

Reconnaissance d'insectes automatisée pour un suivi d'envergure inédit.

Notre thématique : Intelligence Artificielle pour l'humanité et le bien social

FAMILLE 99%

GENRE 95%

ESPÈCE 87%

Charles Kantor, Léonard Boussioux,  
Brice Rauby, Emmanuel Jehanno



DETECTION  
SEGMENTATION  
PREDICTION & CLASSIFICATION



## LA PROBLÉMATIQUE SOCIÉTALE ET ENVIRONNEMENTALE ACTUELLE

### Les faits

Le déclin des populations d'insectes, notamment les insectes pollinisateurs, s'intensifie de plus en plus. Une étude remarquée [1] fait ainsi état d'une diminution de 80% du nombre d'insectes observés en Europe ces 30 dernières années. L'extinction des abeilles seulement aurait coûté 2,9 milliards d'euros de perte à la France en 2016 [2]. Mais en parallèle, de nombreuses espèces invasives sont en pleine expansion et viennent chambouler les écosystèmes et les économies. Les insectes ravageurs représentent 69 Milliards d'euros de pertes dans le monde chaque année [3] et 20% des cultures de riz sont perdues à cause de ces-derniers [4].

### Pourquoi c'est alarmant ?

Le changement démographique des insectes a des conséquences dévastatrices sur l'agriculture et l'écosystème. Environ 80% des plantes sauvages et cultivées dépendent des insectes pour être pollinisées [5] et 35% de notre alimentation dépend également de ces pollinisateurs [5]. Les abeilles à elles seules pollinisent 84% des cultures européennes [6] et sont particulièrement menacées.

### Des besoins chez les chercheurs et un éveil nécessaire des citoyens

Les chercheurs et entomologistes disposent de trop peu de données pour étudier soigneusement les changements démographiques des insectes et effectuer des suivis car elles sont difficiles à obtenir et concernent souvent de trop petites zones géographiques. À titre d'exemple, le chiffre donné précédemment est en fait la seule étude d'envergure réalisée et citée ensuite de manière générale. Par ailleurs, pour changer la donne, un premier pas serait une prise de conscience généralisée chez les citoyens en ce qui concerne l'influence qu'ils peuvent avoir en faisant pression pour entraîner des mesures.

De multiples acteurs participent déjà à l'éveil sur la disparition des insectes : la presse scientifique avec du contenu plus ou moins précis y participe à travers la publication de revues, de livres ou bien d'encyclopédies, le monde du journalisme mais aussi le grand public à travers des forums internet et les réseaux sociaux.

## NOTRE VISION

**Production collaborative pour enrichir les données** - Nous voulons rassembler et exploiter les observations des scientifiques citoyens, c'est-à-dire n'importe quel amateurs qui voudraient contribuer à recueillir des données sur les insectes sous la forme de *crowdsourcing*.

**Mesurer l'évolution écologique** - Par ailleurs, nous voulons fournir les données recueillies à des établissements scientifiques reconnus pour que nos données aient de l'impact. En particulier nous voulons étudier le déclin des espèces mais aussi l'expansion des espèces invasives.

**Disrupter le marché de l'agriculture** - Enfin, nous voulons créer de nouveaux outils à grande échelle pour améliorer l'évaluation du changement démographique des insectes et leur classification automatique afin d'informer les agriculteurs en temps réel sur la présence ou non des insectes pollinisateurs dont ils ont besoin pour leurs cultures, et les avertir en cas de présence d'espèces invasives.

INFORMER EN TEMPS RÉEL DE LA PRÉSENCE  
D'INSECTES ENVAHISSANTS

SURVEILLANCE GÉNÉRALISÉE DE CHAMPS  
ET CULTURES AGRICOLES

ÉLABORATION DE CARTES DE RÉPARTITION  
FIABLES ET AJUSTÉES

ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES SUR LES  
MENACES ET POLLUTIONS

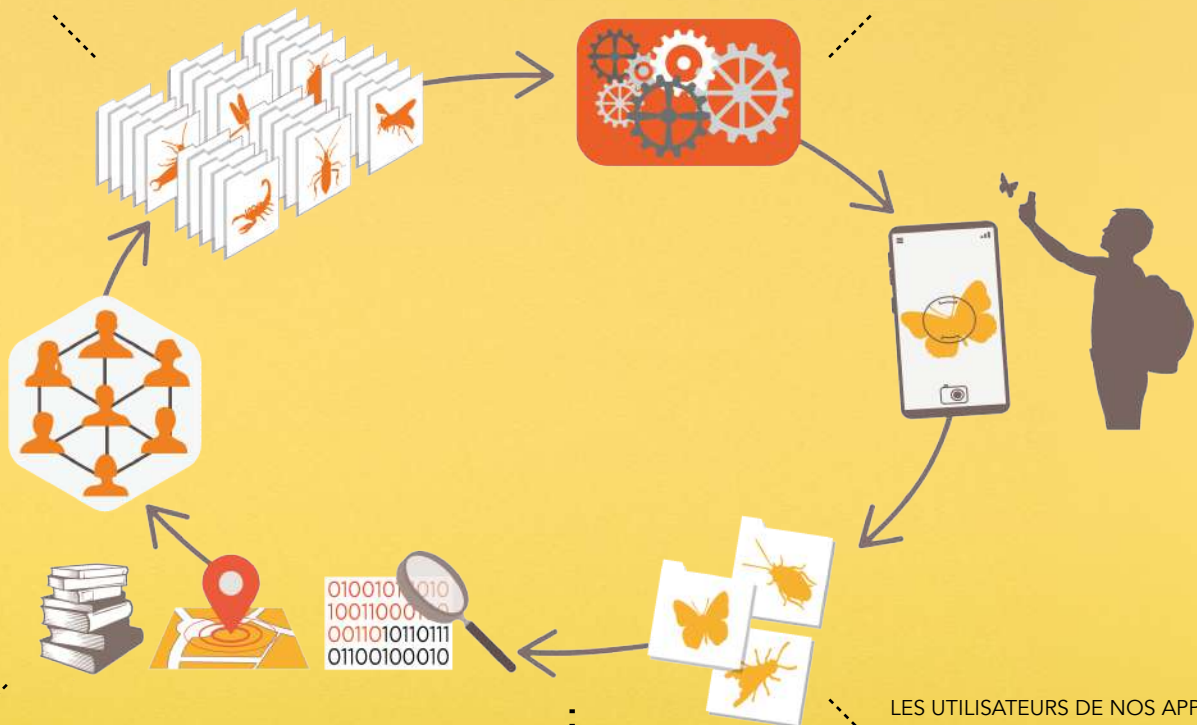
ÉVALUATION DÉMOGRAPHIQUE DES  
POPULATIONS ANIMALES

DÉTECTION DE COMPORTEMENTS  
ANORMAUX ET PRÉVENTION SANITAIRE

### ALIMENTE NOS MULTIPLES APPLICATIONS

LES PHOTOS PRISES PAR LA COMMUNAUTÉ  
PASSENT À LA MOULINETTE DE NOS ALGORITHMES.  
CETTE AUGMENTATION DE DONNÉES NOUS  
PERMET DE PERFECTIONNER NOTRE  
CLASSIFICATION ET NOTRE PRÉCISION LORS DE LA  
DÉTECTION ET DE LA RECONNAISSANCE.

NOS ALGORITHMES DÉVELOPPENT LEUR  
CAPACITÉ D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE  
EN UTILISANT LES BASES DE DONNÉES À  
NOTRE DISPOSITION.



LES OBSERVATIONS ET LES IMAGES SONT  
COMPILÉES ET GÉO-LOCALISÉES. CES  
DONNÉES SONT MISES À DISPOSITION DES  
DATA SCIENTISTS ET DES CHERCHEURS.

LES UTILISATEURS DE NOS APPLICATIONS  
PEUVENT IDENTIFIER LES INSECTES GRÂCE  
À NOS ALGORITHMES EN PRENANT UNE  
PHOTO. C'EST L'ÉQUIVALENT D'UN SHAZAM  
POUR LES INSECTES.

### UN CERCLE VERTUEUX

## NOS SOLUTIONS ET SEGMENTS DE MARCHÉ

- (1) **Une application mobile** et une plateforme sur Internet qui permettent à chacun de soumettre très facilement des photographies d'insectes. Ce système collaboratif permettra d'enrichir nos vastes bases de données. Les données recueillies sont ensuite *open-source* et utilisables par les scientifiques, pour analyser par exemple les évolutions démographiques, mieux comprendre les répartitions des populations d'insectes, comprendre l'impact de la météo ou bien les menaces environnementales.
- (2) **Une classification automatique (Intelligence Artificielle)** et rapide des insectes à partir de ces photos avec des algorithmes de *Deep Learning* état-de-l'art développés par nos soins. Cela rend l'expérience d'observation d'insectes encore plus facile, ludique et accessible. Les données recueillies et identifiées nous permettent ensuite également d'améliorer nos algorithmes formant un cercle vertueux.
- (3) **Compréhension et conservation de la biodiversité** : un éveil des citoyens sur la problématique au moyen de contenus éducatifs et d'une interface ludique sur notre plateforme et application mobile, séduisant même les plus jeunes générations. Sa démocratisation permettrait une prise de conscience générale concernant la menace qui pèse sur certaines catégories d'insectes.
- (4) **Le déploiement à grande échelle de caméras autonomes** dans la nature afin de surveiller des massifs de fleurs ou bien le bon développement de cultures agricoles, afin d'embarquer en temps réel et en permanence un œil d'expert grâce à nos algorithmes.

## LE COEUR DE NOTRE PRODUIT : L'ALGORITHME DE RECONNAISSANCE AUTOMATISÉE

*Des difficultés liées au faible nombre de données annotées*

Le problème des bases de données faiblement ou mal annotées est un problème classique, notamment dans le domaine médical où les experts sont rares et manquent de temps, et où les annotations doivent être précises. Or, les méthodes avancées classiques d'apprentissage profond (*deep-learning*) requièrent de bonnes annotations. Notre voie de recherche est donc d'utiliser des méthodes avancées et récentes comme l'*apprentissage non-supervisé* ou *semi-supervisé* pour remédier à ces problèmes de bases de données incomplètes. La création de nos algorithmes de reconnaissance d'insectes utilise ces technologies.

## L'OFFRE ACTUELLE SUR LE MARCHÉ

**1) Les plateformes de collecte de données** - Actuellement il n'y a sur le marché qu'une unique application d'identification d'insectes à grande échelle par intelligence artificielle, [iNaturalist](#), mais qui n'est pas spécialisée dans les insectes et ne fournit pas de données suffisamment granulaires pour être utilisables par les entomologistes. Les plateformes [Spipoll](#) et [eButterfly](#) avec qui nous collaborons, ne possèdent pas d'outil Intelligence Artificielle pour identifier les insectes et c'est bien pour cela qu'ils font appel à nous. Ces plateformes regroupent en outre de nombreux passionnés, ce qui permettra une acquisition directe d'utilisateurs. Dans deux autres domaines, l'ornithologie et la flore, les plateformes [eBird](#) et [Pl@ntnet](#) ont fait leurs preuves depuis de nombreuses années et valident l'engouement du public pour enrichir collectivement les bases de données.

Les autres formes d'application ne sont que très peu démocratisées, n'ont pas développé d'aspects ludiques et ne font pas le lien entre chercheurs et citoyens. Les communautés de passionnés sur les forums peuvent identifier les insectes mais il n'y a pas l'instantanéité et l'autonomie de l'identification ni de transfert de données aux chercheurs ni de démocratisation de l'entomologie. Les encyclopédies et les guides ne sont pas le format le plus démocratisant pour donner le goût de la protection des insectes et ne permettent pas de recenser en temps réel les espèces.

**2) L'identification d'insectes pour l'agriculture** - Actuellement sur le marché, nous recensons des grands groupes comme la société néerlandaise *Koppert Entreprise* pour l'agriculture. Cette entreprise a lancé récemment le développement d'une application pour smartphone pour lutter contre l'invasion des insectes ravageurs dans les serres de production maraîchères. Cette détection, pilier du bio-contrôle demande beaucoup de temps. Les deux applications [Natutec Scout](#) et [Di@gnoplant](#) sont aujourd'hui en phase test mais ne proposent qu'une aide au diagnostic et nécessitent une mobilisation dans le temps de l'agriculteur. Par ailleurs, l'Agence Française de Développement (AFD) a lancé un programme de subvention à hauteur de 17 600 000 euros dans les États d'Afrique de l'Ouest. La mouche des fruits compromet fortement la santé des populations en nuisant gravement au secteur fruitier et légumier et en mettant en péril les exportations de la région vers l'Union Européenne. Ce programme, encore potentiel, prévoit de mettre en place des systèmes de surveillance au niveau national et régional pour suivre le taux d'infestation.

## CARACTÉRISTIQUES DE L'ENTREPRISE ENVISAGÉE, ÉQUIPE ET RESSOURCES HUMAINES

La création des algorithmes requiert une connaissance approfondie du *Deep Learning* mais nous avons les compétences dans notre équipe de quatre étudiants chercheurs et entrepreneurs *CentraliensSupélec* et parmi nos partenaires. Nous avons le support collaboratif et le mentorat de CentraleSupélec, du *Mila (Montreal Institute of Learning Algorithms)*, du CNRS et du MIT à notre disposition. Nous avons choisi le parti-pris de nous allier à des laboratoires et des institutions reconnues afin de bénéficier de leur expérience et de leur réseau ainsi que de leur étiquette. En plus de travailler de concert avec ces leaders dans le monde de l'intelligence artificielle, nous sommes entourés d'experts dans le monde de l'entomologie avec l'appui du Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris, du suivi des Insectes Pollinisateurs en France, de l'*Insectarium* de Montréal et de la plateforme *eButterfly*.

Nous voyons notre structure comme un fond d'investissement ayant pour vocation d'alimenter nos recherches en technologie pour nos trois applications entrepreneuriales énoncées plus haut. En plus de notre équipe actuelle, nous avons besoin d'un développeur logiciel pour intégrer nos algorithmes sur les diverses plateformes de collectes de données. Généralement, nos clients prennent cela en charge et nous collaborons dans la mise en place de nos algorithmes.

En ce qui concerne notre projet de caméras autonomes, nous avons besoin du support d'électriciens/électroniciens pour réaliser les installations électriques, avec également un ingénieur mécanicien pour constituer l'infrastructure adéquate pour héberger les caméras et les serveurs dans un milieu sauvage. ([Voir Annexe](#))

## NOTRE TRACTION

### *Un projet déjà reconnu*

Nous avons déjà réalisé un *bêta test* de notre application mobile de collecte de données avec IA avec une version primaire reconnaissant 400 espèces d'insectes pollinisateurs européens. L'application a obtenu plus de 50 000 téléchargements sur le *Playstore* et a été téléchargée dans plus de 100 pays en 6 mois. Par ailleurs, notre approche a fait l'objet d'un [premier papier de recherche](#) publié dans des conférences majeures de *Deep Learning : International Conference of Machine Learning (ICML)*, *International Conference of Computer Vision (ICCV)* et *Montreal AI Symposium*. Nous avons également remporté le concours Génération Développement Durable de la Recherche et Sciences et Avenir. Enfin nous venons de remporter le premier prix du [concours IEEE](#) « Advancing Technology for Humanity », la plus grande organisation de recherche mondiale dédiée à l'avancement de la technologie pour l'humanité.

### *Un concept rassembleur : nos collaborateurs et partenaires*

En plus d'un marché potentiel très diversifié, des partenariats avec des musées et Insectarium renommés sont envisagés, et pour certains, déjà établis. Une collaboration avec l'Insectarium de Montréal est en cours depuis un an pour améliorer leur algorithme de classification pour la plateforme *e-Butterfly* (la plus grande plateforme de recensement de papillons en Amérique du Nord) et pour le musée qui ouvrira dans un an à Montréal. Nous travaillons également avec le *Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*. Par ailleurs, des collaborations sont en discussion avec le *Muséum National d'Histoire Naturelle de New York* et le *MIT Media Lab*. Ces alliances nous offrent de la visibilité, des premiers cas d'usages et la preuve que notre démarche est utile et appréciée. La réussite de nos projets avec ces partenaires offrent une garantie pour les prochains clients.

### *Déployer nos caméras autonomes et proposer nos algorithmes*

Nos algorithmes étaient jusqu'à présents spécialisés pour la reconnaissance d'insectes sur photo, mais nous travaillons déjà à les adapter pour des caméras autonomes qui surveilleraient en permanence des massifs de fleurs. En particulier, nous voulons placer des caméras tout au long des routes migratoires du papillon Monarque, connu pour ses migrations de plusieurs milliers de kilomètres, encore mal comprises. Cette approche est tout à fait nouvelle et nous serions les tous premiers à développer cela. L'étude d'un *projet pilote* est en cours avec l'Insectarium de Montréal et le *MIT Media Lab*. Nous prévoyons un lancement test au *Printemps 2021*.

Nos premiers partenaires sont très enthousiastes pour incorporer nos algorithmes dans une application ludique qui accompagnerait les visiteurs d'une volière à papillons, notamment pour moderniser la visite et séduire les plus jeunes. Un pilote est prévu avec l'Insectarium en 2021 à l'ouverture du musée.

Nous avons ainsi déjà établi des partenariats stables et efficaces avec des institutions reconnues et voulons poursuivre l'impact de notre recherche. Un de nos grands projets consiste donc à placer des caméras autonomes devant des massifs de fleurs pouvant détecter tout insecte venant s'y poser. C'est un projet ambitieux, novateur et encore jamais réalisé auparavant sur lequel nous avons du soutien et des premiers clients mais pour lequel nous manquons de ressource pour le développement.

### *Vision pour nos marchés*

Nous visons les mairies, les parcs naturels, les propriétaires de jardin ou tout autre espace vert. L'idée est de surveiller les insectes en permanence, comme par exemple dans les volières à papillon des *Museums d'Histoire Naturelle*. Comme expliqué précédemment, ce marché a été validé et nous avons un prototype en construction avec l'Insectarium de Montreal et le *Museum d'Histoire Naturelle de New York* en client prospectif. Les municipalités, dans le cadre des **Agendas 21**, peuvent effectuer un suivi de leur biodiversité en insectes dans les jardins, parcs, et déterminer des méthodologies pour reboiser, reflurir la ville (comme Paris par exemple).

Enfin, nous visons les cultures et terres agricoles afin d'analyser et d'améliorer les rendements des terrains en analysant la présence ou non des insectes pollinisateurs ou ravageurs et invasifs. Nous proposons ainsi une solution embarquée d'analyse en temps réel de ces insectes.

## *Surveillance des ruches pour les apiculteurs*

Surveiller en permanence une ruche avec des caméras autonomes a de nombreux intérêts, aussi bien pour les apiculteurs que pour la recherche.

Pour les apiculteurs, une caméra autonome pourrait informer en temps réel de l'état de santé de la ruche, son activité et la présence de dangers, comme une attaque par des frelons asiatiques. 10 frelons asiatiques seulement sont capables de détruire à eux seuls une ruche. [7]

L'espèce envahit très rapidement l'Europe depuis les années 2000, et le Muséum National d'Histoire Naturelle est en charge de comprendre son expansion et d'améliorer les systèmes de lutte.

Par ailleurs, de nombreuses causes sont évoquées pour expliquer le déclin massif des abeilles de plus en plus médiatisé : pesticides (néonicotinoïdes), changement climatique, destruction des plantes nourricières, appauvrissement de la biodiversité,... Les phénomènes sont certainement intriqués, et des données de surveillance en permanence pourraient apporter de précieuses informations pour quantifier l'activité et la santé d'une ruche en fonction de facteurs extérieurs par exemple.

Il est également très courant que des agriculteurs fassent équipe avec des apiculteurs ou installent eux-mêmes des ruches dans leurs vergers, champs de fruits et légumes. Une surveillance de ces ruches peut fournir des informations intéressantes à nouveau.

## **NOS BESOINS ET CE QUE NOUS DEMANDONS**

### **Une aide pour le lancement des caméras autonomes**

Pour le lancement des caméras autonomes nous avons besoin de collecter des jeux de données inédits pour entraîner nos algorithmes. Pour cela nous avons besoin d'acheter nos propres caméras pour les installer dans la nature et dans les cultures agricoles. Ces infrastructures ont un coût en matériel et en installation. En particulier, installer une infrastructure électrique dans un milieu sauvage représente de nombreux défis (résister à la météo, aux animaux, connexion au réseau internet et électrique, faire tourner les super-ordinateurs sur place). Nous utiliserions donc une aide financière pour développer plusieurs prototypes dans des lieux différents. Nous proposons en annexe des résultats chiffrés.

### **De la visibilité supplémentaire pour nos nouveaux segments de marché**

Nous cherchons enfin à établir des contacts avec les viticulteurs, le secteur agricole et l'Agence Française de Développement pour leur proposer notre solution. Nous avons des premiers contacts dans le secteur de la viticulture et de l'apiculture, mais nous avons besoin d'élargir nos clients prospectifs pour proposer les meilleures solutions possibles.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, et al. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- [2] Fierla A, L'extinction des abeilles coûterait 2,9 milliards d'euros à la France. Le Figaro: <https://www.lefigaro.fr/conjoncture/2016/11/24/20002-20161124ARTFIG00099-l-extinction-des-abeilles-couterait-29-milliards-d-euros-a-la-france.php>
- [3] Les insectes envahissants nous coûtent 69 milliards d'euros par an. (2016) Le Capital. <https://www.capital.fr/economie-politique/les-insectes-envahissants-nous-coutent-69-milliards-d-euros-par-an-1172649>
- [4] M. D. Pathak et Z. R. Khan, *Insect Pests of Rice*, IRRI, 1994, 89 p. (ISBN 971-22-0028-0)
- [5] Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Consulté en juin 2020. Les insectes pollinisateurs nous en mettent plein la vue. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/insectes-pollinisateurs/>
- [6] Weave. Consulté en juin 2020. Et si on remplaçait les abeilles par des robots? <https://weave.eu/remplacer-abeilles-robots/>
- [7] La frelon asiatique, le prédateur de nos abeilles <https://www.consoglobe.com/le-frelon-asiatique-le-predateur-de-nos-abeilles-cg/2>

# ANNEXE

## LES COÛTS FINANCIERS

### *Notre plan d'investissement à court terme*

Financement d'une station de caméras autonomes dans le jardin botanique de Montréal où nous aurons de l'aide sur place avec l'Insectarium pour l'entretien et l'installation. Les divers éléments nécessaires sont détaillés peu après. Le coût du matériel est de 5000€ environ et l'Insectarium de Montréal prendra en charge les frais d'installations. Le choix d'installer en ce lieu est bien réfléchi : aide sur place déjà garantie, subventions additionnelles de leur part, suivi régulier et usage direct des données. Evidemment il est prévu qu'on lance rapidement un prototype en France, mais l'Insectarium de Montréal est le musée autour de l'entomologie le plus moderne dans ses pratiques et dispose de nombreux fonds.

### *Notre plan d'investissement à moyen terme*

Financement d'une ou deux stations supplémentaires en France. Nous avons exploré trois possibilités : une station dans le jardin des plantes proche du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, une station dans un parc parisien (jardin du Luxembourg a priori où il y a le comportement des ruches étudiées), une station sur le campus de CentraleSupélec avec l'aide des associations locales (branche étudiante IEEE, RemeD, Abelia, GreenLab,...). Idéalement nous voudrions installer une caméra autonome prioritairement sur le campus pour susciter l'engouement des étudiants et impliquer de nombreux acteurs. Le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris est également notre plus ancien collaborateur et est enthousiaste pour ce projet. Nous obtiendrions des fonds supplémentaires pour compléter les coûts d'installation de l'infrastructure électrique.

Tous les éléments dont nous avons besoin pour un réseau de quelques prototypes de caméras autonomes dans un parc sont maintenant détaillés. Cette liste est volontairement technique pour montrer que le déploiement de caméras est très sérieux et déjà prévu en détail, et qu'il représente en outre des coûts nombreux souvent inattendus. Nous avons bénéficié de l'aide du MIT Media lab pour réaliser cette liste et avoir des modes d'emploi de construction de la station.

Le coût total estimé d'un prototype de station autonome avec plusieurs caméras est de 5050€.

### *Infrastructure générale : 2400\$ - 2150€*

- Tripp Lite 42U harsh environment IP54 rack: 800\$
- Comcast Gateway: 70\$
- Ubiquiti EdgeRouter Pro (primary router + backup router): 100\$ \* 2
- Ubiquiti EdgeSwitch ES-16-150W (main switch): 100\$ \* 2
  - 1x Multimode SFP
  - 1x Singlemode SFP (TP-Link TL-SM311LS)
- TP-Link TL-SG3210 Switch (aux switch): 30\$
- APC surge supressor chassis: 50\$
  - 8x CAT6 surge suppressor module
- CyberPower OR1500LCDRTXL2U UPS (Main Network UPS): 150\$ \* 2
  - SNMP card
- U-blox NEO-M8P-2 RTK GPS récepteur: 130\$
- 2x Ubiquiti LiteBeam AC 5GHz 120 degree airMAX AP : 70\$\*2
- Antenne GPS : 30\$
- Netgear GS110TP PoE switch : 100\$
  - 1x Multimode SFP
- UniFi Outdoor AP+ : 150\$
- Sensor gateway : 100\$
- FLIR DNE12TL2 security camera (offline) : 100\$

*Infrastructure de câbles : 650\$ - 580€*

- 6-strand 9/125 singlemode dist cable, LC-LC, 200m : 100\$
- 6-strand 9/125 singlemode steel armored cable, LC-LC, 200m : 100\$
- 4-strand 9/125 singlemode dist cable, LC-LC, 50m : 40\$
- 2-strand OM3 Multimode patch cable, 50m : 30\$
- 12/2 UF, 2x150m feet : 100\$
- 12/3 UF, 100m : 80\$
- CAT6 Gel-filled, 3x 100m : 200\$

*Noeud central de l'infrastructure : 980\$ - 870€*

- TP-Link TL-SG5412F 12-port SFP Switch : 250\$
  - 3x Singlemode SFP (TP-Link TL-SM311LS)
- TP-Link TL-SG3210 8-port Switch : 200\$
- XyXEL GS1900-24 switch : 250\$
- 2x UniFi UAP : 2\*140\$

*Caméra autonome reliée au réseau : 1620\$ - 1450€*

- 2x Renogy 100W monocrystalline solar panel : 2\*120\$
- UniFi UVC G3 Camera \* 2 : 2 \* 130\$
- Tracer MPPT 2210RN solar charge controller : 150\$
- UPG 200Ah AGM Battery : 170\$
- NetGear GS100TP 8-port PoE switch : 180\$
- 12-48V DC/DC converter : 10\$
- Ubiquiti LiteBeam AC (Uplink) : 60\$
- UniFi Outdoor AP+ : 150\$
- UniFi UVC Pro camera : 300\$
- Sensor gateway : 100\$