans le cheminement de notre projet. Ainsi que le travail de groupe qui nous a permis de générer un grand nombre d'idées différentes et de choisir ce que l'on jugeait tous être meilleur pour la réussite et le succès de notre projet.

9. Bibliographie:

- <http://www.epicgardening.com/hydroponic-systems/>
- <http://hydroponicsgrower.org/introduction-to-different-types-of-hydroponics-systems/>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydroponie>
- <https://www.walmart.com/ip/Aquarium-Tank-65cm-x-15cm-x-1.5cm-Filter-Biochemical-Absorbent-Sponges/4613823>
- <http://www.hydroponix.com/english/irrigation/pompe-submersible-ecoplus-eco-185.html>
- <https://www.walmart.ca/fr/ip/filtre-puissant-tetra-whisper-2-10i/60001321091797>
- <http://www.rona.ca/en/1-2-in-superpex-pipe-1159178--1>
- <http://www.rona.ca/en/1-2-in-brass-coupling-1159183--1>
- <http://www.rona.ca/en/brass-tee-pex-fitting-0030140--1>
- <http://www.rona.ca/en/1-2-in-pex-adapter-1159200--1>
- <http://www.rona.ca/en/pex-crimp-ring-1-2-in>
- https://www.amazon.ca/50pcs-Plastic-Locking-Reusable-3x115mm/dp/B00WW92DZC/ref=sr_1_6?ie=UTF8&qid=1487525214&sr=8-6&keywords=attache+de+serrage+plastique
- <https://www.walmart.com/ip/Aqua-Culture-Bubble-Aquarium-Stone-1ct-Fish-Aquatic-Pets/10532630>
- http://www.kijiji.ca/b-ontario/plastic-barrels/k0l9004?price=0_15
- https://www.google.ca/search?hl=en&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1366&bih=613&q=jardin&oq=jardin&gs_l=img.3..0l10.351.952.0.1154.7.7.0.0.0.137.621.4j2.6.0....0...1ac.1.64.i mg..1.6.620.0.ZkgRzl77w6E#hl=en&tbn=isch&q=android+app+screenshot
- https://www.google.ca/search?q=treeline+interactive&hl=en-CA&biw=1350&bih=586&source=nms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi41_OmoZHSAhUn44MKHS7BBgwQ_AUIBygC#hl=en-CA&tbn=isch&q=icon+plant+application+android
- https://www.google.ca/search?hl=en&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1366&bih=613&q=jardin&oq=jardin&gs_l=img.3..0l10.351.952.0.1154.7.7.0.0.0.137.621.4j2.6.0....0...1ac.1.64.i mg..1.6.620.0.ZkgRzl77w6E#hl=en&tbn=isch&q=sensorex+iphone